

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

УДК 614.44

Создание коллективного иммунитета как основная профилактическая мера при распространении новой коронавирусной инфекции (COVID-19)

А. А. Тованова

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова,
Российская Федерация, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

Для цитирования: *Тованова А. А.* Создание коллективного иммунитета как основная профилактическая мера при распространении новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 212–220.
<https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.306>

Достижение необходимого уровня коллективного иммунитета против новой коронавирусной инфекции (COVID-19) с целью защиты населения является актуальным вопросом профилактической и практической медицины по всему миру. Коллективный иммунитет является косвенным показателем защиты от заболевания COVID-19 и складывается из иммунитета лиц, входящих в определенную группу. Эпидемиологическое наблюдение за структурой, особенностями формирования и динамикой коллективного иммунитета позволит грамотно и своевременно корректировать подходы к проведению противоэпидемических мероприятий как в отдельных группах риска, в частности среди медицинских работников, так и в обществе в целом. Необходимый уровень коллективного иммунитета против новой коронавирусной инфекции может быть достигнут естественным путем после перенесенного заболевания либо искусственным путем посредством массовой иммунизации населения. На сегодняшний день вакцинация является наиболее безопасным, эффективным и экономически выгодным методом. Серологические методы исследований (выявление IgG) указывают на эффективность вакцинации, в результате которой сформировался поствакцинальный иммунитет, либо на перенесенное заболевание. Определение периода времени, при котором определяется стабильный титр антител, а также их уровень, имеет существенное значение для прогнозирования заболеваемости.

Ключевые слова: новая коронавирусная инфекция, коллективный иммунитет, вакцинация, антитела, COVID-19, IgG.

Введение

Глобальное и быстрое распространение новой коронавирусной инфекции привело к стремительному росту заболевших и нагрузке на системы здравоохранения по всему миру. Возникла потребность в разработке действенных противоэпидемических мероприятий. Главный акцент был сделан на вакцинопрофилактику и формирование коллективного иммунитета у наиболее подверженного риску заболевания контингента, а именно медицинских работников, складывающегося из лиц, перенесших заболевание и прошедших вакцинацию.

Материалы и методы

В данном обзоре освещаются вопросы создания коллективного иммунитета против COVID-19 и его структура, актуальные на данном этапе. Проведен анализ литературных источников зарубежных и отечественных авторов, исследующих особенности формирования иммунного ответа после перенесенного заболевания и вакцинации, а также аспекты сохранения коллективного иммунитета против COVID-19 за период 2020–2022 гг., в том числе оценке подлежала продолжительность сохранения антител и их уровень (IgG) с течением времени у работников медицинских учреждений.

Результаты

К основным противоэпидемическим мероприятиям при новой коронавирусной инфекции относятся действия, направленные на предотвращение распространения инфекции: раннее выявление больных и носителей, соблюдение социальной дистанции не менее 1,5 м, применение средств индивидуальной защиты, усиление санитарно-противоэпидемического режима в медицинских организациях (кратность уборки не менее 2 раз в день с применением дезинфицирующих средств по противовирусному режиму, контроль проведения дезинфекционных мероприятий и др.).

Понятие «коллективный иммунитет» было предложено в начале XX в. Популяционным (коллективным) иммунитетом называется приобретенное состояние специфической защищенности популяции или ее отдельных групп, которое складывается из иммунитета индивидуумов, входящих в эту популяцию [1].

Формирование коллективного иммунитета начинается с начала эпидемии, когда патоген проникает в популяцию, которая ранее не имела иммунитета к нему [2]. Далее уровень заболеваемости начинает снижаться благодаря уменьшению доли восприимчивого населения и организационным мерам защиты, таким как социальное дистанцирование, применение средств индивидуальной защиты. Предполагается, что популяция достигает коллективного иммунитета в пик эпидемии естественным образом. При этом порог эквивалентен уровню вакцинации, который необходимо поддерживать в популяции. При достижении данного порога снижается скорость распространения инфекции и количество заболевших лиц.

Коллективный, или популяционный, иммунитет — одно из эффективных средств предотвращения инфекционных заболеваний. Он создается посредством распространения заболевания среди населения. Тем самым формируется пласт

невосприимчивых к повторному инфицированию лиц (пассивный, естественный путь) и через иммунизацию населения (активный, искусственный путь). По мнению исследователей, нет различий в том, каким образом достигается необходимый порог: естественным путем (переболевшие COVID-19) или искусственным (лица, прошедшие курс вакцинации) [3–5].

