

ПЕРСИСТЕНЦИЯ КОРОНАВИРУСА SARS-COV-2 В ТЕЛАХ УМЕРШИХ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИНФИЦИРОВАНИЯ

А. И. Щеголев^{1,2}✉, У. Н. Туманова¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени В. И. Кулакова, Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Представлен анализ данных литературы о времени сохранения SARS-CoV-2 в телах умерших, путях заражения от трупов больных с COVID-19 и необходимых способах защиты от такого заражения. Показано, что для SARS-CoV-2 характерен достаточно длительный период персистенции в тканях и жидкостях тел умерших больных с COVID-19, а также на различных поверхностях, при этом наиболее долго вирус сохраняется на стальных и пластиковых изделиях, находившихся в соприкосновении с трупом. Согласно проанализированным данным, вскрытие тел умерших больных с COVID-19 должно проходить только в специально перепрофилированных отделениях с обязательным соблюдением мер, обеспечивающих биологическую безопасность, сотрудники патологоанатомических отделений и бюро судебно-медицинской экспертизы обязаны соблюдать при этом меры индивидуальной и коллективной защиты.

Ключевые слова: COVID-19, SARS-CoV-2, персистенция, труп, аутопсия, меры защиты

Вклад авторов: А. И. Щеголев — дизайн обзора, поиск и анализ данных литературы, редактирование текста; У. Н. Туманова — поиск и анализ данных литературы, написание текста.

✉ **Для корреспонденции:** Александр Иванович Щеголев
ул. Академика Опарина, д. 4, г. Москва, 117485; patan777@gmail.com

Статья получена: 31.05.2021 **Статья принята к печати:** 14.06.2021 **Опубликована онлайн:** 18.06.2021

DOI: 10.24075/vrgmu.2021.029

PERSISTENCE OF SARS-COV-2 IN DECEASED PATIENTS AND SAFE HANDLING OF INFECTED BODIES

Shchegolev AI^{1,2}✉, Tumanova UN¹

¹ Kulakov National Medical Research Centre of Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

This article analyzes the literature on SARS-CoV-2 persistence in the corpses of patients infected with COVID-19, possible routes of viral transmission from the bodies and biosafety measures to prevent the spread of the infection. SARS-CoV-2 persists for quite long in the tissues and bodily fluids of decedents with COVID-19 and on various surfaces. The longest viability of the virus is on stainless steel and plastic surfaces that come in contact with the infected body. Autopsies on decedents with COVID-19 must be performed at specially conditioned facilities. Medical and forensic pathologists and other mortuary workers must adhere to stringent biosafety requirements.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, persistence, corpse, autopsy, biosafety

Author contribution: Shchegolev AI designed the study, searched and analyzed the literature and wrote the manuscript; Tumanova UN searched and analyzed the literature and wrote the manuscript.

✉ **Correspondence should be addressed:** Alexander I. Shchegolev
Akademika Oparina, 4, Moscow, 117485; patan777@gmail.com

Received: 31.05.2021 **Accepted:** 14.06.2021 **Published online:** 18.06.2021

DOI: 10.24075/brsmu.2021.029

Коронавирусная инфекция 2019 г. (2019-nCoV, или COVID-19, от англ. *coronavirus disease* 2019) впервые была официально зарегистрирована в декабре 2019 г. в китайском городе Ухань, а в августе 2020 г. она распространилась уже в 213 странах [1]. На 1 января и 1 мая 2021 г. COVID-19 была диагностирована соответственно у 84 092 619 и 152 196 159 жителей планеты [2].

В целом около 20% инфицированных SARS-CoV-2 были госпитализированы, примерно 20% из них требовалось проведение интенсивной терапии [3]. Среди тех, кто нуждался в интенсивной терапии, 50–80% погибли, что соответствует 2–4% смертности в странах с хорошими ресурсами системами здравоохранения. При этом показатели летальности в различных странах мира варьировали от 0,1 до 14% в мае и от 1,5 до 14% июля 2020 г. [1]. На 1 мая 2021 г. общее число умерших с COVID-19 достигло 3 192 763 [2]. При этом очевидно, что как медицинскому персоналу, так и родственникам, в той или иной степени приходится контактировать с телами умерших от COVID-19.

Одной из актуальных проблем на сегодняшний день является выяснение особенностей заражения от тел умерших больных с COVID-19.

Пути передачи инфекции от трупа

Инфекционные болезни, в том числе и особо опасные с высокой степенью летальности, возникали на протяжении всей истории человечества. Тела погибших больных всегда считали потенциальными источниками заражения и при обращении с ними соблюдали дополнительные меры противоинфекционной защиты [4].

Так, при непосредственном контакте с пораженной кожей трупа или загрязненными предметами могут передаваться инфекции кожи и слизистых оболочек, вызванные в основном двумя бактериями: *Streptococcus pyogenes* (группа А) и метициллинрезистентным *Staphylococcus aureus* (MRSA). При контактировании с фекалиями или загрязненными ими предметами во время обработки трупов существует риск фекально-оральной передачи микроорганизмов, наиболее грозными из которых являются *Salmonella typhi*, вызывающая брюшной тиф, и *Hepatitis A* как причина вирусного гепатита А.

Воздушный путь попадания в дыхательные пути характерен в частности для *Mycobacterium tuberculosis*, вызывающей туберкулез, вследствие чего сотрудники,

работающие в прозектурах и моргах, относятся к категории высокого риска заражения туберкулезом [5]. Повышенный риск заболевания туберкулезом среди работников, контактирующих с трупами, был документирован, в частности, при помощи туберкулинового кожного теста [6]. Примечательно, что используемый для фиксации образцов тканей формалин является туберкулоцидным.

При контакте с кровью и другими биологическими жидкостями, в том числе при ранениях кожи, возможна передача вирусов гепатита В и С (*Hepacivirus B* и *C*), а также вируса иммунодефицита человека, или ВИЧ (*human immunodeficiency virus*), вызывающего синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД) [4]. Жизнеспособный ВИЧ был выделен из фрагментов костей, селезенки, головного и костного мозга, лимфатических узлов больного СПИД при аутопсии через 6 дней после смерти [7]. Более того, его выявляли в плевральной и перикардиальной жидкостях, а также в крови умерших пациентов после сохранения их тел при температуре 2 °С в течение 16,5 дней после смерти [8]. При прямом контакте с инфицированными жидкостями организма, такими как кровь, слюна, пот, моча, могут передаваться и эндемичные для Африки вирусы Эбола (*Ebolavirus*), Марбург (*Marburgvirus*) и лихорадки Ласса (*Lassa marmarenavirus*), вызывающие вирусную геморрагическую лихорадку.

