



УДК 616.921.5, 616-097
DOI: <https://doi.org/10.17816/MAJ78155>

РОЛЬ КОИНФЕКЦИИ ВИРУСАМИ ГРИППА ПРИ ТЯЖЕЛОМ ТЕЧЕНИИ COVID-19

Т.Н. Шведова¹, О.С. Коптева², П.А. Кударь³, А.А. Лернер^{1,4}, Ю.А. Дешева^{2,3}

¹ Всеволожская клиническая многопрофильная больница, Ленинградская область, Всеволожск, Россия;

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

³ Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия;

⁴ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Как цитировать: Шведова Т.Н., Коптева О.С., Кударь П.А., Лернер А.А., Дешева Ю.А. Роль коинфекции вирусами гриппа при тяжелом течении COVID-19 // Медицинский академический журнал. 2021. Т. 21. № 3. С. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.17816/MAJ78155>

Поступила: 16.08.2021

Одобрена: 01.09.2021

Принята: 13.09.2021

Обоснование. Несмотря на глобальное распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванной вирусом SARS-CoV-2, механизмы патогенеза тяжелых инфекций остаются недостаточно изученными. Не выяснена также роль коморбидности с другими сезонными вирусными инфекциями, включая грипп, в патогенезе тяжелого течения COVID-19.

Материалы и методы. В настоящем исследовании использованы сыворотки крови, оставшиеся после текущих лабораторных исследований пациентов с разной степенью тяжести COVID-19. Изучено 28 парных проб, полученных при поступлении пациентов в стационар и через 5–7 дней пребывания в стационаре. Парные сыворотки пациентов с COVID-19 были протестированы на антитела к вирусам гриппа А и В. Наличие антител IgG, специфичных к спайковому (S) белку SARS-CoV-2, изучали с помощью иммуноферментного анализа. Оценивали также сывороточную концентрацию С-реактивного белка и нейтрофильно-лимфоцитарное отношение в день госпитализации.

Результаты. По крайней мере 4-кратное увеличение уровня сывороточных антител IgG к S-белку SARS-CoV-2 обнаружено как у пациентов с подтвержденной полимеразной цепной реакцией COVID-19, так и без подтверждения. Из 18 пациентов со средней и тяжелой формами COVID-19 в шести случаях выявлено как минимум 4-кратное повышение уровня антител к гриппу А/Н1N1, в одном — к гриппу А/Н3N2 и в двух — к вирусу гриппа В. Лабораторные показатели в этих двух группах характеризовались значительным увеличением сывороточной концентрации С-реактивного белка и нейтрофильно-лимфоцитарного отношения по сравнению с группой пациентов с умеренной степенью тяжести COVID-19.

Заключение. С помощью серологической диагностики можно дополнительно выявлять случаи коронавирусной инфекции, когда вирус не обнаружен методом полимеразной цепной реакции. При среднетяжелых и тяжелых случаях COVID-19 обнаружены случаи коинфицирования с вирусами гриппа А и В. Результаты подтверждают необходимость противогриппозной иммунизации в период пандемии COVID-19. Скрининг на вирус гриппа может значительно улучшить тактику лечения пациента, поскольку существуют рекомендованные противовирусные препараты (ингибиторы нейраминидазы).

Ключевые слова: коронавирусная инфекция; вирусы гриппа; серодиагностика; коинфекция.

THE ROLE OF COINFECTION WITH INFLUENZA VIRUSES IN THE PATHOGENESIS OF SEVERE INFECTION IN PATIENTS WITH COVID-19

Tamara N. Shvedova¹, Olga S. Kopteva², Polina A. Kudar³, Anna A. Lerner^{1,4}, Yuliya A. Desheva^{2,3}

¹ Vsevolzhsk Clinical Multidisciplinary Hospital, Leningrad Region, Vsevolzhsk, Russia;

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

³ Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia;

⁴ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

To cite this article: Shvedova TN, Kopteva OS, Kudar PA, Lerner AA, Desheva YuA. The role of coinfection with influenza viruses in the pathogenesis of severe infection in patients with COVID-19. *Medical Academic Journal*. 2021;21(3):159–164. DOI: <https://doi.org/10.17816/MAJ78155>

Received: 16.08.2021

Revised: 01.09.2021

Accepted: 13.09.2021

BACKGROUND: Despite the continuing global spread of the coronavirus infection COVID-19 caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, the mechanisms of the pathogenesis of severe infections remain poorly understood. The role of comorbidity with other seasonal viral infections, including influenza, in the pathogenesis of the severe course of COVID-19 remains unclear.