Коллективный иммунитет, в свою очередь, имеет косвенный характер защиты. Он снижает заболеваемость и вероятность контакта с возбудителем, но восприимчивые люди по-прежнему остаются в группе риска заражения. Наличие широкой иммунной прослойки среди населения может служить эффективным фактором снижения темпов распространения возбудителя [6]. Таким образом, поддержание коллективного иммунитета искусственным путем, то есть посредством вакцинации, особенно важно для пожилых лиц, лиц, имеющих хронические заболевания, и для медицинских работников.

Ряд регионов Российской Федерации ввел понятие «ковидный паспорт» для организаций, чья деятельность предполагает работу с людьми (здравоохранение, образование, торговля, общественное питание и т. д.). Структура коллективного иммунитета против COVID-19 состоит из двух групп: лиц, прошедших курс вакцинации против новой коронавирусной инфекции, и лиц, перенесших данное заболевание в течение последних 6 месяцев.

По данным литературных источников, уровень коллективного иммунитета, при котором популяция будет эффективно сопротивляться распространению инфекции при существовании значимой доли лиц с выработанными механизмами защиты, должен составлять от 50 до 72 % [2; 7–9]. Постановлениями главных государственных санитарных врачей регионов РФ определен порог вакцинации в 80 % от общей численности сотрудников организаций [1].

Естественный иммунитет к SARS-CoV-2 формируется после перенесенного заболевания. Это приводит к быстрому и эффективному иммунному ответу, который впоследствии будет защищать организм человека. Однако наличие и продолжительность существования клеток иммунной памяти, специфичных для SARS-CoV-2, обеспечивающих надежный защитный иммунитет у лиц с перенесенной инфекцией, остается малоизученным.

Информация о длительности иммунного ответа у лиц, перенесших COVID-19, даст понимание того, будет ли приобретенный естественным путем иммунитет способствовать развитию коллективного иммунитета. Поэтому основная доля в структуре коллективного иммунитета должна приходиться на искусственный путь его формирования, то есть на активную иммунизацию.

С 18 января 2021 г. в Российской Федерации проводится массовая вакцинация населения против COVID-19. На настоящий момент в России зарегистрировано 10 вакцин для профилактики новой коронавирусной инфекции. Наиболее широкое применение и распространение получила комбинированная векторная вакцина «Гам-КОВИД-Вак». Большинство вакцин против COVID-19, таких как белковая («ЭпиВакКорона») и вирусная векторная (например, «Гам-КОВИД-Вак», «Спутник Лайт»), в первую очередь нацелены на шиповидный S-белок, в то время как традиционные инактивированные вакцины («КовиВак») нацелены на весь вирус [10]. В связи с этим возникновение вариантов SARS-CoV-2 ограничивает эффективность вакцин и естественного иммунитета, поскольку они содержат геномные

изменения, особенно в областях, кодирующих белок S, которые повышают их приспособленность по сравнению с ранее циркулировавшими штаммами.

S-белок SARS-CoV-2 является одним из четырех основных вирусных структурных белков и состоит из двух субъединиц: S1 и S2. N-концевая субъединица S1 содержит видоспецифический рецептор-связывающий домен (RBD); и большинство аминокислотных изменений, улучшающих приспособленность, которые наблюдаются в циркулирующих вариантах, обнаруживаются в этом домене. Таким образом, понимание того, как появляются эти варианты, а также их влияние на существующие вакцины, нацеленные на S-белок, может привести к разработке и появлению улучшенных составов вакцин и их схем применения, направленных на сдерживание распространения вируса [11].

С учетом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения на сегодня в России до достижения уровня коллективного иммунитета населения по эпидемическим показателям необходимо проводить вакцинацию против новой коронавирусной инфекции COVID-19 через 6 месяцев после перенесенного заболевания (в том числе у ранее вакцинированных лиц) или через 6 месяцев после предыдущей вакцинации (так называемая экстренная вакцинация).

Эффективность вакцин оценивается с помощью серологических исследований [1; 6; 9]. Лабораторные исследования на наличие специфических антител к SARS-CoV-2 — способ мониторинга распространенности и распространения вируса, а также метод массового определения уровня коллективного иммунитета [6; 12].