Вопрос о необходимости проведения аутопсии тела больного, умершего от инфекционного заболевания, всегда решался с учетом конкретного инфекционного агента, возможности безопасного проведения вскрытия и существующей общей политики в отношении проведения вскрытий тел умерших.

Так, в СССР трупы людей, умерших, от особо опасных инфекций, подлежали обязательному патологоанатомическому вскрытию, а органы — гистологическому, бактериологическому (вирусологическому) исследованию [9]. Однако в этой же инструкции отмечено, что трупы умерших от сибирской язвы (все формы), когда диагноз прижизненно подтвержден бактериологически, вскрытию не подвергаются. Современный порядок проведения аутопсий указывает на обязательное проведение патологоанатомического вскрытия в случае смерти от инфекционного заболевания или подозрения на него [10].

SARS-CoV-2 при аутопсии

Вирус SARS-CoV-2 относят ко II группе патогенности, т. е. к возбудителям высококонтагиозных эпидемических заболеваний человека. Соответственно в Российской Федерации во всех случаях смерти больных с COVID-19 необходимо проводить патологоанатомические вскрытия.

Наряду с этим, у ряда исследователей в разных странах существовало мнение о нецелесообразности проведения вскрытий тел больных, инфицированных SARS-CoV-2. Так, польские судебно-медицинские эксперты утверждали, что в случае смерти, вызванной подтвержденной SARS-CoV-2-инфекцией, нет медицинских показаний для проведения посмертного исследования [11]. По мнению итальянских ученых, вскрытия должны быть ограничены высоко мотивированными случаями, но какие именно это случаи и критерии их мотивации, авторы не уточнили [12].

Примечательно, что в Китае, где впервые были зарегистрированы случаи COVID-19, вскрытия тел умерших обычно не проводят, как их не проводили у скончавшихся от этой инфекции и в первое время после

вспышки данного заболевания. Позже вскрытия умерших от COVID-19 больных были разрешены при обязательном соблюдении правил биобезопасности. Однако учреждений, предназначенных для проведения вскрытий и отвечающих таким требованиям, было явно недостаточно, в том числе в Ухане [13].

В Италии, где весной 2020 г. был отмечен значительный рост числа больных с COVID-19, 1 апреля 2020 г. был опубликован официальный документ Министерства здравоохранения Италии [14], рекомендующий избегать проведения вскрытий или посмертных диагностических исследований в случаях смерти больных с COVID-19.

Институт имени Роберта Коха, являющийся одним из центральных научно-исследовательских учреждений Германии, в начальной фазе пандемии тоже рекомендовал не проводить вскрытия тел умерших больных с COVID-19, в результате чего их проводили только в некоторых регионах страны [15]. Однако в Гамбурге, втором по величине городе Германии с населением 1,8 млн, наоборот, с самого начала пандемии было организовано проведение полноценных вскрытий всех умерших больных с COVID-19 [15].

Тем не менее, несмотря на различные точки зрения и существующие положения о проведении вскрытий, одним из основных доводов о важности вскрытия стала необходимость точного определения причины смерти, в частности, смерть наступила от COVID-19 или смерть произошла от других заболеваний при COVID-19 как сопутствующей патологии. К тому же, именно на основании патологоанатомических вскрытий и комплексного морфологического исследования органов и тканей были получены основные сведения о морфогенезе и органопатологии COVID-19.

Так, к настоящему времени четко установлено, что возбудителем COVID-19 является SARS-CoV-2, идентифицированный как седьмой тип коронавируса, способный заражать человека [16]. Данный вирус относится к оболочечным одноцепочечным РНК-вирусам (в частности, к β -типу коронавирусов), характеризуется самым большим из известных геномов и при электронно-микроскопическом исследовании вирус выглядит в виде короны.

Как и другие типы коронавирусов SARS-CoV-2 представлен четырьмя основными структурами: шипиками (S), мембраной (M), оболочкой (E) и нуклеокапсидом (N). Установлено, что белок S участвует в процессах прикрепления и проникновения вируса в клетки-мишени. При SARS-CoV-2 С-концевой домен белка S связывается с рецептором человеческого ангиотензинпревращающего фермента 2 (АПФ2, hACE2), присутствующим на поверхности клеток, в результате чего происходит слияние вирусной и плазматической мембран, эндоцитоз и соответственно инфицирование клетки [17].

Подобный механизм аналогичен действию SARS-CoV, однако, по данным электронной микроскопии, у SARS-CoV-2 белок S характеризуется в 10–20 раз более высоким сродством связывания с АПФ2 [18], что, видимо, и определяет более высокую трансмиссивность нового вируса.

На основании выявления локализации и экспрессии рецепторов АПФ2 было проведено определение потенциальных путей проникновения и мест поражения SARS-CoV-2 [19]. Белок АПФ2 выявлен в легких (в частности, в альвеолоцитах II типа), сердце (кардиомиоцитах), почках (эпителии проксимальных канальцев), пищеводе,

подвздошной кишке (эпителии), мочевом пузыре (эпителии), а также в лимфатических узлах, тимусе, костном мозге, селезенке, печени и головном мозге [20]. Рецепторы АПФ2 были также идентифицированы в кератиноцитах, фибробластах, эндотелиальных клетках, остеобластах, остеокластах.

Соответственно, проведение патологоанатомических вскрытий с последующим иммуногистохимическим и молекулярно-биологическим анализом позволило не только выявить основные морфологические изменения органов и тканей и сопоставить их с локализацией SARS-CoV-2 и его рецепторов, но и определить время сохранения РНК вируса в тканях после смерти больного.

О достаточно длительной жизнеспособности коронавирусов в различных органах умерших пациентов сообщалось еще в 2007 г. [21]. На основании сравнительного анализа вирусной нагрузки путем определения соотношения РНК SARS-CoV/GAPDH во внутренних органах семи пациентов, умерших от тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), наиболее высокие значения, равные или превышающие единицу, были выявлены в ткани легких и тонкой кишки, тогда как в образцах ткани сердца, печени, селезенки и почек значения были меньше единицы. При этом промежуток времени от констатации смерти до взятия материала для ПЦР исследования составил 90–180 ч. К сожалению, авторам не удалось выяснить, насколько вирус был вирулентным [21].

