

ПОВТОРНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ВАРИАНТАМИ ВИРУСА SARS-CoV-2: К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНОГО ИММУНИТЕТА

Побожая И.А.¹, Калинина Н.М.^{2,3}, Макарова Н.В.²

¹ СПб ГБУЗ «Городская больница № 40 Курортного района», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. Новые знания о вакцинопрофилактике дают исследователям и практикующим врачам почву для поиска путей к разгадке причин неудачных исходов заболевания и повторного заражения COVID-19, как в случаях с естественным, так и с гибридным иммунитетом у пациентов, перенесших инфицирование вариантами вируса SARS-CoV-2. Цель – изучить влияние вакцинации на срок повторного заражения вариантами вируса SARS-CoV-2, выявить различия Ct (пороговое число циклов) между случаями первичного заражения и реинфекции COVID-19. В исследование были включены 67 пациентов, проходившие лечение в СПб ГБУЗ «Городская больница № 40» в период с апреля 2020 г. по август 2023 г. в возрасте от 22 до 75 лет, которые были повторно инфицированы вирусом SARS-CoV-2. Критериями включения больных в исследование явились: подтвержденный диагноз «COVID-19» первично и повторно инфицированных вирусом SARS-CoV-2, возраст от 22 до 75 лет, наличие информации о вакцинации между первичным и повторным эпизодами заболевания новой коронавирусной инфекции. В исследование не включены беременные, пациенты с психическими, онкологическими заболеваниями и инфекциями дыхательных путей, вызванные другими респираторными вирусами. В качестве тест-системы для определения Ct (пороговое число циклов) был использован набор для выявления РНК коронавируса SARS-CoV-2 методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени «Реал-Бест РНК SARS-CoV-2» (АО «Вектор-Бест», Россия). Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы STATISTICA 13.0. Различия групп считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Анализ полученных данных выявил статистически значимое различие ($p < 0,05$) группы А от остальных групп В, С, D по количеству дней между первичной и повторной заболеваемостью COVID-19. В группах А, В, С, D первично перенесших вирусное заболевание Ct не имело статистически значимых отличий ($p > 0,05$). При сравнении полученных результатов в каждой группе по Ct при первичном и повторном заражении COVID-19 найдено статистически значимое отличие в группе В ($p < 0,05$). При сравнении Ct при первичном и повторном заражении группы А с

Адрес для переписки:

Побожая Ирина Андреевна
СПб ГБУЗ «Городская больница № 40
Курортного района»
197373, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Плесецкая, 4, стр. 1, кв. 284.
Тел.: 8 (967) 433-27-03.
E-mail: i.a.pobozhaya@yandex.ru

Address for correspondence:

Irina A. Pobozhaya
St. Petersburg City Hospital No. 40
4 Plesetskaya St, Bldg 1, Apt 284
St. Petersburg
197373 Russian Federation
Phone: +7 (967) 433-27-03.
E-mail: i.a.pobozhaya@yandex.ru

Образец цитирования:

И.А. Побожая, Н.М. Калинина, Н.В. Макарова
«Повторное заражение вариантами вируса
SARS-CoV-2: к вопросу об эффективности гибридного
иммунитета» // Медицинская иммунология, 2025.
Т. 27, № 3. С. 685-692.
doi: 10.15789/1563-0625-RWS-3143

© Побожая И.А. и соавт., 2025

Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

I.A. Pobozhaya, N.M. Kalinina, N.V. Makarova
“Reinfection with SARS-CoV-2 variants: The issues of hybrid
immunity efficiency”, Medical Immunology (Russia)/
Meditsinskaya Immunologiya, 2025, Vol. 27, no. 3,
pp. 685-692.
doi: 10.15789/1563-0625-RWS-3143

© Pobozhaya I.A. et al., 2025

The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.15789/1563-0625-RWS-3143

остальными группами статистически значимых отличий не найдено ($p > 0,05$). Вакцинопрофилактика COVID-19 — основная стратегическая задача на ближайшую перспективу, но применение для этих целей различных вакцин требует постоянного анализа со стороны медицинского сообщества.

