medRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.09.20033217. The copyright holder for this preprint (which was not peer-reviewed) is the author/funder, who has granted medRxiv a license to display the preprint in perpetuity.
This article is a US Government work. It is not subject to copyright under 17 USC 105 and is also made available for use under a CC0 license.

Устойчивость HCoV-19 (SARS-CoV-2) в аэрозолях и на поверхностях в сравнении с SARS-CoV-1

Краткий список авторов: Neeltje van Doremalen (1), James O. Lloyd-Smith (3.5), Vincent J. Munster (1)

Полный список авторов: Neeltje van Doremalen (1)*, Trenton Bushmaker (1)*, Dylan H. Morris (2)*, Myndi G. Holbrook (1), Amandine Gamble (3), Brandi N. Williamson (1), Azaibi Tamin (4), Jennifer L. Harcourt (4), Natalie J. Thornburg (4), Susan I. Gerber (4), James O. Lloyd-Smith (3,5), Emmie de Wit (1), Vincent J. Munster (1)

1. Laboratory of Virology, Division of Intramural Research, National Institute of Allergy and Infectious Diseases, National Institutes of Health, Hamilton, MT, USA

2. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, NJ, USA

3. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Los Angeles, Los Angeles, CA, USA

4. Division of Viral Diseases, National Center for Immunization and Respiratory Diseases, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA.

5. Fogarty International Center, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA

*Указанные авторы внесли в эту статью равный вклад.

Редактору:

Новый коронавирус человека, сейчас названный SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, «коронавирус-2 тяжёлого острого респираторного синдрома», ТОРС, указанный здесь как HCoV-19), появившийся в конце 2019 года в г. Ухань, Китай, сейчас вызывает пандемию (1). В этой статье мы анализируем устойчивость HCoV-19 в аэрозолях и на поверхностях, и сравниваем её с аналогичными показателями SARS-CoV-1, наиболее близкородственного к нему коронавирусу человека (2). Мы оценили устойчивость HCoV-19 и SARS-CoV-1 в аэрозолях и на различных поверхностях, и оценили их скорость распада про помощи Байесовской регрессионной модели (см. Дополнительное Приложение). Приведены средние значения 3 экспериментальных измерений.

В течение нашего эксперимента (3 часа) HCoV-19 оставался жизнеспособен в аэрозолях, со снижением инфекционного титра с $10^{3,5}$ до $10^{2.7}$ ТЦД$_{50}$/л, сходным со снижением, наблюдаемым для SARS-CoV-1, с $10^{4,3}$ to $10^{3,5}$ ТЦД$_{50}$/мл (Рис. 1A).

medRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.09.20033217. The copyright holder for this preprint (which was not peer-reviewed) is the author/funder, who has granted medRxiv a license to display the preprint in perpetuity.
This article is a US Government work. It is not subject to copyright under 17 USC 105 and is also made available for use under a CC0 license.

HCoV-19 был наиболее стабилен на пластике и нержавеющей стали. Жизнеспособный вирус обнаруживается вплоть до 72 часов после нанесения (Рис. 1A), хотя и его количество значительно уменьшилось (на пластике – с $10^{3,7}$ до $10^{0,6}$ ТЦД$_{50}$/мл через 72 часа, на нержавеющей стали – с $10^{3,7}$ до $10^{0,6}$ ТЦД$_{50}$/мл через 48 часов). SARS-CoV-1 имел сходную динамику устойчивости (на полипропилене – с $10^{3,4}$ до $10^{0,7}$ ТЦД$_{50}$/мл через 72 часа, на нержавеющей стали – с $10^{3,6}$ до $10^{0,6}$ через 48 часов. Не было обнаружено жизнеспособных вирусов на меди через 4 часа для HCoV-19 и через 8 часов для SARS-CoV-1, а также на картоне через 24 часа для HCoV-19 и через 8 часов для SARS-CoV-1 (Рис. 1A).