SARS-CoV-2 и после смерти присутствовал в различных органах и тканях пациентов, имевших положительные мазки при жизни. Так, в результате проведения ПЦР-мазков носоглотки, взятых через 2–24 ч после смерти у 29 умерших больных с COVID-19, SARS-CoV-2 был выявлен в 10 наблюдениях через 2 и 4 ч, в 9 — через 6 ч и в 7 — через 12 ч [22]. Примечательно, что все мазки, взятые у судебно-медицинских экспертов, проводивших описанное вскрытие, были отрицательными. В другом исследовании провели сравнительный анализ мазков из носоглотки, взятых прижизненно и в телах погибших пациентов с COVID-19 [23]. Диапазон времени взятия прижизненных мазков составил 2–14 дней до смерти. Сравнение прижизненных и посмертных уровней РНК SARS-CoV-2 продемонстрировало ее высокую сохранность в телах умерших пациентов на протяжении 2,7–482,6 ч после смерти. При этом авторы отмечают, что все пациенты имели выраженную иммуносупрессию, а после смерти тела хранили в холодильнике при температуре 4 °C [23].

В одном из исследований при полноценном судебно-медицинском вскрытии четырех пациентов с доказанной при жизни инфекцией SARS-CoV-2, включавшем проведение ПЦР в реальном времени образцов тканей, наличие РНК SARS-CoV-2 было выявлено в ткани легких всех погибших пациентов [24]. Кроме того, у одного из них РНК SARS-CoV-2 была выявлена в ткани головного мозга, а у другого — в тонкой кишке и почке. Примечательно, что продолжительность интервала между смертью и вскрытием составляла 1–17 дней.

Следует также добавить о возможности персистенции SARS-CoV-2 в структурах глаза, в частности, в стекловидном теле и сетчатке [25]. Так, при анализе мазков стекловидного тела РНК SARS-CoV-2 обнаружена у двоих из 10 пациентов с COVID-19. Важным моментом было и то, что при помощи ПЦР РНК SARS-CoV-2 в стекловидном теле выявили даже после его замораживания при температуре –20 °C и последующего размораживания.

Особого внимания, на наш взгляд, заслуживает описание случая с 60-летним мужчиной, доставленным в больницу после случайного падения дома и умершим на второй день после госпитализации [26]. В качестве первоначальной причины смерти была установлена пневмония SARS-CoV-2, а сопутствующей патологии — мышечная дистрофия Штейнера и ишемическая кардиомиопатия. После смерти труп был помещен в холодильник с температурой 4 °C, где в ожидании разрешения на кремацию находился 35 дней. Перед кремацией судебно-медицинский эксперт взял мазки из полости носа и ротоглотки трупа, и в тот же день методом ПЦР в реальном времени была обнаружена РНК SARS-CoV-2, т. е. через 35 дней после смерти. По мнению авторов, столь длительная персистенция SARS-CoV-2 была обусловлена отсутствием прижизненной противовирусной терапии и хранением трупа при температуре 4 °C [28].

Однако SARS-CoV-2 был выявлен и в тканях с признаками гниения при исследовании трупа через 17 дней после констатации смерти [24]. Наличие SARS-CoV-2 было отмечено и в некротизированных ворсинках плаценты, полученной от роженицы с COVID-19, при иммуногистохимическом исследовании с антителами к SARS-CoV-2 Nucleocapsid [27].

Необходимо констатировать, что коронавирусы могут сохраняться и на небиологических поверхностях (металле, пластике, бумаге, стекле) [28]. Так, эндемичный штамм коронавируса человека (HCoV-) 229E может оставаться заразным на разных типах материалов от 2 ч до 9 дней. При температуре 4 °C персистенцию вирусов TGEV (*transmissible gastroenteritis virus*) и MHV (*mouse hepatitis virus*) регистрировали до 28 дней. При более высокой температуре, в частности, 30 или 40 °C, продолжительность персистенции высокопатогенных MERS-CoV (Middle East respiratory syndrome coronavirus), TGEV и MHV уменьшалась. В условиях комнатной температуры HCoV-229E лучше сохранялся при относительной влажности 50% по сравнению с 30%.

В сравнительном исследовании стабильности и времени сохранения вирусов SARS-CoV-2 и SARS-CoV-1 в аэрозолях и на четырех различных поверхностях (пластике, нержавеющей стали, меди и картоне) в аэрозолях SARS-CoV-2 оставался жизнеспособным на протяжении 3 ч эксперимента, однако цитопатогенная доза ТЦД₅₀ (тканевая цитопатогенная доза, вызывающая гибель 50% клеток монослоя) снизилась с 10^{3.5} до 10^{2.7} на 1 л воздуха. При этом ТЦД₅₀ SARS-CoV-1 снизилась с 10^{4.3} до 10^{3.5} на 1 л воздуха.

В то же время на поверхности пластика и нержавеющей стали SARS-CoV-2 оставался жизнеспособным через 72 ч, хотя ТЦД₅₀ через это время снизилась с 103,7 до 100,6 на 1 мл среды на пластике и через 48 ч на нержавеющей стали. Динамика изменения концентрации SARS-CoV-1 была аналогичной. На картоне и медной поверхности SARS-CoV-2 перестал определяться через 24 и 4 ч соответственно, а SARS-CoV-1 — через 8 ч [29]. В результате исследования дольше всего SARS-CoV-2 сохранялся на стальных поверхностях и пластике, а соответственно на тех материалах, из которых сделаны секционный стол и инструменты для вскрытия, а также мешки для перевозки трупов. Указанный факт несомненно необходимо учитывать при разработке рекомендаций по противоинфекционной защите и методик обработки медицинского инвентаря.

В качестве яркого примера можно добавить, что РНК SARS-CoV-2 была идентифицирована на различных

поверхностях в каютах круизного лайнера «Diamond Princess» в течение 17 дней после того, как его покинули пассажиры с симптомным и бессимптомным течением COVID-19 [30]. Для справки: среди 3711 пассажиров и членов экипажа судна положительные результаты теста на SARS-CoV-2 были зарегистрированы у 712 (19,2%), из них 331 (46,5%) не имели клинических симптомов на момент тестирования.

Необходимо учитывать, что перенос вирусов зависит от конкретного его вида и длительности контакта. Так, при контакте в течение 5 с рук с поверхностью, инфицированной вирусом гриппа А, передается 31,6% вирусной нагрузки, а при инфицировании поверхности вирусом парагриппа — 1,5% [31]. Интересно, что студенты трогают свое лицо руками в среднем 23 раза в час, прикасаясь в основном к коже (56%), а также рту (16%), носу (14%) и глазам (12%) [28].

К сожалению, несмотря на достаточно многочисленные сообщения, на сегодняшний день все еще отсутствуют единые четкие данные о длительности сохранения жизнеспособного вируса в тканях и органах умерших больных с COVID-19, а также не установлены четкие корреляции между результатами определения ПНК SARS-CoV-2 при помощи ПЦР и данными культивирования жизнеспособного вируса. В связи с этим подобные исследования крайне актуальны при изучении не только аутопсийного материала, но и живых пациентов с COVID-19 [32].