Ключевые слова: SARS-CoV-2, COVID-19, реинфекция, повторное заражение, вакцинопрофилактика, иммунитет

REINFECTION WITH SARS-CoV-2 VARIANTS: THE ISSUES OF HYBRID IMMUNITY EFFICIENCY

Pobozhaya I.A.^a, Kalinina N.M.^{b, c}, Makarova N.V.^b

^a St. Petersburg City Hospital No. 40, St. Petersburg, Russian Federation

^b A. Nikiforov All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

^c First St. Petersburg State I. Pavlov Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. Current knowledge about vaccine prevention provides the basis for searching a way to unravel the causes of unfavorable disease outcomes and reinfection with COVID-19, both in cases with natural and hybrid immunity observed in patients infected with genetic variants of the SARS-CoV-2 virus. Our aim was study the effect of vaccination on the timing of reinfection with variant strains of the SARS-CoV-2, and to evaluate the differences in Ct values (threshold cycles in PCR test) between primary COVID-19 infection and reinfection cases. The study included 67 patients treated at the St. Petersburg City Hospital No. 40, aged 22-75 years, from April 2020 to August 2023, who were repeatedly infected with the SARS-CoV-2. The criteria for including patients in the study were as follows: a confirmed COVID-19 diagnosis in the initially and repeatedly infected persons with SARS-CoV-2 virus, age from 22 to 75 years, availability of vaccination data between the primary and repeated episodes of the new coronavirus infection. The study did not include pregnant women, patients with mental disorders, cancer, and respiratory infections caused by other respiratory viruses. As a test system for determining Ct values (threshold number of PCR cycles), we used a diagnostic real-time PCR kit for detecting SARS-CoV-2 coronavirus RNA (RealBest RNA SARS-CoV-2, Vector-Best JSC, Russia). Statistical evaluation was carried out using the STATISTICA 13.0 program. The group differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. Analysis of the data obtained revealed a statistically significant difference between ($p < 0.05$) group A and other groups (B, C, D) in the number of days between the primary and repeated incidence of COVID-19. In the groups A, B, C, D who had a primary viral infection, the Ct levels had no statistically significant differences ($p > 0.05$). When comparing the results obtained in each group for Ct during primary disease and reinfection with COVID-19, a statistically significant difference was found in group B ($p < 0.05$). When comparing Ct values during primary and reinfection between group A and other groups, no statistically significant differences were found ($p > 0.05$). Vaccine prevention is the main strategic task for the near future, but the use of various vaccines for these purposes requires continuous analysis by the medical community.

Keywords: SARS-CoV-2, COVID-19, reinfection, vaccine prevention, immunity

Введение

После того как было опубликовано масштабное исследование о неблагоприятных эффектах от вакцинации против COVID-19, обсуждения о применении прививок приняли еще большие масштабы.

Faksova K. и соавт. провели многоцентровое когортное исследование, в котором приняли участие 99 млн вакцинированных людей. Проведенный анализ полученных данных подтвердил риск

развития миокардита, перикардита, синдрома Гийена—Барре и тромбоза венозных синусов головного мозга [9].

Формирование популяционного иммунитета к SARS-CoV-2, как метода борьбы с пандемией COVID-19, послужило основной идеей для запуска проекта «Глобальная безопасность вакцин от COVID-19» (GCoV-S), инициированного в 2021 г. многонациональной Глобальной сетью данных о вакцинах (GVDN). Проект позволяет оценить

показатели вакцинации и масштабы вакцинопрофилактики в стране, включенной в проект, с учетом численности населения.

По состоянию на 09.04.2024 70,6% населения мира получили хотя бы одну дозу вакцины против COVID-19, 13,57 млрд доз были введены во всем мире, 32,7% людей в странах с низким уровнем дохода получили по крайней мере одну дозу вакцины [8].

Только массовая вакцинация способна сформировать популяционный иммунитет для защиты населения от различных инфекционных заболеваний. В России первый пик максимального числа ежедневного введения доз вакцин уже был достигнут 16.08.2021, второй — 21.11.2021 с последующим снижением — последние данные представлены по состоянию на 24.09.2023 [8].