В начале пандемии антигенами-мишенями для серологических анализов были белок нуклеокапсида (N) и белок шипа (S). Наличие иммуноглобулина G к вирусу SARS-CoV-2 указывает на то, что человек был инфицирован и у него развился иммунный ответ либо на вирус от текущей или предшествующей инфекции, либо на формирование поствакцинального иммунитета [7; 12]. После положительных результатов ПЦР (перенесенного лабораторно подтвержденного диагноза COVID-19) серопревалентность, по данным исследований, находится на уровне от 88 до 100% [13–16]. При этом отмечается, что среди лиц с бессимптомным или легким течением сероконверсии IgG требуется больше времени, а пиковый ответ антител ниже, чем у лиц с более серьезным системным заболеванием [17; 18].

Заключение

Подавляющее большинство инфицированных SARS-CoV-2 людей сероконвертируют до 5–6 месяцев [15], а естественный иммунитет может сохраняться более 12 месяцев [19]. Наличие антител IgG против спайков или нуклеокапсида связано со значительным снижением риска повторного заражения SARS-CoV-2 в последующие 6 месяцев [20]. Реакция антител IgG со временем ослабевает [21–23], при этом сила и продолжительность реакции антител свидетельствуют о том, могут ли люди быть защищены от повторного заражения [24].

На сегодняшний день нет представления об определенном уровне IgG, защищающего от инфицирования (при контакте с различными дозами вируса) и от дальнейшей передачи инфекции. На основании анализа динамики заболеваемости людей, прошедших курс вакцинации, сделан вывод о том, что наличие антител класса IgG не является стопроцентной защитой от инфекции [25].

Анализ результатов исследования о состоянии коллективного иммунитета различных групп к SARS-CoV-2, в особенности групп риска, необходим для разработки прогноза развития эпидемиологической ситуации, а также для планирования мероприятий по профилактике COVID-19.

Выводы

Приоритетными группами для иммунизации против новой коронавирусной инфекции должны являться работники медицинских учреждений, поскольку они в процессе своей трудовой деятельности имеют контакты с потенциально инфицированными людьми; а также лица с хроническими заболеваниями, которые при инфицировании имеют риск более тяжелого течения заболевания.

Эффективность вакцинопрофилактики против COVID-19 как главного компонента структуры коллективного иммунитета будет зависеть от мутаций и стабильности структуры вируса SARS-CoV-2. Возможен исход, при котором состав вакцины будет корректироваться в зависимости от доминирующих штаммов в предстоящем сезоне (аналогично вакцинации против гриппа).

Актуальными остаются вопросы длительности сохранения иммунитета у лиц, перенесших инфекцию и привитых от него, а также уровень антител, являющийся защитным для человека и позволяющий поддерживать достаточный коллективный иммунитет.

Литература

1. Попова А. Ю., Ежлова Е. Б., Мельникова А. А., Кутырев В. В., Кожанова О. И., Черкасская Т. С., Лялина В. И., Смирнов В. С., Бугоркова С. А., Портенко С. А., Найденова Е. В., Щербакова С. А., Ломоносова В. И., Тотолян А. А. Характеристика популяционного иммунитета к SARS-Cov-2 у жителей Саратова и Саратовской области в период пандемии COVID-19 // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 4. С. 106–116.
2. Ashby B., Best A. Herdimmunity // *Curr. Biol.* 2021. Vol. 31, no. 4. P. 174–177.
3. Борисова А. А., Попова Н. Д., Кычкина А. И., Рожина А. А., Федулова А. Г. Эпидемиологические особенности динамики новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в Республике Саха (Якутия) // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2022. Т. 115, № 1–2. С. 84–87.
4. Онищенко Г. Г., Сизикова Т. Е., Лебедев В. Н., Борисевич С. В. Сравнительная характеристика вакцин против COVID-19, используемых при проведении массовой иммунизации // *БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение.* 2021. Т. 21, № 3. С. 158–166. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-3-158-166>
5. Цыганков П. В., Альникин А. Б., Кваше И. В., Шлык С. В., Харсеева Г. Г., Рябцева О. А., Тарабанова И. В. Частота выявления положительных маркеров COVID-19 у лиц с различным прививочным анамнезом // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* 2021. Т. 20, № 3. С. 4–7.
6. Попова А. Ю., Ежлова Е. Б., Мельникова А. А., Башкетова Н. С., Фридман Р. К., Лялина Л. В., Смирнов В. С., Чхинджерия И. Г., Гречанинова Т. А., Агапов К. А., Арсентьева Н. А., Баженова Н. А., Бацунов О. К., Данилова Е. М., Зуева Е. В., Комкова Д. В., Кузнецова Р. Н., Любимова Н. Е., Маркова А. Н., Хамитова И. В., Ломоносова В. И., Ветров В. В., Миличкина А. М., Дедков В. Г., Тотолян А. А. Популяционный иммунитет к SARS-Cov-2 среди населения Санкт-Петербурга в период эпидемии COVID-19 // *Проблемы особо опасных инфекций.* 2020. № 3. С. 124–130.
7. Годков М. А., Шустов В. В., Коршунов В. А., Степанов Ф. С., Баженов А. И. Формирование коллективного иммунитета к SARS-CoV-2 в популяции населения Москвы // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* 2022. Т. 21. № 1. С. 81–91. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-1-81-91>
8. Kadkhoda K. Herd Immunity to COVID-19 // *Am. J. Clin. Path.* 2021. Vol. 155, no. 4. P. 471–472.
9. Fontanet A., Cauchemez S. COVID-19 herd immunity: Where are we? // *Nat. Rev. Immunol.* 2020. Vol. 20, no. 10. P. 583–584. <https://doi.org/10.1038/s41577-020-00451-5>