MATERIALS AND METHODS: The present study used sera left over from ongoing laboratory studies of patients with varying degrees of severity of COVID-19. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Scientific Institution “IEM” (protocol 3/20 from 06/05/2020). We studied 28 paired samples obtained

upon admission of patients to the hospital and after 5–7 days of hospital stay. Paired sera of patients with COVID-19 were tested for antibodies to influenza A and B viruses. The presence of IgG antibodies specific to the SARS-CoV-2 spike (S) protein was studied using an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The serum concentration of C-reactive protein and the neutrophil-lymphocyte ratio on the day of hospitalization were also assessed.

RESULTS: At least a 4-fold increase in serum IgG antibodies to SARS-CoV-2 S protein was found both in patients with PCR-confirmed SARS-CoV-2 infection and without PCR confirmation. It was shown that out of 18 patients with moderate and severe forms of COVID-19 infection, six of them showed at least a 4-fold increase in antibodies to influenza A/H1N1, in one to influenza A/H3N2 and in two cases to the influenza B. Laboratory data in these two groups were characterized by significant increases in serum C-reactive protein and neutrophil-lymphocyte ratio concentrations compared with the moderate COVID-19 group.

CONCLUSIONS: Serological diagnostics can additionally detect cases of coronavirus infection when the virus was not detected by PCR. In moderate and severe cases of COVID-19, coinfections with influenza A and B viruses have been identified. The results obtained confirm the need for anti-influenza immunization during the SARS-CoV-2 pandemic. Influenza virus screening can significantly improve patient management because recommended antiviral drugs (neuraminidase inhibitors) are available.

Keywords: coronavirus infection; influenza viruses; serodiagnostics; coinfection.

Обоснование

В настоящее время продолжается глобальное распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванной вирусом SARS-CoV-2 [1]. При этом мало изучен вклад других сезонных вирусных инфекций, таких как грипп или респираторно-синцитиальная вирусная инфекция, в патогенез тяжелой COVID-19 при коинфицировании [2, 3]. Клинические и лабораторные признаки гипервоспалительного синдрома, развивающегося при COVID-19, или COVID-19-индуцированного «цитокинового шторма», продолжают широко изучать [4]. В качестве обязательных критериев развития «цитокинового шторма» при COVID-19 предложено учитывать повышение сывороточной концентрации С-реактивного белка (СРБ) и нейтрофильно-лимфоцитарное отношение (НЛО), которые служат показателями системных воспалительных реакций и широко исследуются в качестве предикторов для прогноза пациентов с вирусной пневмонией, в том числе при COVID-19 [5].

Цель настоящей работы — оценить возможность коинфекции вирусами гриппа у пациентов с различной тяжестью течения COVID-19 и оценить сывороточную концентрацию СРБ и НЛО.

Материалы и методы

Сыворотки крови. Использовали парные сыворотки крови пациентов с разной степенью тяжести COVID-19. Пациенты были госпитализированы в феврале — апреле 2020 г. в ГБУЗ ЛО «Всеволожская КМБ». Степень тяжести COVID-19 оценивали в соответствии с «Временными рекомендациями по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции (COVID-19)», версия 8. Изучено 28 парных проб, полученных при

поступлении пациентов в стационар и через 5–7 дней пребывания в стационаре. В качестве контрольных образцов использовали сыворотку крови пациентов, полученную до распространения COVID-19 в начале 2019 г., включая 18 парных сывороток пациентов с подтвержденной гриппозной инфекцией.

Иммуноферментный анализ (ИФА). Сыворотку исследовали с помощью ИФА на наличие антител иммуноглобулинов (Ig) G, специфичных к S-белку SARS-CoV-2 в дубликатах. Для этого 96-луночные панели сенсibilизировали коммерческим рекомбинантным S-белком SARS-CoV-2 (AtaGenix, Ухань, КНР), в качестве конъюгата применяли кроличьи пероксидазно меченные антитела к IgG человека (CloudClone Corp., Ухань, КНР).