Ответ вирусу SARS-CoV-2 заключается не только в формировании популяционного иммунитета, но и в особенностях реагирования иммунной системы человека при встрече с патогеном. Индивидуальная способность организма к нейтрализации чужеродного агента находится в прямой зависимости от вирулентности возбудителя инфекции и состояния иммунной системы человека. Ведущую роль в борьбе с возбудителями вирусных инфекций выполняет иммунная система. Наряду с врожденным иммунитетом в работу включается адаптивный иммунитет, главным представителем которого являются лимфоциты (в случаях вирусного заболевания — цитотоксические Т-лимфоциты) [2].

Вуязрова М. и соавт. подняли вопрос о сборе информации об иммунологической памяти после перенесенного заболевания у пациентов, инфицированных вариантами вируса SARS-CoV-2. По мнению исследователей, возможность повторного заражения, а также эффективность разрабатываемых в настоящее время вакцин от COVID-19 во многом будут зависеть от качества и длительности иммунологической памяти у пациентов. Для понимания процесса развития гуморального иммунитета они проанализировали генерацию плазмобластов и вирус-рецептор-связывающих доменов (RBD)-специфических клеток памяти В (Bmem) у пациентов во время острой фазы COVID-19. По результатам исследования было показано, что специфичные для SARS-CoV-2 клетки Bmem генерируются во время острой фазы COVID-19 [5].

Костинов М.П. и соавт. сообщают, что в процессе изучения реакций иммунной системы на проникновение вируса SARS-CoV-2 летучих мышей и человека было выявлено несколько принципиальных отличий. Одно из них заключается в том, что летучие мыши *Pteropus alecto*

имеют конститутивную экспрессию нескольких важных генов, ответственных за продукцию интерферона. Как следствие — отсутствие быстрого реагирования на коронавирус у человека, возможность беспрепятственного размножения вируса в организме индивидуума. Вторым отличием иммунной системы летучих мышей от человека является наличие механизма, который может ограничить провосполительную реакцию при коронавирусной инфекции. Специфические механизмы адаптивного иммунного ответа начинают играть заметную роль только через 96 часов после инфицирования, максимальная ответная реакция развивается лишь через 7–14 суток [2].

Cameron M.J. и соавт. сообщают, что пациенты с тяжелой коронавирусной инфекцией не имели перехода от гиперактивного врожденного иммунного ответа к адаптивному иммунному ответу [6]. При этом пациенты, у которых заболевание протекало в легкой форме, демонстрировали выраженный иммунный ответ. Thevarajan I. и соавт. к 7-му дню болезни отмечали повышение IgG и IgM со стойким повышением к 20-му дню. Также авторы наблюдали высокий титр активированных CD8, CD4 Т-клеток, Т-фолликулярных хелперных клеток. Совокупность показателей гуморального и клеточного иммунитета способствовало более быстрому выздоровлению пациентов [12].

Suleyman G. и соавт. сообщают, что естественный и гибридный иммунитет обеспечивают защиту организма от повторного заражения SARS-CoV-2 и госпитализации. Однако гибридный иммунитет обеспечивает более сильную защиту от симптоматического заболевания и развития критического состояния и связан с более длительным временем до повторного заражения [11].

Altarawneh H.N. и соавт. обнаружили, что гибридный иммунитет, обеспечивающий самую сильную защиту, был математически предсказан на основе предположения, что иммунитет, полученный в результате предыдущего заражения и вакцинации, действует независимо, без синергии или дублирования [3].

Choudhary M.C. и соавт. показали, что, несмотря на все описанные выше специфические меры борьбы с коронавирусной инфекцией, реинфекция COVID-19 происходила в период от 1,5 месяца или более чем через 8 месяцев после первичного заражения. Повторное заражение связывают либо со снижением уровня антител к SARS-CoV-2, либо с появлением мутаций вируса способного к ускользанию от иммунной системы организма [7].

Количество реинфекций существенно возросло от периода циркуляции варианта Дельта (2,7%) до периода циркуляции штамма Омикрон (28,8%). Увеличивался процент реинфекций среди госпитализированных больных, связанных с COVID-19 (с 1,9% (Дельта) до 17% (Омикрон) и смертности с 1,2% (Дельта) и 12,3% (Омикрон)) [10].