10. *Mellet J., Pepper M. S.* A COVID-19 Vaccine: Big Strides Come with Big Challenges // *Vaccines* (Basel). 2021. Vol. 9, no. 1. P. 39. <https://doi.org/10.3390/vaccines9010039>
11. *Mistry P., Barmania F., Mellet J., Peta K., Strydom A., Viljoen I. M., James W., Gordon S., Pepper M. S.* SARS-CoV-2 Variants, Vaccines, and Host Immunity // *Front. Immunol.* 2022. No. 12. P. 809244. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.809244>
12. *Lea C. S., Simeonsson K., Kipp A. M., McNeill Ch., Wilcox L., Irish W., Morris H., Diaz O. M., Fallon J. T., Roper R. L.* Waning of SARS-CoV-2 Seropositivity among Healthy Young Adults over Seven Months // *Vaccines* (Basel). 2022. Vol. 10, no. 9. P. 1532. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091532>
13. *Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Пятяшина М.А., Сизова Е.П., Юзлибаева Л.Р., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Бадаמיшина Г.Г., Гончарова А.В., Арбузова Т.В., Ломоносова В.И., Тотолян А.А.* Характеристика серопревалентности к SARS-Cov-2 среди населения Республики Татарстан на фоне COVID-19 // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 2020. Т. 97, № 6. С. 518–528.
14. *Long Q. X., Liu B. Z., Deng H. J., Wu G. C., Deng K., Chen Y. K., Liao P., Qiu J. F., Lin Y., Cai X. F., Wang D. Q., Hu Y., Ren J. H., Tang N., Xu Y. Y., Yu L. H., Mo Z., Gong F., Zhang X. L., Tian W. G., Hu L., Zhang X. X., Xiang J. L., Du H. X., Liu H. W., Lang C. H., Luo X. H., Wu S. B., Cui X. P., Zhou Z., Zhu M. M., Wang J., Xue C. J., Li X. F., Wang L., Li Z. J., Wang K., Niu C. C., Yang Q. J., Tang X. J., Zhang Y., Liu X. M., Li J. J., Zhang D. C., Zhang F., Liu P., Yuan J., Li Q., Hu J. L., Chen J., Huang A. L.* Antibody responses to SARS-CoV-2 in patients with COVID-19 // *Nat. Med.* 2020. Vol. 26, no. 6. P. 845–848.
15. *Dan J. M., Mateus J., Kato Y., Hastie K. M., Yu E. D., Faliti C. E., Grifoni A., Ramirez S. I., Haupt S., Crotty Sh.* Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection // *Science.* 2021. Vol. 371, no. 6529. <https://doi.org/10.1126/science.abf4063>
16. *Pollan M., Perez-Gjmez B., Pastor-Barriuso R., Oteo J., Hernan M. A., Perez-Olmeda M., Sanmartin J. L., Fernandez-Garcia A., Cruz I., Fernandez de Larrea N., Molina M., Rodriguez-Cabrera F., Martin M., Merino-Amador P., Leon Paniagua J., Munoz-Montalvo J. F., Blanco F., Yotti R.* ENE-COVID Study Group. Prevalence of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID): A nationwide, population-based seroepidemiological study // *The Lancet.* 2020. Vol. 396, no. 10250, pp. 535–544. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31483-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31483-5)