Выявление антител к вирусам гриппа. Парные сыворотки пациентов с COVID-19 протестированы на повышение уровня антител к вирусам гриппа А/Нью Йорк/61/15 (H1N1)pdm09, А/17/Гонконг/2014/8296 (H3N2) и В/Колорадо/06/2017 (антигенная линия В/Виктория) с помощью реакции торможения гемагглютинации (РТГА) и ИФА. Вирусы гриппа из коллекции вирусов ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины» культивировали в аллантоисной полости 10-дневных куриных эмбрионов. РТГА проводили в 96-луночных панелях для серологических реакций с использованием 0,75 % взвеси эритроцитов человека по описанным методикам [6]. Для выявления вирусспецифических IgG и IgM 96-луночные панели (Sarstedt, Нумбрехт, Германия) сенсibilизировали концентрированными и очищенными на ступенчатом градиенте сахарозы вирусами гриппа с применением 20 гемагглютинирующих единиц (ГАЕ) в течение ночи при 4 °С. ИФА проводили, как описано ранее [6].

Результаты считали положительными при выявлении по крайней мере четырехкратного

повышения уровня антител не менее чем в двух тестах.

Лабораторные данные. Сывороточную концентрацию СРБ определяли турбодиметрическим методом с использованием реактивов BioSystems. НЛО рассчитывали на основании данных клинического анализа крови (абсолютное число нейтрофилов/абсолютное число лимфоцитов).

Статистический анализ. Статистическую обработку данных выполняли с помощью пакета программ Statistica 12.0 (StatSoft, Inc. Tulsa, США). Для сравнения двух независимых групп использовали *U*-критерий Манна – Уитни. В случае номинальных данных применяли критерий хи-квадрат. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Сыворотка крови была получена в 1-й и 6–7-й день пребывания в стационаре, показатели СРБ и НЛО — на 1-й день поступления в стационар. Основные результаты представлены в таблице.

Положительный ПЦР-тест на SARS-Cov-2 регистрировали чаще при легком течении заболевания (см. таблицу). По крайней мере четырехкратное увеличение титров сывороточных антител IgG к S-белку SARS-Cov-2 обнаружено у 16 из 28 обследованных пациентов (57,1 %)

через 6–7 дней пребывания в стационаре. При этом повышение уровня IgG к S-белку выявляли как у пациентов с подтвержденной ПЦР COVID-19, так и без подтверждения. При изучении сыворок пациентов с подтвержденной гриппозной инфекцией, полученных в 2019 г., то есть до распространения SARS-CoV-2, антитела к SARS-Cov-2 не обнаружены (данные не показаны). Среди 18 пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением инфекции у 8 (44,4 %) выявлено как минимум четырехкратное повышение уровня антител к вирусам гриппа. В шести случаях зафиксировано повышение уровня антител к гриппу А/Н1N1, в одном — к гриппу А/Н3N2 и в двух случаях к вирусу гриппа В, при этом у одного пациента отмечено повышение уровня антител к вирусам А/Н1N1 и В.

Усредненные показатели сывороточной концентрации СРБ значительно превышали таковые при тяжелой и средней формах COVID-19 по сравнению с легкой формой, значения НЛО при тяжелой форме инфекции были более чем в 2 раза выше по сравнению с таковыми при легкой и средней степенях тяжести заболевания (см. таблицу).

Обсуждение

Выявление генетического материала SARS-CoV-2 методом ПЦР — это один из основных критериев диагностики COVID-19. При

Таблица / Table

Результаты изучения парных образцов сыворок крови пациентов с разной степенью тяжести COVID-19
Results of a study of paired blood serum samples from patients with varying severity of COVID-19

Критерий	Степень тяжести		
	легкая	средняя	тяжелая
Число в группе	10	8	10
Положительный ПЦР-тест на SARS-Cov-2	8 (80 %)*	5 (62,5 %)	2 (20 %)*
Четырехкратное увеличение уровня IgG к S-белку	4 (40 %)	6 (75 %)	4 (40 %)
Четырехкратное увеличение уровня антител к гриппу	0**, †	4 (50 %)**	4 (40 %)†
С-реактивный белок, мг/л (<i>Me</i> [Q_{25} ; Q_{75}]) (референс-значения 0,00–5,00 мг/л)	45,6 ^{††} , # [20,95; 65,9]	179,8 ^{††} [86,6; 200,4]	290,6 [#] [207,1; 371,2]
Нейтрофильно-лимфоцитарное отношение (<i>Me</i> [Q_{25} ; Q_{75}]) (референс-значения 1,13–3,79)	5,25 ^{##} [12,8; 5,7]	6,1 [3,6; 7,1]	13,52 ^{##} [8,4; 24,5]