Зуев В. описывает 6 доказанных побочных эффектов вакцин: утяжеление заболевания после прививок: «Антителозависимое усиление инфекции» (ADE); утяжеление заболевания за счет иммунной памяти — «феномен антигенного импринтинга»; стимуляция аутоиммунных процессов — «патогенный прайминг»; поражение сосудов мозга; тромбозы венозных синусов головного мозга — «синдром индуцированной вакцинной мимикрии COVID-19»; повреждение нейронов мозга — слабоумие [1].

Bowe B. и соавт. в процессе борьбы с пандемией COVID-19 указывают и на то, что инфекция, вызванная различными штаммами SARS-CoV-2, приводит к расширению групп риска, склонных к реинфекции и к склонности появления постковидных осложнений. Исследователи показали, что пациенты, которые имели в анамнезе повторный эпизод инфицирования SARS-CoV-2, были склонны к риску летального исхода, госпитализации и осложнений со стороны легочной, сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной систем, а также к гематологическим, диабетическим, почечным, психическим, скелетно-мышечным и неврологическим расстройствам. По мнению авторов, риски были очевидны независимо от статуса вакцинации. Утверждают, что выявлена дифференцированная связь — риск неблагоприятных последствий для здоровья возрастает по мере увеличения числа инфекций, вызванных различными штаммами SARS-CoV-2. Подчеркивают, что механизмы, лежащие в основе повышенного риска летального исхода и неблагоприятных последствий для здоровья при реинфекции, до конца не ясны [4].

Иммунный ответ организма на внедрение вирусной инфекции связан, в том числе и с желудочно-кишечным трактом, и с барьерными функциями верхних дыхательных путей — бесконтрольный или излишний (не по показаниям) прием антибактериальных препаратов вносил дисбаланс в микробиом респираторного и желудочно-кишечного трактов, что влечет за собой снижение защитных функций организма и торможение реакции иммунной системы организма.

Специфическая профилактика коронавирусной инфекции, связанная с проведением вакцинопрофилактики, имеет свои особенности. У ча-

сти пациентов план вакцинации был нарушен по причине инфицирования новым штаммом SARS-CoV-2, после выздоровления по прошествии 6 месяцев график вакцинации возобновляли. Каким образом это повлияло на состояние здоровья и отдаленные последствия еще предстоит выяснить, учитывая полученные совокупные данные об осложнениях при вакцинации и рисках после первично перенесенного заболевания, а также в случае реинфекции COVID-19.

Цель настоящей работы — изучить вопрос эффективности вакцинопрофилактики и ее влияние на сроки повторного заражения, а также вирусную нагрузку у пациентов с первично перенесенной инфекцией и в случаях реинфекции COVID-19.

Материалы и методы

В исследование были включены 67 пациентов, проходившие лечение в СПб ГБУЗ «Городская больница № 40» в возрасте 22-75 лет в период с апреля 2020 г. по август 2023 г., которые были повторно инфицированы вирусом SARS-CoV-2, что подтверждено результатами тестирования методом ПЦР не позднее, чем на 3-и сутки от начала проявления симптомов заболевания. Средний возраст больных составил $47,6 \pm 1,8$ года. Среди них 22 мужчины и 45 женщин. Из них в группу А вошли 24 человека, ранее не вакцинированных против новой коронавирусной инфекции вакциной «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» или «Спутник Лайт» в период от первично перенесенной инфекции до повторного заражения. В группу В вошли 33 человека, которые получили одну законченную вакцинацию: две дозы вакцины «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» или одну дозу вакцины «Спутник Лайт», более чем через 6 месяцев после перенесенного COVID-19 первично. В группу С вошли 6 человек, которые получили две законченные вакцинации: или две дозы вакцины «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» двукратно в соответствии с инструкцией, или были двукратно привиты вакциной «Спутник Лайт», или две дозы вакцины «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» и одну дозу вакцины «Спутник Лайт» более чем через 6 месяцев после перенесенного COVID-19 первично. В группу D вошли 4 пациента, которые получили одну законченную вакцинацию: две дозы вакцины «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» или одну дозу вакцины «Спутник Лайт» менее чем через 6 месяцев после перенесенного COVID-19 первично.