На основании представленных данных о том, что органы и ткани умерших больных с COVID-19, а также оборудование, инструменты и предметы, используемые при перевозке, хранении и аутопсии, потенциально содержат вирусные частицы, они могут стать источником заражения сотрудников прозектур и ритуальных услуг. Пути передачи SARS-CoV-2-инфекции являются воздушно-капельный, воздушно-пылевой, контактный, а также фекально-оральный.

Несмотря на то что в литературе имеются лишь единичные публикации о заражении COVID-19 сотрудниками прозектур без четких доказательств их инфицирования во время аутопсии или вне работы [33], факты смерти патологоанатомов и судебно-медицинских экспертов, проводивших вскрытие больных «красной зоны» указывают на высокую вероятность такого заражения.

Соответственно, обращаться с телом умершего больного с COVID-19, а тем более проводить аутопсию необходимо с соблюдением адекватных и эффективных мер безопасности.

Меры защиты от инфицирования SARS-CoV-2

Именно поэтому для обеспечения полной безопасности персонала прозектур до вскрытия необходимо тестирование образцов дыхательных путей всех трупов на SARS-CoV-2 методом ПЦР [34]. Положительный результат на SARS-CoV-2 должен служить не поводом для отказа от проведения вскрытия, а использоваться для адекватной защиты персонала патологоанатомических отделений.

Во всех зарубежных и отечественных рекомендациях по обращению с телом умершего больного с COVID-19 отмечается необходимость использования средств индивидуальной защиты (СИЗ) в виде перчаток и одноразового халата (см. табл.). Дополнительно в ряде стран, в частности, в Китае [35] и Индии [36], рекомендуется надевать водонепроницаемый фартук, защитные очки и маску для лица. При этом отмечается, что

труп больного с COVID-19 как можно скорее должен быть доставлен в морг. В Китае [35] и Индии [36] рекомендуется продезинфицировать кожные покровы тела умершего, а также очистить и закрыть водонепроницаемым пластиком все раневые поверхности. Естественные отверстия тела (рот, нос, анус) также должны быть закрыты. В соответствии с Российскими рекомендациями все отверстия и раны необходимо закрыть ватными шариками или марлей, замоченными в растворе хлорсодержащего дезинфектанта в концентрации 3000–5000 мг/л или в растворе гидропероксида ацетилла 0,5% [43].

В большинстве стран транспортировку тела в морг следует производить в герметичном пластиковом мешке для ограничения контакта с поверхностями и жидкостями организма. В Китае [35] и Индии [36] мешки для трупов дополнительно должны быть обернуты простыней. В рекомендациях индийских специалистов кроме того указано, что трупы больных с положительным результатом на SARS-CoV-2 необходимо хранить в помещении с обособленной вентиляцией отдельно от трупов с отрицательными результатами исследований [36]. В Германии умерший должен быть завернут в двойную простыню, пропитанную дезинфицирующим средством, помещен в двухслойный герметичный мешок с хлором и положен в гроб, который должен быть немедленно закрыт [42].

Несомненно, что при проведении вскрытия тел умерших больных с COVID-19 необходимо соблюдать более строгие меры защиты. Стоит отметить, что наиболее полноценные и эффективные меры, на наш взгляд, предусмотрены в нашей стране. Так, согласно рекомендациям Министерства здравоохранения РФ [44], аутопсию необходимо проводить в специально переоборудованных для подобных процедур, в том числе межстационарных, патологоанатомических отделениях. В связи с этим в Москве ряд патологоанатомических отделений были переоборудованы с целью соблюдения требований биологической безопасности [45].

В РФ помещения для проведения вскрытий должны находиться под отрицательным атмосферным давлением в окружающих зонах, иметь 6 циклов воздухообмена в час для уже существующих конструкций и 12 циклов воздухообмена в час для отремонтированных или новых конструкций, при этом воздух должен поступать непосредственно наружу или проходить через HEPA-фильтр [43]. В Великобритании [39] и Индии [36] вскрытие необходимо проводить в помещении с отрицательным давлением с полной вентиляцией или сквозным движением воздушных масс на рабочих местах. В Германии помещения для проведения вскрытия должны находиться в отдельном здании с автономными системами канализации и вентиляции и с наличием душевых кабин для персонала [42].

В соответствии с имеющимися рекомендациями, число лиц в помещении во время аутопсии должно быть максимально ограничено персоналом, непосредственно участвующим в проведении вскрытия и получении биологического материала. В РФ это врач-патологоанатом, лаборант и санитар. Как патологоанатомическое, так и судебно-медицинское вскрытие больного с COVID-19 необходимо проводить в присутствии специалиста организации, уполномоченной осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор [43]. Однако данное требование не распространяется на патологоанатомические отделения Москвы, специализированные для работы с COVID-19 и получившие

Таблица. Средства индивидуальной защиты, рекомендуемые при обращении с телом умершего больного с COVID-19 и при его вскрытии

Источник	Стандартные СИЗ	Водонепроницаемый фартук	Маска для лица	Защитные очки	Двойные перчатки
Тело умершего без вскрытия					
Китай [35]	+	+	+	+	
Индия [36]	+	+	+	+	
США [37]	+		+	+	
Нидерланды [38]	+		–	–	
Великобритания [39]	+		+	+	
Европа [40]	+				
ВОЗ [41]	+	+	+	+	
Вскрытие тела умершего					
Китай [35]	+	+	+		+
Индия [36]	+	+	+	+	+
США [37]	+	+	+	+	+
Великобритания [39]	+	+	+	+	+
Германия [42]	+	+	+	+	+
Европа [40]	+		+	+	+
ВОЗ [41]	+	+	+	+	+

Примечание: стандартные СИЗ включают в себя использование перчаток, одноразового халата и соблюдение гигиены рук.

допуск Роспотребнадзора [45]. Само вскрытие проводит или контролирует заведующий подразделением или наиболее опытный прозектор [43]. В то же время, по мнению некоторых иностранных исследователей [46], как ни парадоксально, к проведению вскрытия могут быть привлечены стажеры, включая беременных, имеющие опыт работы с инфицированным материалом.

Согласно всем иностранным рекомендациям, при проведении вскрытия необходимо использовать стандартный набор СИЗ, включающий в себя перчатки, одноразовый халат, и соблюдать гигиену рук (см. табл.). В дополнение к вышеобозначенным СИЗ в Германии [42] и Индии [36] рекомендуется использовать двойные перчатки. В США [37], Великобритании [39] и Германии [42] для проведения вскрытия рекомендовано одевать защитный комплект для всего тела с вентилируемыми респираторами.