* Доля лиц с легким течением инфекции по сравнению с тяжелым течением (критерий хи-квадрат, $p = 0,01$). ** Доля лиц с в группе с течением инфекции средней тяжести по сравнению с легким течением (критерий хи-квадрат, $p = 0,023$). † Доля лиц в группе с тяжелым течением инфекции по сравнению с легким течением (критерий хи-квадрат, $p = 0,043$). †† Средний уровень С-реактивного белка выше в группе с течением инфекции средней тяжести по сравнению с легким течением (тест Манна – Уитни, $Z = 2,38$, $p = 0,017$). # Средний уровень С-реактивного белка выше в группе с тяжелым течением инфекции по сравнению с легким течением (тест Манна – Уитни, $Z = 3,67$, $p = 0,0002$). ## Среднее значение нейтрофильно-лимфоцитарного отношения больше в группе с тяжелым течением инфекции по сравнению с легким течением (тест Манна – Уитни, $Z = 3,1$, $p = 0,0019$).

обращении за медицинской помощью на позднем сроке заболевания РНК вируса может не детектироваться. Так, в нашем исследовании показано более редкое выявление генетического материала SARS-CoV-2 среди пациентов с тяжелым течением по сравнению с легкой формой. Обнаружение вирусспецифических антител может дополнительно указывать на случаи COVID-19. Однократный анализ крови на антитела мало информативен, интерес представляют исследования серийных клинических образцов, полученных от одних и тех же пациентов. В нашем исследовании нарастание титров IgG к S-белку SARS-CoV-2 наблюдалось более чем у половины обследованных к концу первой недели пребывания в стационаре, как в случаях положительного ПЦР-анализа, так и без ПЦР-подтверждения.

Обнаруженное повышение уровня антител к вирусам гриппа при среднетяжелом и тяжелом течении COVID-19 согласуется с данными, полученными в ранний период вспышки COVID-19 в г. Ухане (12 января – 21 февраля 2020 г.), когда коинфекция SARS-CoV-2 и вирусов гриппа была широко распространена (грипп А – 49,8 % и грипп В – 7,5 %) [6]. Путем экспериментальной коинфекции вирусом гриппа А и псевдотипированным или живым вирусом SARS-CoV-2 выявлено, что предварительная гриппозная инфекция значительно повышает инфекционность SARS-CoV-2 в различных клеточных культурах. В экспериментах на мышах при коинфекции вирусами гриппа и SARS-CoV-2 зарегистрированы повышенная вирусная нагрузка SARS-CoV-2 и более тяжелое повреждение легких. При этом усиление инфекционности SARS-CoV-2 не отмечено при коинфицировании с некоторыми другими респираторными вирусами, возможно, из-за уникальной особенности вирусов гриппа к повышению экспрессии ACE2. Это исследование показывает, что вирусы гриппа, вероятно, обладают уникальной способностью усугублять инфекцию SARS-CoV-2, и, таким образом, предотвращение гриппозной инфекции имеет большое значение во время пандемии COVID-19 [8]. Предстоящий сезон гриппа в северном полушарии, накладывающийся на продолжающееся распространение SARS-CoV-2, создает потенциально серьезную угрозу для здоровья населения, существенно уменьшить которую может вакцинация населения против гриппа.

Вирусные и бактериальные инфекции, вызывают повышение сывороточной концентрации СРБ. Например, при гриппе этот показатель составляет в среднем 25,65 мг/л, в случае же присоединения бактериальной пневмонии средний уровень СРБ возрастает

до 135,96 мг/л [9]. НЛО также рассматривают как важный показатель воспаления при COVID-19. Ранее было показано, что среднее значение НЛО при легком течении болезни составляло 5,6, а при среднем – 9,2. Это различие было статистически значимым. Было замечено также, что значение НЛО положительно коррелировало с оценкой тяжести пневмонии, продолжительностью пребывания в стационаре, уровнями СРБ и D-димера [10].