В качестве тест-системы для определения Ct (пороговое число циклов) был использован набор для выявления РНК коронавируса

SARS-CoV-2 методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени «РеалБест РНК SARS-CoV-2» (АО «Вектор-Бест», Россия) предназначенный для качественного определения РНК коронавируса SARS-CoV-2 в клинических образцах (мазки со слизистой носа и задней стенки глотки, мокрота, бронхоальвеолярный лаваж) методом, основанным на обратной транскрипции вирусной РНК с последующей амплификацией кДНК в полимеразной цепной реакции (ОТ-ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией продуктов ПЦР в режиме реального времени. Этап экстракции нуклеиновых кислот выполнен на процессоре магнитных частиц KingFisher Flex (Thermo Fisher Scientific, США). Детекция и учет результатов проведены на термоциклере для амплификации нуклеиновых кислот C1000 Touch с реакционным оптическим модулем CFX96 (Bio-Rad, США) с детекцией флуоресценции в режиме реального времени планшетного типа (с каналами детекции: FAM, ROX).

Критериями включения больных в исследования явились: подтвержденный диагноз COVID-19 первично и повторно инфицированных вирусом SARS-CoV-2, возраст от 22 до 75 лет, наличие информации о вакцинации между первичным и повторным эпизодами заболевания новой коронавирусной инфекции. В исследование не включены беременные, пациенты с психическими, онкологическими заболеваниями и инфекциями дыхательных путей, вызванные другими респираторными вирусами.

Молекулярно-генетические исследования проведены в лаборатории микробиологии и молекулярно-биологических методов исследования СПб ГБУЗ «Городская больница № 40» (ранее — Вирусологический центр специализированной централизованной бактериологической лаборатории СПб ГБУЗ «Городская больница № 40»).

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы STATISTICA 13.0 для оценки показателей, которые не подчинялись нормальному закону распределения в качестве основного рангового критерия использовался критерий Краскела—Уоллиса. При попарном сравнении результатов в группах А, В, С, D использовали критерии Вилкоксона и Манна—Уитни. Различия групп считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных выявил статистически значимое различие группы А от остальных групп В, С, D по количеству дней

между первичной и повторной заболеваемостью COVID-19 (рис. 1).

Пациенты группы А, не вакцинированные против новой коронавирусной инфекции вакциной «Спутник V — Гам-КОВИД-Вак» или «Спутник Лайт» в период от первично перенесенной инфекции до повторного заражения, имели эпизод реинфекции COVID-19 — в среднем через 232,0 (156,0–388,5) дня, пациенты группы В — в среднем через 481,0 (431,0–623,0) дня, пациенты группы С — в среднем через 596,5 (413,0–828,0) дня, пациенты группы D — в среднем через 542,0 (477,5–600,5) дня.

Полученные данные не подчиняются нормальному закону распределения, поэтому для сравнения полученных данных использовали в качестве основного ранговый критерий Краскела—Уоллиса. Показатели группы А статистически значимо отличаются от показателей группы В ($p = 0,003$), показателей группы С ($p = 0,000$) и показателей группы D ($p = 0,001$).

При анализе полученных данных в группах А, В, С, D, первично перенесших вирусное заболевание, Ст не имело статистически значимых отличий (критерий Краскела—Уоллиса, $p = 0,47$).

В группах А, В, С, D, повторно перенесших вирусное заболевание, Ст не имело статистически значимых отличий (критерий Краскела—Уоллиса, $p = 0,92$) (рис. 2).

В группе А пороговое число циклов в случае первичного инфицирования вирусом SARS-CoV-2 составило 27,5 (21,5–32,5), в группе В 23,0 (21,0–28,0), в группе С 27,0 (23,0–33,0), в группе D 23,5 (22,0–27,0). Полученные результаты Ст в случаях первичного и повторного заражения COVID-19 не подчиняются нормальному закону распределения, поэтому для сравнения полученных данных в качестве основного использовали ранговый критерий Краскела—Уоллиса.

При сравнении полученных результатов в каждой группе по Ст при первичном и повторном заражении COVID-19 найдено статистически значимое отличие в группе В (табл. 1). Для сравнения использованы парный Т-критерий Стьюдента ($p = 0,028$) и непараметрический критерий Вилкоксона ($p = 0,029$).