17. *Wajnberg A., Amanat F., Firpo A., Altman D. R., Bailey M. J., Mansour M., McMahon M., Meade P., Mendu D. R., Muellers K., Stadlbauer D., Stone K., Strohmaier S., Simon V., Aberg J., Reich D. L., Krammer F., Cordon-Cardo C.* Robust neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 infection persist for months // *Science.* 2020. Vol. 370, no. 6521. P. 1227–1230. <https://doi.org/10.1126/science.abd7728>
18. *Van Elslande J., Oyaert M., Ailliet S., Van Ranst M., Lorent N., Vande Weygaerde Y., Andre E., Lagrou K., Vandendriessche S., Vermeersch P.* Longitudinal follow-up of IgG anti-nucleocapsid antibodies in SARS-CoV-2 infected patients up to eight months after infection // *J. Clin. Virol.* 2021. Vol. 136. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2021.104765>
19. *Kim P., Gordon S. M., Sheehan M. M., Rothberg M. B.* Duration of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Natural Immunity and Protection against the Delta Variant: A Retrospective Cohort Study // *Clinical Infectious Diseases.* 2022. Vol. 75, no. 1. P. e185–e190. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab999>
20. *Lumley S. F., O'Donnell D., Stoesser N. E., Matthews P. C., Howarth A., Hatch S. B., Marsden B. D., Cox S., James T., Warren F., Peck L. J., Ritter T. G., de Toledo Z., Warren L., Axten D., Cornall R. J., Jones E. Y., Stuart D. I., Screaton G., Ebner D., Hoosdally S., Chand M., Crook D. W., O'Donnell A. M., Conlon C. P., Pouwels K. B., Walker A. S., Peto T. E. A., Hopkins S., Walker T. M., Jeffery K., Eyre D. W.* Oxford University Hospitals Staff Testing Group. Antibody Status and Incidence of SARS-CoV-2 Infection in Health Care Workers // *N. Engl. J. Med.* 2021. Vol. 384, no. 6. P. 533–540. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034545>
21. *Ibarrondo F. J., Fulcher J. A., Goodman-Meza D., Elliott J., Hofmann C., Hausner M. A., Ferbas K. G., Tobin N. H., Aldrovandi G. M., Yang O. O.* Rapid Decay of Anti-SARS-CoV-2 Antibodies in Persons with Mild COVID-19 // *N. Engl. J. Med.* 2020. Vol. 383, no. 11. P. 1085–1087. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2025179>
22. *Lea C. S., Simeonsson K., Kipp A. M., McNeill C., Wilcox L., Irish W., Morris H., Diaz O. M., Fallon J. T., Roper R. L.* Waning of SARS-CoV-2 Seropositivity among Healthy Young Adults over Seven Months // *Vaccines* (Basel). 2022. Vol. 10, no. 9. P. 1532. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091532>
23. *Patel M. M., Thornburg N. J., Stubblefield W. B., Talbot H. K., Coughlin M. M., Feldstein L. R., Self W. H.* Change in Antibodies to SARS-CoV-2 over 60 Days among Health Care Personnel in Nashville, Tennessee // *JAMA.* 2020. Vol. 324, no. 17. P. 1781–1782. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.18796>
24. *Wajnberg A., Mansour M., Leven E., Bouvier N. M., Patel G., Firpo-Betancourt A., Mendu R., Jhang J., Arinsburg S., Gitman M., Houldsworth J., Sordillo E., Paniz-Mondolfi A., Baine I., Simon V., Aberg J.,*