Заключение

С помощью серологической диагностики можно дополнительно выявлять случаи коронавирусной инфекции, когда вирус не обнаружен методом ПЦР. При среднетяжелых и тяжелых случаях COVID-19 выявлены случаи коинфицирования с вирусами гриппа А и В. При этом показатели СРБ и НЛО значительно превышали таковые при легком течении заболевания. Скрининг на вирусы гриппа может значительно улучшить клиническое ведение пациентов, поскольку существуют рекомендованные противовирусные препараты от гриппа (ингибиторы нейраминидазы).

Дополнительная информация

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке бюджетных средств ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины» в рамках проекта № 2018-557-003 по теме государственного задания «Молекулярно-генетические и клеточные основы патогенеза, диагностики и лечения социально значимых заболеваний инфекционной и неинфекционной природы». Исследование частично поддержано Правительством Санкт-Петербурга в сфере научной и научно-технической деятельности за 2020 г. (грант № 335-20).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этическая экспертиза. Выполнение исследования одобрено протоколом этического комитета (протокол № 3/20 от 06.05.2020).

Список литературы

1. Hu B., Guo H., Zhou P., Shi Z.L. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19 // *Nat. Rev. Microbiol.* 2021. Vol. 19, No. 3. P. 141–154. DOI: 10.1038/s41579-020-00459-7
2. Wu X., Cai Y., Huang X. et al. Co-infection with SARS-CoV-2 and influenza A virus in patient with pneumonia, China // *Emerg. Infect. Dis.* 2020. Vol. 26, No. 6. P. 1324–1326. DOI: 10.3201/eid2606.200299
3. Cuadrado-Payán E., Montagud-Marrahi E., Torres-Elorza M. et al. SARS-CoV-2 and influenza virus co-in-

- fection // *Lancet*. 2020. Vol. 395, No. 10236. P. e84. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31052-7
4. Hu B., Huang S., Yin L. The cytokine storm and COVID-19 // *J. Med. Virol.* 2021. Vol. 93, No. 1. P. 250–256. DOI: 10.1002/jmv.26232
 5. Wu C., Chen X., Cai Y. et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China // *JAMA Int. Med.* 2020. Vol. 180, No. 7. P. 934–943. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.0994
 6. Rowe T., Abernathy R.A., Hu-Primmer J. et al. Detection of antibody to avian influenza A (H5N1) virus in human serum by using a combination of serologic assays // *J. Clin. Microbiol.* 1999. Vol. 37, No. 4. P. 937–943. DOI: 10.1128/JCM.37.4.937-943.1999
 7. Yue H., Zhang M., Xing L. et al. The epidemiology and clinical characteristics of co-infection of SARS-CoV-2 and influenza viruses in patients during COVID-19 outbreak // *J. Med. Virol.* 2020. Vol. 92, No. 11. P. 2870–2873. DOI: 10.1002/jmv.26163
 8. Bai L., Zhao Y., Dong J. et al. Coinfection with influenza A virus enhances SARS-CoV-2 infectivity // *Cell. Res.* 2021. Vol. 31, No. 4. P. 395–403. DOI: 10.1038/s41422-021-00473-1
 9. Stringer D., Braude P., Myint P.K. et al. The role of C-reactive protein as a prognostic marker in COVID-19 // *Int. J. Epidemiol.* 2021. Vol. 50, No. 2. P. 420–429. DOI: 10.1093/ije/dyab012
 10. Kulkarni A., Divya Prabhu, Likitesh A.B. et al. Utility of neutrophil-lymphocyte ratio (NLR) as an indicator of disease severity and prognostic marker among patients with COVID-19 infection in a tertiary care center in Bangalore – a retrospective study // *Journal of Evidence Based Medicine and Healthcare.* 2021. Vol. 8, No. 16. P. 1020–1024. DOI: 10.18410/jebmh/2021/197
 2. Wu X, Cai Y, Huang X, et al. Co-infection with SARS-CoV-2 and influenza A virus in patient with pneumonia, China. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(6):1324–1326. DOI: 10.3201/eid2606.200299
 3. Cuadrado-Payán E, Montagud-Marrahi E, Torres-Elorza M, et al. SARS-CoV-2 and influenza virus co-infection. *Lancet.* 2020;395(10236):e84. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31052-7
 4. Hu B, Huang S, Yin L. The cytokine storm and COVID-19. *J Med Virol.* 2021;93(1):250–256. DOI: 10.1002/jmv.26232
 5. Wu C, Chen X, Cai Y, et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Int Med.* 2020;180(7):934–943. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.0994
 6. Rowe T, Abernathy RA, Hu-Primmer J, et al. Detection of antibody to avian influenza A (H5N1) virus in human serum by using a combination of serologic assays. *J Clin Microbiol.* 1999;37(4):937–943. DOI: 10.1128/JCM.37.4.937-943.1999
 7. Yue H, Zhang M, Xing L, et al. The epidemiology and clinical characteristics of co-infection of SARS-CoV-2 and influenza viruses in patients during COVID-19 outbreak. *J Med Virol.* 2020;92(11):2870–2873. DOI: 10.1002/jmv.26163.
 8. Bai L, Zhao Y, Dong J, et al. Coinfection with influenza A virus enhances SARS-CoV-2 infectivity. *Cell Res.* 2021;31(4):395–403. DOI: 10.1038/s41422-021-00473-1
 9. Stringer D, Braude P, Myint PK, et al. The role of C-reactive protein as a prognostic marker in COVID-19. *Int J Epidemiol.* 2021;50(2):420–429. DOI: 10.1093/ije/dyab012
 10. Kulkarni A, Divya Prabhu, Likitesh AB, et al. Utility of neutrophil-lymphocyte ratio (NLR) as an indicator of disease severity and prognostic marker among patients with COVID-19 infection in a tertiary care centre in Bangalore – a retrospective study. *Journal of Evidence Based Medicine and Healthcare.* 2021;8(16):1020–1024. DOI: 10.18410/jebmh/2021/197