При сравнении Ст при первичном и повторном заражении пациентов группы А с остальными группами статистически значимых отличий не найдено ($p > 0,05$). Использовали критерий Манна—Уитни (с коррекцией непрерывности).

Согласно полученным данным вакцинопрофилактика играла существенную роль в случае повторного заражения вариантами вируса SARS-CoV-2. Реинфекция COVID-19 происходила не в период от 1,5 до 8 месяцев, а в гораздо

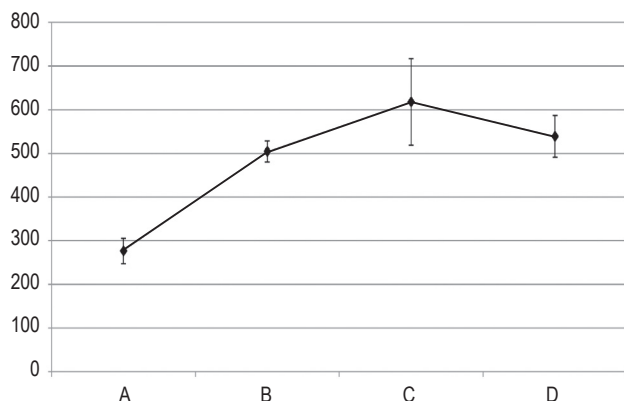


Рисунок 1. Количество дней между первичным и повторным заражением COVID-19

Примечание. На рисунке приведены средние значения и стандартные ошибки средних (далее приведены медианы и интерквартильный размах).

Figure 1. Number of days between initial and reinfection with COVID-19

Note. The figure shows the means and standard errors of the means (the following are medians and interquartile ranges).

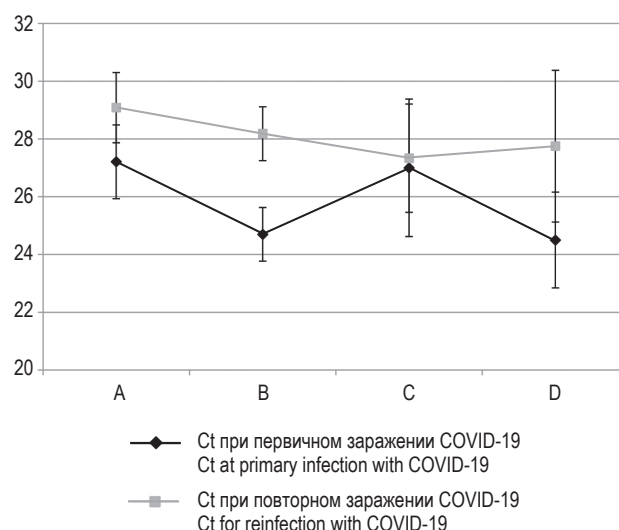


Рисунок 2. Ct при первичном и повторном заражении COVID-19

Примечание. См. примечание к рисунку 1.

Figure 2. Ct for primary and reinfection with COVID-19

Note. As for Figure 1.

ТАБЛИЦА 1. ПОРОГОВОЕ ЧИСЛО ЦИКЛОВ У ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ И ПОВТОРНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ, Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$)

TABLE 1. THRESHOLD NUMBER OF CYCLES IN PATIENTS WITH PRIMARY AND RECURRENT COVID-19 IN DIFFERENT GROUPS, Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$)

Показатель Indicator	Группа А Group A	Группа В Group B	Группа С Group C	Группа D Group D
	n = 24	n = 33	n = 6	n = 4
Ct при первичном заражении Ct at primary infection	27,5 (21,5-32,5)	23,0 (21,0-28,0)	27,0 (23,0-33,0)	23,5 (22,0-27,0)
Ct при повторном заражении Ct upon reinfection	31,0 (23,0-34,5)	28,0 (24,0-31,0)	26,5 (23,0-32,0)	26,5 (24,0-31,5)
Парный Т-критерий Стьюдента Paired Student's T-test	0,259	0,028*	0,904	0,268
Ранговый критерий Вилкоксона Wilcoxon signed rank test	0,255	0,029*	0,893	0,201

Примечание. * – значимый уровень достоверности ($p < 0,05$).

Note. *, a significant level of confidence ($p < 0.05$).