Krammer F., Reich D., Cordon-Cardo C. Humoral response and PCR positivity in patients with COVID-19 in the New York City region, USA: An observational study // *Lancet Microbe*. 2020. Vol. 1, no. 7. P.E283–E289. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30120-8](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30120-8)

25. Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shcheblyakov D. V., Tukhvatulin A. I., Zubkova O. V., Dzharullaeva A. S., Kovyrshina A. V., Lubenets N. L., Grousova D. M., Erokhova A. S., Botikov A. G., Izhaeva F. M., Popova O., Ozharovskaya T. A., Esmagametov I. B., Favorskaya I. A., Zrelkin D. I., Voronina D. V., Shcherbinin D. N., Semikhin A. S., Simakova Y. V., Tokarskaya E. A., Egorova D. A., Shmarov M. M., Nikitenko N. A., Gushchin V. A., Smolyarchuk E. A., Zyryanov S. K., Borisevich S. V., Naroditsky B. S., Gintsburg A. L. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: An interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia // *The Lancet*. 2021. Vol. 397, no. 10275. P.671–681. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00234-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00234-8)

Статья поступила в редакцию 19 октября 2022 г.;
рекомендована к печати 7 ноября 2022 г.

Контактная информация:

Тованова Анна Александровна — ассистент; ann.tovan@bk.ru

Creation of collective immune as the main preventive measure for the spread of the new coronavirus infection (COVID-19)

A. A. Tovanova

I. I. Mechnikov North-Western State Medical University,
41, ul. Kirochnaya, St Petersburg, 191015, Russian Federation

For citation: Tovanova A. A. Creation of collective immune as the main preventive measure for the spread of the new coronavirus infection (COVID-19). *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*, 2022, vol. 17, issue 3, pp. 212–220. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.306> (In Russian)

Achieving the required level of herd immunity against a new coronavirus infection (COVID-19) in order to protect the population is an urgent issue in preventive and practical medicine around the world. Herd immunity is an indirect indicator of protection against COVID-19 disease and is made up of the immunity of individuals in a particular group. Epidemiological monitoring of the structure, formation, and dynamics of herd immunity will make it possible to correctly and timely adjust approaches to anti-epidemic measures, both in individual risk groups, in particular among medical workers, and in society as a whole. The required level of herd immunity against a new coronavirus infection can be achieved naturally, after a disease, or artificially, through mass immunization of the population. To date, vaccination is the safest, most effective, and most cost-effective method. Serological research methods (detection of IgG) indicate the effectiveness of vaccination — the formation of post-vaccination immunity or a past disease. Determining the period of time at which a stable antibody titer is determined, as well as their level, is essential for predicting morbidity.

Keywords: novel coronavirus infection, herd immunity, vaccination, antibodies, COVID-19, IgG.

References

1. Popova A. Yu., Ezhlova E. B., Melnikova A. A., Kutyrev V. V., Kozhanova O. I., Cherkasskaya T. S., Lyalina V. I., Smirnov V. S., Bugorkova S. A., Portenko S. A., Naydenova E. V., Shcherbakova S. A., Lomonosova V. I., Totolyan A. A. Characteristics of population immunity to SARS-COV-2 in residents