Согласно Российским методическим рекомендациям [43], во всех случаях исследования трупов с COVID-19 необходимо использовать:

- двойные хирургические перчатки со слоем непрорезаемых синтетических сетчатых перчаток;
- одноразовое водонепроницаемое или герметичное облачение с длинными рукавами (халат, куртка, брюки);
- водонепроницаемый фартук;
- пластиковую маску (щиток) или очки для защиты лица и глаз от брызг;
- одноразовый респиратор с высоким уровнем защиты органов дыхания;
- одноразовые бахилы, хирургическую шапочку.

В то же время рекомендовано применение противочумного костюма I или II типа, СИЗ типа «Кварц» и подобных, допускается также противочумный костюм II типа с дополнительным надеванием двойных хирургических перчаток и непрорезаемых синтетических перчаток между ними, защитных очков, клеенчатого или полиэтиленового фартука, нарукавников из подобного материала и респиратора класса FFP3. Отмечена необходимость использования специальной защитной одежды врача-инфекциониста «Кварц-1М» [44].

В большинстве рекомендаций указано, что следует избегать или свести к минимуму процедуры,

сопровождающиеся разбрызгиванием воды (например, высокий напор воды или сбрасывание органов в воду) и образованием аэрозолей. В отечественных рекомендациях указано, что вскрытие следует проводить без применения воды при отключенном стоке, так называемое «сухое вскрытие» [43–45]. Не рекомендуется применять и качающуюся костную пилу, либо использовать ее с вакуумным кожухом для сбора костной стружки, а взятие образцов биологического материала на исследование необходимо осуществлять стерильным секционным набором.

В Индии [36], Великобритании [39] и Германии [42] аутопсию предпочтительно проводить путем последовательного вскрытия по одной полости тела. В то же время некоторые исследователи [46] рекомендуют применение поэтапной техники вскрытия, включающей в себя первоначальное взятие только образцов для определения SARS-CoV-2, а затем после получения результатов диагностических тестов при необходимости проведение более полного вскрытия.

В этой связи следует добавить, что ряд иностранных исследователей рекомендуют проводить минимально инвазивное вскрытие, т. е. взятие образцов тканей и жидкостей на основании данных прижизненных и/или посмертных лучевых исследований [13, 47]. Действительно, посмертные КТ-исследования все шире используют для выявления прижизненных поражений в сочетании с гистологическим исследованием легких взрослых пациентов [48, 49]. При этом у погибших новорожденных целесообразно проводить посмертную МРТ, позволяющую с большей эффективностью верифицировать врожденную пневмонию [50, 51]. В отношении умерших больных с COVID-19 обращает на себя внимание и использование посмертного УЗИ для прицельного взятия образцов тканей, обеспечивающего минимизацию инфекционного риска заражения во время вскрытия [52]. Однако для исключения артефактов посмертное УЗИ следует проводить не ранее 1–2 ч, после того как мертвое тело было извлечено из холодильной камеры и достигло комнатной температуры [52].

Заключительным этапом любого вскрытия является необходимость обязательной финальной обработки и дезинфекции кожных покровов трупа, инструментов

и помещения. Для обработки кожных покровов рекомендуется использовать 1 или 5,25%-й раствор гипохлорита натрия. Все поверхности, которые соприкасались с трупом, должны быть очищены от видимых загрязнений и продезинфицированы также гипохлоритом натрия или 70%-м спиртом. При этом в Германии запрещено сливать использованную воду в общую канализацию [42], а циркулирующий воздух в помещении для вскрытия должен быть стерилизован ультрафиолетовым светом в течение 1 ч и профильтрован в течение 2 ч [42].

Следует также добавить, что, согласно отечественным рекомендациям [43–45], после завершения вскрытия не рекомендуется проводить бальзамирование тел умерших, а следует помещать их в пластиковые пакеты, дезинфицировать снаружи и размещать в помещениях для хранения до дня похорон. При выдаче тела родственникам следует поместить его во второй пластиковый пакет, продезинфицировать снаружи и выдать в закрытом гробу, который подлежит захоронению или кремации. В Китае [35] и Индии [36] тоже запрещено бальзамирование тел умерших с COVID-19. Практически во всех странах не рекомендован физический

контакт с телом умершего, за исключением Нидерландов [38], где это разрешено с последующей надлежащей обработкой рук. В Китае тела умерших с COVID-19 рекомендуется кремировать [35], в Германии разрешается захоронение на глубину не менее 2 м [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для SARS-CoV-2 характерен достаточно длительный период персистенции в тканях и жидкостях тел умерших больных с COVID-19, а также на различных небиологических поверхностях, соприкасавшихся с трупом, из которых наиболее долго — на изготовленных из стали и пластика. Соответственно, вскрытие тел умерших больных с COVID-19 должно проходить только в специально переоборудованных отделениях с обязательным соблюдением мер, обеспечивающих биологическую безопасность в соответствии с требованиями действующих нормативно-методических документов. Сотрудники патологоанатомических отделений и бюро судебно-медицинской экспертизы обязаны соблюдать меры индивидуальной и коллективной защиты.