более поздние сроки, когда вирус успевал существенно мутировать и, как следствие, ускользать от гибридного иммунитета. Пациенты группы В, которые получили одну законченную вакцинацию: две дозы вакцины «Спутник V – Гам-КОВИД-Вак» или одну дозу вакцины «Спутник Лайт» более чем через 6 месяцев после перене-

сенного COVID-19, первично имели статистически значимые отличия по пороговому числу циклов (Ct), что не противоречит ранее полученным данным, которые говорят о более легком течении инфекции и небольшой вирусной нагрузке при сочетанной работе естественного и приобретенного в результате вакцинации иммунитета.

Выводы

Вакцинопрофилактика — основная стратегическая задача на ближайшую перспективу, но применение для этих целей различных вакцин требует постоянного анализа со стороны медицинского сообщества. Все описанные выше данные диктуют необходимость в гибких подходах к разработке модифицированных вакцин, направленных на борьбу с новыми штаммами вируса

SARS-CoV-2. Существующие механизмы защиты не дадут ожидаемого эффекта против новых вариантов вируса.

В мире продолжается дискуссия о необходимости проведения ревакцинации, так как существует мнение о возможном снижении эффективности существующих вакцин, наряду с риском побочных эффектов, а также с неадекватным иммунным ответом организма на внедрение вируса SARS-CoV-2.

Список литературы / References

1. Зуев В. 6 новых побочных для привитых и не привитых [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dzen.ru/a/ZfWHWI0sgS3_51MA. (Дата обращения: 12.10.2024). [Zuev V. 6 new side effects for vaccinated and unvaccinated [Electronic resource]. Available at: http://dzen.ru/a/ZfWHWI0sgS3_51MA. (Date of access: October 12, 2024).
2. Костинов М.П., Свитич О.А., Маркелова Е.В. Потенциальная иммунопрофилактика COVID-19 у групп высокого риска инфицирования: временное пособие для врачей. М.: Группа МДВ, 2020. 60 с. [Kostinov M.P., Svitich O.A., Markelova E.V. Potential immunoprophylaxis of COVID-19 in high-risk groups of infection: A temporary guide for doctors]. Moscow: Gruppa MDV, 2020. 60 p.
3. Altarawneh H.N., Chemaitelly H., Ayoub H.H., Tang P., Hasan M.R., Yassine H.M., Al-Khatib H.A., Smatti M.K., Coyle P., Al-Kanaani Z., Al-Kuwari E., Jeremijenko A., Kaleeckal A.H., Latif A.N., Shaik R.M., Abdul-Rahim H.F., Nasrallah G.K., Al-Kuwari M.G., Butt A.A., Al-Romaihi H.E., Al-Thani M.H., Al-Khal A., Bertollini R., Abu-Raddad L.J. Effects of previous infection and vaccination on symptomatic omicron infections. *N. Engl. J. Med.*, 2022, Vol. 387, no. 1, pp. 21-34.
4. Bowe B., Xie Y., Al-Aly Z. Acute and postacute sequelae associated with SARS-CoV-2 reinfection. *Nat. Med.*, 2022, Vol. 28, no. 11, pp. 2398-2405.
5. Byazrova M., Yusubaliev G., Spiridonova A., Efimov G., Mazurov D., Baranov K., Baklaushev V., Filatov A. Pattern of circulating SARS-CoV-2-specific antibody-secreting and memory B-cell generation in patients with acute COVID-19. *Clin. Transl. Immunology*, 2021, Vol. 10, no. 2, e1245. doi: 10.1002/cti2.1245.
6. Cameron M.J., Bermejo-Martin J.F., Danesh A., Muller M.P., Kelvin D.J. Human immunopathogenesis of severe acute respiratory syndrome (SARS). *Virus Res.*, 2008, Vol. 133, no. 1, pp. 13-19.
7. Choudhary M.C., Crain C.R., Qiu X., Hanage W., Li J.Z. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) sequence characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19) persistence and reinfection. *Clin. Infect. Dis.*, 2022, Vol. 74, no. 2, pp. 237-245.
8. Coronavirus (COVID-19) Vaccinations. Our World in Data. Available at: <http://ourworldindata.org/covid-vaccinations> (Date of Access: October 10, 2024).
9. Faksova K., Walsh D., Jiang Y., Griffin J., Phillips A., Gentile A., Kwong J.C., Macartney K., Naus M., Grange Z., Escolano S., Sepulveda G., Shetty A., Pillsbury A., Sullivan C., Naveed Z., Janjua N.Z., Giglio N., Perälä J., Nasreen S., Gidding H., Hovi P., Vo T., Cui F., Deng L., Cullen L., Artama M., Lu H., Clothier H.J., Batty K., Paynter J., Petousis-Harris H., Buttery J., Black S., Hviid A. COVID-19 vaccines and adverse events of special interest: A multinational Global Vaccine Data Network (GVDN) cohort study of 99 million vaccinated individuals. *Vaccine*, 2024, Vol. 42, no. 9, pp. 2200-2211.
10. Ma K.C., Dorabawila V., León T.M., Henry H., Johnson A.G., Rosenberg E., Mansfield J.A., Midgley C.M., Plumb I.D., Aiken J., Khanani Q.A., Auché S., Bayoumi N.S., Bennett S.A., Bernu C., Chang C., Como-Sabetti K.J., Cueto K., Cunningham S., Eddy M., Falender R.A., Fleischauer A., Frank D.M., Harrington P., Hoskins M., Howsare A., Ingaiza L.M., Islam A.S., Jensen S.A., Jones J.M., Kambach G., Kanishka F., Levin Y., Masarik J.F. 3rd, Meyer S.D., Milroy L., Morris K.J., Olmstead J., Olsen N.S., Omoike E., Patel K., Pettinger A., Pike M.A., Reed I.G., Slocum E., Sutton M., Tilakaratne B.P., Vest H., Vostok J., Wang J.S., Watson-Lewis L., Wienkes H.N., Hagen M.B., Silk B.J., Scobie H.M. Trends in laboratory-confirmed SARS-CoV-2 reinfections and associated hospitalizations and deaths among adults aged ≥18 years – 18 U.S. Jurisdictions, September 2021–December 2022. *MMWR. Morb. Mortal. Wkly. Rep.*, 2023, Vol. 72, no. 25, pp. 683-689.