- of Saratov and the Saratov region during the COVID-19 epidemic. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2020, no. 4, pp. 106–116. (In Russian)
2. Ashby B. Best A. Herd immunity. *Curr. Biol.*, 2021, vol. 31, no. 4, pp. 174–177.
 3. Borisova A. A., Popova N. D., Kychkina A. I., Rozhina A. A., Fedulova A. G. Epidemiological features of the dynamics of a new coronavirus infection (COVID-19) in the Republic of Sakha (Yakutia). *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2022, vol. 1, no. 2, pp. 84–87. (In Russian)
 4. Onishchenko G. G., Sizikova T. E., Lebedev V. N., Borisevich S. V. Comparative characteristics of vaccines against COVID-19 used in mass immunization. *BIOpreparaty. Profilaktika, diagnostika, lechenie*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 158–166. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-3-158-166> (In Russian)
 5. Tsygankov P., Alnikin A. B., Kvashe I. V., Shlyk S. V., Kharseeva G. G., Ryabtseva O. A., Tarabanova I. V. The frequency of detection of positive markers of COVID-19 in individuals with different vaccination history. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2021, vol. 20, no. 3, pp. 4–7. (In Russian)
 6. Popova A. Iu., Ezhlova E. B., Mel'nikova A. A., Bashketova N. S., Fridman R. K., Lialina L. V., Smirnov V. S., Chkhindzheriia I. G., Grechaninova T. A., Agapov K. A., Arsent'eva N. A., Bazhenova N. A., Batsunov O. K., Danilova E. M., Zueva E. V., Komkova D. V., Kuznetsova R. N., Liubimova N. E., Markova A. N., Khamitova I. V., Lomonosova V. I., Vetrov V. V., Milichkina A. M., Dedkov V. G., Totolian A. A. Population immunity to SARS-CoV-2 among the population of St Petersburg during the COVID-19 epidemic. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2020, no. 3, pp. 124–130. (In Russian)
 7. Godkov M. A., Shustov V. V., Korshunov V. A., Stepanov F. S., Bazhenov A. I. Formation of herd immunity to SARS-CoV-2 in the Moscow population. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2022, vol. 21, no. 1, pp. 81–91. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-1-81-91> (In Russian)
 8. Kadkhoda K. Herd Immunity to COVID-19. *Am. J. Clin. Path.*, 2021, vol. 155, no. 4, pp. 471–472.
 9. Fontanet A., Cauchemez S. COVID-19 herd immunity: Where are we? *Nat. Rev. Immunol.*, 2020, vol. 20, no. 10, pp. 583–584. <https://doi.org/10.1038/s41577-020-00451-5>
 10. Mellet J., Pepper M. S. A COVID-19 Vaccine: Big Strides Come with Big Challenges. *Vaccines (Basel)*, 2021, vol. 9, no. 1, p. 39. <https://doi.org/10.3390/vaccines9010039>
 11. Mistry P., Barmania F., Mellet J., Peta K., Strydom A., Viljoen I. M., James W., Gordon S., Pepper M. S. SARS-CoV-2 Variants, Vaccines, and Host Immunity. *Front. Immunol.*, 2022, no. 12, p. 809244. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.809244>
 12. Lea C. S., Simeonsson K., Kipp A. M., McNeill Ch., Wilcox L., Irish W., Morris H., Diaz O. M., Fallon J. T., Roper R. L. Waning of SARS-CoV-2 Seropositivity among Healthy Young Adults over Seven Months. *Vaccines (Basel)*, 2022, vol. 10, no. 9, p. 1532. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091532>
 13. Popova A. Y., Ezhlova E. B., Melnikova A. A., Patyashina M. A., Sizova E. P., Uzlibaeva L. R., Lyalina L. V., Smirnov V. S., Badamshina G. G., Goncharova A. V., Arbusova T. V., Lomonosova V. I., Totolyan A. A. Distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence among residents of the Republic of Tatarstan during the COVID-19 epidemic period. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2020, vol. 97, no. 6, pp. 518–528. (In Russian)
 14. Long Q. X., Liu B. Z., Deng H. J., Wu G. C., Deng K., Chen Y. K., Liao P., Qiu J. F., Lin Y., Cai X. F., Wang D. Q., Hu Y., Ren J. H., Tang N., Xu Y. Y., Yu L. H., Mo Z., Gong F., Zhang X. L., Tian W. G., Hu L., Zhang X. X., Xiang J. L., Du H. X., Liu H. W., Lang C. H., Luo X. H., Wu S. B., Cui X. P., Zhou Z., Zhu M. M., Wang J., Xue C. J., Li X. F., Wang L., Li Z. J., Wang K., Niu C. C., Yang Q. J., Tang X. J., Zhang Y., Liu X. M., Li J. J., Zhang D. C., Zhang F., Liu P., Yuan J., Li Q., Hu J. L., Chen J., Huang A. L. Antibody responses to SARS-CoV-2 in patients with COVID-19. *Nat. Med.*, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 845–848.
 15. Dan J. M., Mateus J., Kato Y., Hastie K. M., Yu E. D., Faliti C. E., Grifoni A., Ramirez S. I., Haupt S., Crotty Sh. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. *Science*, 2021, vol. 371, no. 6529. <https://doi.org/10.1126/science.abf4063>
 16. Pollan M., Perez-Gjmeo B., Pastor-Barruso R., Oteo J., Hernan M. A., Perez-Olmeda M., Sanmartin J. L., Fernandez-Garcia A., Cruz I., Fernandez de Larrea N., Molina M., Rodriguez-Cabrera F., Martin M., Merino-Amador P., Leon Paniagua J., Munoz-Montalvo J. F., Blanco F., Yotti R. ENE-COVID Study Group. Prevalence of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID): A nationwide, population-based seroepidemiological study. *The Lancet*, 2020, vol. 396, no. 10250, pp. 535–544. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31483-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31483-5)
 17. Wajnbarg A., Amanat F., Firpo A., Altman D. R., Bailey M. J., Mansour M., McMahon M., Meade P., Mendu D. R., Muellers K., Stadlbauer D., Stone K., Strohmeier S., Simon V., Aberg J., Reich D. L., Krammer F., Cordon-Cardo C. Robust neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 infection persist for months. *Science*, 2020, vol. 370, no. 6521, pp. 1227–1230. <https://doi.org/10.1126/science.abd7728>