Литература

- Matta S, Chopra KK, Arora VK. Morbidity and mortality trends of Covid 19 in top 10 countries. *Indian J Tuberc.* 2020; 67 (4S): S167–S172.
- Публичный дашборд Yandex DataLens. Available from: https://datalens.yandex/7o7is1q6ikh23?tab=0Ze&utm_source=cbmain&state=7e29b15887.
- Sekhawat V, Green A, Mahadeva U. COVID-19 autopsies: conclusions from international studies. *Diagn Histopathol (Oxf).* 2021; 27 (3): 103–7.
- Aubert AC, Lampuranés XS. Servicios funerarios: exposición laboral a agentes biológicos. *Notas Técnicas de Prevención.* 2010; 858: 1–6.
- Sterling TR, Pope DS, Bishai WR, Harrington S, Gershon RR, Chaisson RE. Transmission of mycobacterium tuberculosis from a cadaver to an embalmer. *N Engl J Med.* 2000; 342 (4): 246–8.
- Gershon RR, Vlahov D, Escamilla-Cejudo JA, Badawi M, McDiarmid M, Karkashian C. et al. Tuberculosis risk in funeral home employees. *J Occup Environ Med.* 1998; 40 (5): 497–503.
- Nyberg M, Suni J, Haltia M. Isolation of human immunodeficiency virus infection in health care workers. *Arch Intern Med.* 1990; 153: 1451–8.
- Douceron H, Deforges L, Gherardi R, Sobel A, Chariot P. Long-lasting postmortem viability of human immunodeficiency virus: A potential risk in forensic medicine practice. *Forensic Sci Int.* 1993; 60 (1–2): 61–6.
- Инструкции о противоэпидемическом режиме работы с материалом, зараженным или подозрительным на зараженность возбудителями чумы, холеры, сапа, мелиоидоза, натуральной оспы, сибирской язвы, туляремии и бруцеллеза, Министерство здравоохранения СССР. Алма-Ата, 1975.
- Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 N 323-ФЗ.
- Teresiński G, Jurek T. Recommendations of the polish society of forensic medicine and criminology and national consultant for forensic medicine with regard to performing forensic post-mortem examinations in case of confirmed COVID-19 disease and suspected SARS CoV-2 infections. *Arch Med Sadowej Kryminol.* 2019; 69 (4): 147–57.
- Sapino A, Facchetti F, Bonoldi E, Gianatti A, Barbareschi M, Società Italiana di Anatomia Patologica e Citologia — SIAPEC. The autopsy debate during the COVID-19 emergency: the Italian experience. *Virchows Arch.* 2020; 476 (6): 821–3.
- Tian S, Xiong Y, Liu H, Niu L, Guo J, Liao M, et al. Pathological study of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19) through postmortem core biopsies. *Mod Pathol.* 2020; 33 (6): 1007–14.
- Moretti M, Malhotra A, Visonà SD, Finley SJ, Osculati AM, Javan GT. The roles of medical examiners in the COVID-19 era: a comparison between the United States and Italy. *Forensic Sci Med Pathol.* 2021; 17 (2): 262–70.
- Sperhake JP. Autopsies of COVID-19 deceased? Absolutely! *Leg Med (Tokyo).* 2020; 47: 101769.
- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* 2020; 382 (8): 727–33.
- He F, Deng Y, Li W. Coronavirus disease 2019: What we know? *J Med Virol.* 2020; 92 (7): 719–25.
- Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O, et al. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science.* 2020; 367 (6483): 1260–3.
- Xu H, Zhong L, Deng J, Peng J, Dan H, Zeng X, et al. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. *Int J Oral Sci.* 2020; 12 (1): 8.
- Zou X, Chen K, Zou J, Han P, Hao J, Han Z. Single-cell RNA-seq data analysis on the receptor ACE2 expression reveals the potential risk of different human organs vulnerable to 2019-nCoV infection. *Front Med.* 2020; 14 (2): 185–92.
- Tang JW, To KF, Lo AW, Sung JJ, Ng HK, Chan PK. Quantitative temporal-spatial distribution of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus (SARSCoV) in post-mortem tissues. *J Med Virol.* 2007; 79 (9): 1245–53.
- Aquila I, Ricci P, Bonetta CF, Sacco MA, Longhini F, Torti C, et al. Analysis of the persistence time of the SARS-CoV-2 virus in the cadaver and the risk of passing infection to autopsy staff. *Med Leg J.* 2021; 89 (1): 40–53.
- Heinrich F, Meißner K, Langenwalder F, Püschel K, Nörz D, Hoffmann A, et al. Postmortem stability of SARS-CoV-2 in nasopharyngeal mucosa. *Emerg Infect Dis.* 2021; 27 (1): 329–31.
- Plenzig S, Bojkova D, Held H, Berger A, Holz F, Cinatl J, et al. Infectivity of deceased COVID-19 patients. *Int J Legal Med.* 2021 Mar 5; 1–6.
- Bogdanović M, Skadrić I, Atanasijević T, Stojković O, Popović V, Savić S, et al. Case Report: Post-mortem histopathological and molecular analyses of the very first documented COVID-19-related death in Europe. *Front Med.* 2021; 8: 612758.
- Beltempo P, Curti SM, Maserati R, Gherardi M, Castelli M.

- Persistence of SARS-CoV-2 RNA in post-mortem swab 35 days after death: A case report. *Forensic Sci Int.* 2021; 319: 110653.
27. Sukhikh G, Petrova U, Prikhodko A, Starodubtseva N, Chingjin K, Chen H, et al. Vertical transmission of SARS-CoV-2 in second trimester associated with severe neonatal pathology. *Viruses.* 2021; 13: 447.
 28. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect.* 2020; 104 (3): 246–51.
 29. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Eng J Med.* 2020; 382 (16): 1564–7.
 30. Leah FM, Plucinski MM, Marston BJ, Kurbatova EV, Knust B, Murray EL, et al. Public health responses to COVID-19 outbreaks on cruise ships — worldwide, February–March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020; 69 (12): 347–52.
 31. Ansari SA, Springthorpe VS, Sattar SA, Rivard S, Rahman M. Potential role of hands in the spread of respiratory viral infections: studies with human parainfluenza virus 3 and rhinovirus 14. *J Clin Microbiol.* 1991; 29 (10): 2115–9.
 32. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe.* 2021; 2: e13–22.
 33. Davis GG, Williamson AK. Risk of Coronavirus Disease 2019 transmission during autopsy. *Arch Pathol Lab Med.* 2020; 144 (12): 1445a–1445.
 34. Nakamura M, Tojo M, Takaso M, Hitosugi M. A regional approach for infection prevention in death investigations during the COVID-19 era. *Leg Med (Tokyo).* 2021; 48: 101829.
 35. Centre for Health Protection. Precautions for Handling and Disposal of Dead Bodies, Hong Kong, China, 2020. Available from: https://www.chp.gov.hk/files/pdf/grp-guideline-hp-ic-precautions_for_handling_and_disposal_of_dead_bodies_en.pdf.
 36. Government of India Ministry of Health & Family Welfare Directorate General of Health Services. COVID-19: Guidelines on dead body management, India, 2020. Available from: https://www.mohfw.gov.in/pdf/1584423700568_COVID19GuidelinesonDeadbodymanagement.pdf.
 37. Centers for Disease Control and Prevention. Collection and Submission of Postmortem Specimens from Deceased Persons with Known or Suspected COVID-19 (Postmortem Guidance). Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/guidance-postmortem-specimens.html>.
 38. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. COVID-19 richtlijn (guideline). Available from: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/covid-19>.
 39. Health and Safety Executive. Managing infection risks when handling the deceased. Guidance for the mortuary, post-mortem room and funeral premises, and during exhumation. Available from: <https://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/hsg283.pdf>.
 40. European Centre for Disease Prevention and Control. Considerations related to the safe handling of bodies of deceased persons with suspected or confirmed COVID-19, Europe, 2020. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/considerations-related-safe-handling-bodies-deceased-persons-suspected-or>.
 41. WHO Guidelines. Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care — WHO Guidelines. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf?sequence=1.
 42. Keten D, Okdemir E, Keten A. Precautions in postmortem examinations in Covid-19 — Related deaths: Recommendations from Germany. *J Forensic Leg Med.* 2020; 73: 102000.
 43. Франк Г. А., Ковалев А. В., Грибунов Ю. П., Заславский Г. И., Кильдюшов Е. М., Ягмуров О. Д. и др. Исследование умерших с подозрением на коронавирусную инфекцию (COVID-19). В сборнике: Временные методические рекомендации. Версия 22 (23.07.2020). М., 2020; 428 с.
 44. Временные методические рекомендации: профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 10 (08.02.2021). М., 2021; 262 с.
 45. Зайратьянц О. В., Каниболоцкий А. А., Михалева Л. М., Мишнев О. Д., Савелов Н. С., Авдальян А. М. и др. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19). Организация работы патологоанатомической службы. В сборнике: Временные методические рекомендации. Версия 3 (15.11.2020). М., 2020; 36 с.
 46. Hanley B, Lucas SB, Youd E, Swift B, Osborn M. Autopsy in suspected COVID-19 cases. *J Clin Pathol.* 2020; 73: 239–42.
 47. Monteiro RAA, Duarte-Neto AN, Silva LFFD, Oliveira EP, Filho JT, Santos GABD, et al. Ultrasound-guided minimally invasive autopsies: A protocol for the study of pulmonary and systemic involvement of COVID-19. *Clinics (Sao Paulo).* 2020; 75: e1972.
 48. Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A, et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet.* 2012; 379 (9811): 136–42.
 49. Kniep I, Lutter M, Ron A, Edler C, Püschel K, Iltich H, et al. Postmortem imaging of the lung in cases of COVID-19 deaths. *Radiologe.* 2020; 60 (10): 927–33.
 50. Туманова У. Н., Ляпин В. М., Быченко В. Г., Щеголев А. И., Сухих Г. Т. Посмертная МРТ для диагностики врожденной пневмонии. Вестник Российского государственного медицинского университета. 2016; 4: 48–55.
 51. Туманова У. Н., Щеголев А. И. Возможности и ограничения виртуальной аутопсии в неонатологии. *REJR.* 2017; 7 (1): 20–33.
 52. Kanchan T, Shrestha R, Krishan K. Post-mortem ultrasonography: a safer alternative to autopsies in COVID-19 deaths. *J Ultrasound.* 2020 Oct 31; 1–2.