References

1. Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol.* 2021;19(3):141–154. DOI: 10.1038/s41579-020-00459-7

Информация об авторах / Information about the authors

Тамара Николаевна Шведова — заведующая клинико-диагностической лабораторией, врач. ГБУЗ ЛО «Всезоложская клиническая многопрофильная больница», Ленинградская область, Всеволожск, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6649-8150>; e-mail: toma_nn@mail.ru

Ольга Сергеевна Коптева — аспирант. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2645-3433>; eLibrary SPIN: 7630-3067; e-mail: olga.s.kopteva@yandex.ru

Tamara N. Shvedova — Head of the Clinical Diagnostic Laboratory. Vsevolozhsk Clinical Multidisciplinary Hospital, Leningrad Region, Vsevolozhsk, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6649-8150>; e-mail: toma_nn@mail.ru

Olga S. Kopteva — Postgraduate student. Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2645-3433>; eLibrary SPIN: 7630-3067; e-mail: olga.s.kopteva@yandex.ru

Информация об авторах / Information about the authors

Полина Андреевна Кударь — студентка, отдел вирусологии. ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: polina6226@mail.ru

Анна Александровна Лернер — канд. мед. наук, главный штатный специалист по клинической лабораторной диагностике. ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая многопрофильная больница», Ленинградская область, Всеволожск, Россия; ассистент кафедры клинической лабораторной диагностики. ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5848-6486>;
e-mail: sever67@bk.ru

Юлия Андреевна Дешева — д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры фундаментальных проблем медицины и медицинских технологий, факультет стоматологии и медицинских технологий. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия; ведущий научный сотрудник отдела вирусологии. ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9794-3520>;
e-mail: desheva@mail.ru

Polina A. Kudar — Student, Department of Virology. Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia. E-mail: polina6226@mail.ru

Anna A. Lerner — PhD (Med.), Chief Staff Officer for Clinical Laboratory Diagnostics. Vsevolzhsk Clinical Multidisciplinary Hospital, Leningrad Region, Vsevolzhsk, Russia; assistant of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics. North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5848-6486>;
e-mail: sever67@bk.ru

Yuliya A. Desheva — MD, PhD, DSc (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Fundamental Problems of Medicine and Medical Technologies, Faculty of Dentistry and Medical Technologies. Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia; Leading Researcher of the Department of Virology. Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9794-3520>;
e-mail: desheva@mail.ru

✉ Контактное лицо / Corresponding author

Тамара Николаевна Шведова / Tamara N. Shvedova
E-mail: toma_nn@mail.ru