18. Van Elslande J., Oyaert M., Ailliet S., Van Ranst M., Lorent N., Vande Weygaerde Y., Andre E., Lagrou K., Vandendriessche S., Vermeersch P. Longitudinal follow-up of IgG anti-nucleocapsid antibodies in SARS-CoV-2 infected patients up to eight months after infection. *J. Clin. Virol.*, 2021, vol. 136. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2021.104765>
19. Kim P., Gordon S. M., Sheehan M. M., Rothberg M. B. Duration of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Natural Immunity and Protection against the Delta Variant: A Retrospective Cohort Study. *Clinical Infectious Diseases*, 2022, vol. 75, no. 1, pp. e185–e190. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab999>
20. Lumley S. F., O'Donnell D., Stoesser N. E., Matthews P. C., Howarth A., Hatch S. B., Marsden B. D., Cox S., James T., Warren F., Peck L. J., Ritter T. G., de Toledo Z., Warren L., Axten D., Cornall R. J., Jones E. Y., Stuart D. I., Screaton G., Ebner D., Hoosdally S., Chand M., Crook D. W., O'Donnell A. M., Conlon C. P., Pouwels K. B., Walker A. S., Peto T. E. A., Hopkins S., Walker T. M., Jeffery K., Eyre D. W. Oxford University Hospitals Staff Testing Group. Antibody Status and Incidence of SARS-CoV-2 Infection in Health Care Workers. *N. Engl. J. Med.*, 2021, vol. 384, no. 6, pp. 533–540. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034545>
21. Ibarrondo F. J., Fulcher J. A., Goodman-Meza D., Elliott J., Hofmann C., Hausner M. A., Ferbas K. G., Tobin N. H., Aldrovandi G. M., Yang O. O. Rapid Decay of Anti-SARS-CoV-2 Antibodies in Persons with Mild COVID-19. *N. Engl. J. Med.*, 2020, vol. 383, no. 11, pp. 1085–1087. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2025179>
22. Lea C. S., Simeonsson K., Kipp A. M., McNeill C., Wilcox L., Irish W., Morris H., Diaz O. M., Fallon J. T., Roper R. L. Waning of SARS-CoV-2 Seropositivity among Healthy Young Adults over Seven Months. *Vaccines (Basel)*, 2022, vol. 10, no. 9, p. 1532. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091532>
23. Patel M. M., Thornburg N. J., Stubblefield W. B., Talbot H. K., Coughlin M. M., Feldstein L. R., Self W. H. Change in Antibodies to SARS-CoV-2 over 60 Days among Health Care Personnel in Nashville, Tennessee. *JAMA*, 2020, vol. 324, no. 17, pp. 1781–1782. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.18796>
24. Wajnberg A., Mansour M., Leven E., Bouvier N. M., Patel G., Firpo-Betancourt A., Mendu R., Jhang J., Arinsburg S., Gitman M., Houldsworth J., Sordillo E., Paniz-Mondolfi A., Baine I., Simon V., Abberg J., Krammer F., Reich D., Cordon-Cardo C. Humoral response and PCR positivity in patients with COVID-19 in the New York City region, USA: An observational study. *Lancet Microbe*, 2020, vol. 1, no. 7, pp. E283–E289. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30120-8](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30120-8)
25. Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shchepochalov D. V., Tukhvatulin A. I., Zubkova O. V., Dzharullayeva A. S., Kovyrshina A. V., Lubenets N. L., Grousova D. M., Erokhova A. S., Botikov A. G., Izhaeva F. M., Popova O., Ozharovskaya T. A., Esmagambetov I. B., Favorskaya I. A., Zrelkin D. I., Voronina D. V., Shcherbinin D. N., Semikhin A. S., Simakova Y. V., Tokarskaya E. A., Egorova D. A., Shmarov M. M., Nikitenko N. A., Gushchin V. A., Smolyarchuk E. A., Zyryanov S. K., Borisevich S. V., Naroditsky B. S., Gintsburg A. L. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia. *The Lancet*, 2021, vol. 397, no. 10275, pp. 671–681. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00234-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00234-8)

Received: October 19, 2022
Accepted: November 7, 2022

Author's information:

Anna A. Tovanova — Assistant; ann.tovan@bk.ru