References

1. Matta S, Chopra KK, Arora VK. Morbidity and mortality trends of Covid 19 in top 10 countries. *Indian J Tuberc.* 2020; 67 (4S): S167–S172.
2. Publichnyj dashboard Yandex DataLens. Available from: https://datalens.yandex/7o7is1q6ikh23?tab=0Ze&utm_source=cbmain&state=7e29b15887.
3. Sekhawat V, Green A, Mahadeva U. COVID-19 autopsies: conclusions from international studies. *Diagn Histopathol (Oxf).* 2021; 27 (3): 103–7.
4. Aubert AC, Lampurlanés XS. Servicios funerarios: exposición laboral a agentes biológicos. *Notas Técnicas de Prevención.* 2010; 858: 1–6.
5. Sterling TR, Pope DS, Bishai WR, Harrington S, Gershon RR, Chaisson RE. Transmission of mycobacterium tuberculosis from a cadaver to an embalmer. *N Engl J Med.* 2000; 342 (4): 246–8.
6. Gershon RR, Vlahov D, Escamilla-Cejudo JA, Badawi M, McDiarmid M, Karkashian C. et al. Tuberculosis risk in funeral home employees. *J Occup Environ Med.* 1998; 40 (5): 497–503.
7. Nyberg M, Suni J, Haltia M. Isolation of human immunodeficiency virus infection in health care workers. *Arch Intern Med.* 1990; 153: 1451–8.
8. Douceron H, Deforges L, Gherardi R, Sobel A, Chariot P. Long-lasting postmortem viability of human immunodeficiency virus: A potential risk in forensic medicine practice. *Forensic Sci Int.* 1993; 60 (1–2): 61–6.
9. Инструкции о противоэпидемическом режиме работы с материалом, заразным или подозрительным на заразность возбудителями чумы, холеры, сары, мелиоидоза, натуральной оспы, сибирской язвы, туляремии и бруцеллеза, Министерство здравоохранения СССР. Алма-Ата, 1975.
10. Federal'nyj zakon "Ob osnovah ohrany zdorov'ja grazhdan v Rossijskoj Federacii" ot 21.11.2011 N 323-FZ.
11. Teresiński G, Jurek T. Recommendations of the polish society of forensic medicine and criminology and national consultant for forensic medicine with regard to performing forensic post-mortem examinations in case of confirmed COVID-19 disease and suspected SARS CoV-2 infections. *Arch Med Sadowej Kryminol.* 2019; 69 (4): 147–57.
12. Sapino A, Facchetti F, Bonoldi E, Gianatti A, Barbareschi M,