11. Suleyman G., Fadel R., Patel K., Shadid A.M., Stuart H.B.C., Kattula M., Janis A., Maki M., Chao S., Alangaden G., Brar I. Outcomes associated with SARS-CoV-2 reinfection in individuals with natural and hybrid immunity. *J. Infect. Public Health*, 2023, Vol. 16, no. 8, pp. 1262-1268.
12. Thevarajan I., Nguyen T.H.O., Koutsakos M., Druce J., Caly L., van de Sandt C.E., Jia X., Nicholson S., Catton M., Cowie B., Tong S.Y.C., Lewin S.R., Kedzierska K. Breadth of concomitant immune responses prior to patient recovery: a case report of non-severe COVID-19. *Nat. Med.*, 2020, Vol. 26, no. 4, pp. 453-455.

Авторы:

Побожая И.А. — врач клинической лабораторной диагностики, заведующая лабораторией микробиологии и молекулярно-биологических методов исследования, СПб ГБУЗ «Городская больница № 40 Курортного района», Санкт-Петербург, Россия

Калинина Н.М. — д.м.н., профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела лабораторной диагностики научно-исследовательского центра ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России; профессор кафедры иммунологии ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, Россия

Макарова Н.В. — к.ф.-м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела «Медицинский регистр» ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

Authors:

Pobozhaya I.A., Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Head, Laboratory of Microbiology and Molecular Biological Research Methods, St. Petersburg City Hospital No. 40, St. Petersburg, Russian Federation

Kalinina N.M., PhD, MD (Medicine), Professor, Chief Researcher, Department of Laboratory Diagnostics, A. Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine; Professor, Department of Immunology, First St. Petersburg State I. Pavlov Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Makarova N.V., PhD (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Research Department “Medical Registry”, A. Nikiforov All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

Поступила 15.11.2024
Отправлена на доработку 19.11.2024
Принята к печати 23.03.2025

Received 15.11.2024
Revision received 19.11.2024
Accepted 23.03.2025