Оба вируса показали экспоненциальный спад в титре вируса во всех экспериментальных состояниях, как показывает линейное уменьшение в $\log_{10}$ТЦД$_{50}$/мл в течение времени (Рис. 1B). HCoV-19 и SARS-CoV-1 показывают идентичный период полужизни в аэрозолях, с медианной оценкой в 1,1-1,2 часа, и 95% доверительный интервал Байеса в [0,64, 2,64] часа для HCoV-19, и [0,78, 2,43] часа для SARS-CoV-1 (Рис. 1C, Таблица S1). Периоды полужизни обоих вирусов на медной поверхности также были идентичны. На картонной поверхности HCoV-19 показал значительно более долгий период полужизни, чем SARS-CoV-1. Оба вируса показали наиболее долгую жизнеспособность на нержавеющей стали и пластике: средняя оценка периода полужизни HCoV-19 – примерно 5,6 часов на стали и 6,8 часов на пластике (Рис. 1C, Таблица S1). Различия в периоде полужизни между двумя вирусами оцениваются как незначительные, за исключением картонной поверхности (Рис. 1C, Таблица S1). В повторяющихся данных при эксперименте с картоном было значительно больше помех, чем для других поверхностей (Рис. S1–S5), так что мы рекомендуем интерпретировать эти результаты с осторожностью.

Наши выводы показывают, что в экспериментальных условиях HCoV-19 и SARS-CoV-1 обладают сходной устойчивостью. Это означает, что различия в эпидемиологии этих вирусов, скорее всего, зависят от других факторов, включая высокую вирусную нагрузку на верхние дыхательные пути, а также потенциальное распространение вируса заражёнными HCoV-19 в бессимптомный период (3, 4). Наши результаты показывают, что распространение HCoV-19 воздушно-капельным и бытовым (через предметы) путём возможно, поскольку вирус может оставаться жизнеспособным и заразным в аэрозолях до нескольких часов, а на поверхностях – вплоть до нескольких дней. Это согласуется с результатами экспериментов с SARS-CoV-1, в которых эти пути распространения были связаны с внутрибольничным распространением и супер-распространением (5), и предлагает рекомендации мер по смягчению последствий пандемии.

Литература

1. Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports. 2020. (Accessed 26th of February 2020, at

https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/.)

2. Wu A, Peng Y, Huang B, et al. Genome Composition and Divergence of the Novel Coronavirus (2019-nCoV) Originating in China. Cell Host Microbe 2020.

medRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.09.20033217. The copyright holder for this preprint (which was not peer-reviewed) is the author/funder, who has granted medRxiv a license to display the preprint in perpetuity.
This article is a US Government work. It is not subject to copyright under 17 USC 105 and is also made available for use under a CC0 license.

3. Bai Y, Yao L, Wei T, et al. Presumed Asymptomatic Carrier Transmission of COVID-19. JAMA 2020.

4. Zou L, Ruan F, Huang M, et al. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. N Engl J Med 2020.

5. Chen YC, Huang LM, Chan CC, et al. SARS in hospital emergency room. Emerg Infect Dis 2004;10:782-8.

Рисунок 1. Жизнеспособность SARS-CoV-1 и HCoV-19 в аэрозолях и на различных поверхностях. A) SARS-CoV и HCoV-19 были распылены во вращающийся барабан, и поддерживались при температуре 21-23°C и относительной влажности воздуха 65% в течение 3 (трёх) часов. Жизнеспособный титр вируса измеряется в ТЦД$_{50}$/л воздуха. В эксперименте с поверхностями вирусы были нанесены на медь, картон, сталь и пластик и поддерживались при температуре 21-23°C и относительной влажности воздуха 40% в течение 7 (семи) дней. Жизнеспособный титр вируса измеряется в ТЦД$_{50}$/мл. Все образцы были измерены титрованием до конечной точки на линии клеток Vero E6. Кривые показывают средние и стандартные погрешности в течение трёх воспроизведений. B) Графики регрессии показывают спрогнозированное уменьшение титра вируса в течение времени; кривая титра расположена на логарифмической шкале. Точки показывают замеры титра и слегка рассинхронизированы вдоль оси времени, во избежание наложения. Линии являются случайными линиями объединённого постериорного распределения значений экспоненциального спада (отрицательная сторона кривой) и пересечений (исходный титр вируса), показывая, таким образом, диапазон вероятных схем спада для каждого экспериментального состояния. На каждой секции по 150 линий: 50 линий от каждого повтора кривой. C) Кривые показывают апостериорное распределение полужизни жизнеспособного вируса, на основании вычислений экспоненциальной скорости распада титра вируса. Точка показывает оценку медианы апостериорного распределения. Чёрная линия показывает 95% доверительный интервал Байеса. Экспериментальные условия расположены в порядке медианы апостериорного распределения для HCoV-19. Пунктирная линия показывает предел обнаружения, $3{,}33 \times 10^{0.5}$ ТЦД50/л воздуха для аэрозолей, $10^{0.5}$ ТЦД$_{50}$/мл для пластика, стали и картона, и $10^{1.5}$ ТЦД$_{50}$/мл для меди.