- Società Italiana di Anatomia Patologica e Citologia — SIAPEC. The autopsy debate during the COVID-19 emergency: the Italian experience. *Virchows Arch*. 2020; 476 (6): 821–3.
13. Tian S, Xiong Y, Liu H, Niu L, Guo J, Liao M, et al. Pathological study of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19) through postmortem core biopsies. *Mod Pathol*. 2020; 33 (6): 1007–14.
 14. Moretti M, Malhotra A, Visonà SD, Finley SJ, Osculati AMM, Javan GT. The roles of medical examiners in the COVID-19 era: a comparison between the United States and Italy. *Forensic Sci Med Pathol*. 2021; 17 (2): 262–70.
 15. Sperhake JP. Autopsies of COVID-19 deceased? Absolutely! *Leg Med (Tokyo)*. 2020; 47: 101769.
 16. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. 2020; 382 (8): 727–33.
 17. He F, Deng Y, Li W. Coronavirus disease 2019: What we know? *J Med Virol*. 2020; 92 (7): 719–25.
 18. Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O, et al. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science*. 2020; 367 (6483): 1260–3.
 19. Xu H, Zhong L, Deng J, Peng J, Dan H, Zeng X, et al. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. *Int J Oral Sci*. 2020; 12 (1): 8.
 20. Zou X, Chen K, Zou J, Han P, Hao J, Han Z. Single-cell RNA-seq data analysis on the receptor ACE2 expression reveals the potential risk of different human organs vulnerable to 2019-nCoV infection. *Front Med*. 2020; 14 (2): 185–92.
 21. Tang JW, To KF, Lo AW, Sung JJ, Ng HK, Chan PK. Quantitative temporal-spatial distribution of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus (SARSCoV) in post-mortem tissues. *J Med Virol*. 2007; 79 (9): 1245–53.
 22. Aquila I, Ricci P, Bonetta CF, Sacco MA, Longhini F, Torti C, et al. Analysis of the persistence time of the SARS-CoV-2 virus in the cadaver and the risk of passing infection to autopsy staff. *Med Leg J*. 2021; 89 (1): 40–53.
 23. Heinrich F, Meißner K, Langenwalder F, Püschel K, Nörz D, Hoffmann A, et al. Postmortem stability of SARS-CoV-2 in nasopharyngeal mucosa. *Emerg Infect Dis*. 2021; 27 (1): 329–31.
 24. Plenzig S, Bojkova D, Held H, Berger A, Holz F, Cinatl J, et al. Infectivity of deceased COVID-19 patients. *Int J Legal Med*. 2021 Mar 5; 1–6.
 25. Bogdanović M, Skadić I, Atanasijević T, Stojković O, Popović V, Savić S, et al. Case Report: Post-mortem histopathological and molecular analyses of the very first documented COVID-19-related death in Europe. *Front Med*. 2021; 8: 612758.
 26. Beltempo P, Curti SM, Maserati R, Gherardi M, Castelli M. Persistence of SARS-CoV-2 RNA in post-mortem swab 35 days after death: A case report. *Forensic Sci Int*. 2021; 319: 110653.
 27. Sukhikh G, Petrova U, Prikhodko A, Starodubtseva N, Chingin K, Chen H, et al. Vertical transmission of SARS-CoV-2 in second trimester associated with severe neonatal pathology. *Viruses*. 2021; 13: 447.
 28. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect*. 2020; 104 (3): 246–51.
 29. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Eng J Med*. 2020; 382 (16): 1564–7.
 30. Leah FM, Plucinski MM, Marston BJ, Kurbatova EV, Knust B, Murray EL, et al. Public health responses to COVID-19 outbreaks on cruise ships — worldwide, February–March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020; 69 (12): 347–52.
 31. Ansari SA, Springthorpe VS, Sattar SA, Rivard S, Rahman M. Potential role of hands in the spread of respiratory viral infections: studies with human parainfluenza virus 3 and rhinovirus 14. *J Clin Microbiol*. 1991; 29 (10): 2115–9.
 32. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe*. 2021; 2: e13–22.
 33. Davis GG, Williamson AK. Risk of Coronavirus Disease 2019 transmission during autopsy. *Arch Pathol Lab Med*. 2020; 144 (12): 1445a–1445.
 34. Nakamura M, Tojo M, Takaso M, Hitosugi M. A regional approach for infection prevention in death investigations during the COVID-19 era. *Leg Med (Tokyo)*. 2021; 48: 101829.
 35. Centre for Health Protection. Precautions for Handling and Disposal of Dead Bodies, Hong Kong, China, 2020. Available from: https://www.chp.gov.hk/files/pdf/grp-guideline-hp-ic-precautions_for_handling_and_disposal_of_dead_bodies_en.pdf.
 36. Government of India Ministry of Health & Family Welfare Directorate General of Health Services. COVID-19: Guidelines on dead body management, India, 2020. Available from: https://www.mohfw.gov.in/pdf/1584423700568_COVID19GuidelinesonDeadbodymanagement.pdf.
 37. Centers for Disease Control and Prevention. Collection and Submission of Postmortem Specimens from Deceased Persons with Known or Suspected COVID-19 (Postmortem Guidance). Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/guidance-postmortem-specimens.html>.
 38. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. COVID-19 richtlijn (guideline). Available from: <https://ici.rivm.nl/richtlijnen/covid-19>.
 39. Health and Safety Executive. Managing infection risks when handling the deceased. Guidance for the mortuary, post-mortem room and funeral premises, and during exhumation. Available from: <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg283.pdf>.
 40. European Centre for Disease Prevention and Control. Considerations related to the safe handling of bodies of deceased persons with suspected or confirmed COVID-19, Europe, 2020. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/considerations-related-safe-handling-bodies-deceased-persons-suspected-or>.
 41. WHO Guidelines. Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care — WHO Guidelines. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf?sequence=1.
 42. Keten D, Okdemir E, Keten A. Precautions in postmortem examinations in Covid-19 — Related deaths: Recommendations from Germany. *J Forensic Leg Med*. 2020; 73: 102000.
 43. Frank GA, Kovalev AV, Gribunov YuP, Zaslavskij GI, Kildjushov EM, Jagmurov OD, i dr. Issledovanie umershih s podozreniem na koronavirusnuju infekciju (COVID-19). V sbornike: Vremennye metodicheskie rekomendacii. Versija 22 (23.07.2020). M., 2020; 428 s. Russian.
 44. Vremennye metodicheskie rekomendacii: profilaktika, diagnostika i lechenie novoj koronavirusnoj infekcii (COVID-19). Versija 10 (08.02.2021). M., 2021; 262 s. Russian.
 45. Zajratyanc OV, Kanibolockij AA, Mihaleva LM, Mishnev OD, Savelov NS, Avdalyan AM, i dr. Novaja koronavirusnaja infekcija (COVID-19). Organizacija raboty patologoanatomicheskoy sluzhby. V sbornike: Vremennye metodicheskie rekomendacii. Versija 3 (15.11.2020). M., 2020; 36 s. Russian.
 46. Hanley B, Lucas SB, Youd E, Swift B, Osborn M. Autopsy in suspected COVID-19 cases. *J Clin Pathol*. 2020; 73: 239–42.
 47. Monteiro RAA, Duarte-Neto AN, Silva LFFD, Oliveira EP, Filho JT, Santos GABD, et al. Ultrasound-guided minimally invasive autopsies: A protocol for the study of pulmonary and systemic involvement of COVID-19. *Clinics (Sao Paulo)*. 2020; 75: e1972.
 48. Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A, et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet*. 2012; 379 (9811): 136–42.
 49. Kniep I, Lutter M, Ron A, Edler C, Püschel K, Ittrich H, et al. Postmortem imaging of the lung in cases of COVID-19 deaths. *Radiologe*. 2020; 60 (10): 927–33.
 50. Tumanova UN, Lyapin VM, Bychenko VG, Shchegolev AI, Sukhikh GT. Posmertnaja MRT dlja diagnostiki vrozhdennoj pnevmonii. Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. 2016; 4: 48–55. Russian.
 51. Tumanova UN, Shchegolev AI. Vozmozhnosti i ogranichenija virtual'noj autopsii v neonatologii. REJR. 2017; 7 (1): 20–33. Russian.
 52. Kanchan T, Shrestha R, Krishan K. Post-mortem ultrasonography: a safer alternative to autopsies in COVID-19 deaths. *J Ultrasound*. 2020 Oct 31; 1–2.