

Применение эхокардиографии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19

Н. В. Рыбалко, А. Т. Хамидова, В. М. Абухина, С. С. Петриков

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н. В. Склифосовского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Статья освещает опыт работы врача ультразвуковой и функциональной диагностики в «красной зоне» во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Эхокардиография является обязательным диагностическим методом для оценки дисфункции правого желудочка и тяжести легочной гипертензии, острого вирусного миокардита и острого коронарного синдрома. Трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография применяется для мониторинга за пациентом состоянием пациента при лечении методом экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) и синдроме полиорганной недостаточности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: новая коронавирусная инфекция COVID-19, трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография, легочная гипертензия, острый вирусный миокардит, острый коронарный синдром, ЭКМО, синдром полиорганной недостаточности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Echocardiography application in patients with COVID-19

N. V. Rybalko, L. T. Khamidova, V. M. Abuchina, S. S. Petrikov

N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

SUMMARY

The article highlights the experience of ultrasound and functional diagnostics imaging doctor's work in the «red zone» at the time of new COVID-19 coronavirus infection pandemic. Echocardiography is a valuable tool in the assessment of right ventricular dysfunction and pulmonary hypertension degree, acute virus myocarditis and acute coronary syndrome. Transthoracic and transesophageal echocardiography is used to monitor the patient's condition during treatment with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) and multiple organ failure syndrome.

KEY WORDS: new coronavirus infection COVID-19, transthoracic and transesophageal echocardiography, pulmonary hypertension, acute viral myocarditis, acute coronary syndrome, ECMO, multiple organ failure syndrome.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Пандемия, обусловленная новой коронавирусной инфекцией COVID-19 затронула более 212 стран по всему миру и оказала влияние не только на социально-экономическую сферу, но и привела к реорганизации системы здравоохранения, все резервы которой были направлены на предотвращение и борьбу с заболеванием [1]. Высокая распространенность связана с воздушно-капельным и контактным путями передачи инфекции. У пациентов с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями патологический процесс характеризуется тяжелым течением и высокой летальностью, достигающей 10,5 % [2]. Манифестация заболевания преимущественно обусловлена респираторными симптомами, но в некоторых клинических ситуациях заболевание начинается с типичных сердечно-сосудистых проявлений (боль в грудной клетке, одышка, аритмия). Очень важно провести дифференциальную диагностику между кардиологическими проявлениями коронавирусной инфекции COVID-19 и уже существующей патологией на догоспитальном этапе. У группы пациентов с тяжелым течением

заболевания, проходящим лечение в отделении реанимации, частыми проявлениями инфекции COVID-19 являются острое миокардиальное повреждение и миокардит, остановка сердца, сердечная недостаточность вследствие выраженной легочной гипертензии, кардиогенный шок. К механизмам патологического воздействия вируса относятся прямое поражение миокарда вирусом SARS-CoV-2; нарушение баланса между доставкой и потребностью в кислороде кардиомиоцитами; системную воспалительную реакцию и цитокиновый шторм; тромбоз коронарных артерий; кардиотоксическое действие противовирусных препаратов, кортикостероидов, гидроксихлорохина; электролитный дисбаланс, вызванный гипокалиемией [3–4].

Эхокардиография является одним из базовых методов для оценки структуры и функции миокарда и клапанного аппарата сердца. Метод рекомендован к применению в условиях отделений интенсивной терапии и реанимации, клинических отделений у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Выполнение трансторакальной эхокардиографии

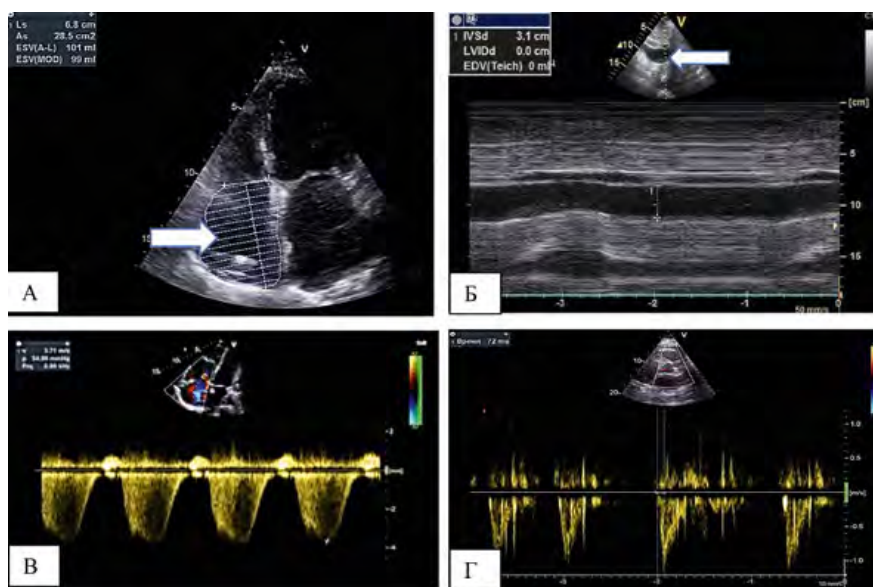


Рисунок 1. Эхокардиография пациента с новой коронавирусной инфекцией. А – дилатация правого предсердия; Б – дилатация нижней полой вены (диаметр более 30 мм) и отсутствие коллабироваия на вдохе; В – градиент регургитации на трикуспидальном клапане 54 мм.рт.ст.; Г – время ускорения (АТ) на выносящем тракте правого желудочка 72 мс (норма до 150 мс).

в условиях пандемии COVID-19 необходимо в следующих клинических ситуациях: дисфункция правого желудочка и легочная гипертензия, В-В и В-А экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), острый вирусный миокардит, сепсис и синдром полиорганной недостаточности, острый коронарный синдром.

Дисфункция правого желудочка и легочная гипертензия

У пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 эхокардиографическая оценка правого желудочка и измерение давления в легочной артерии являются ключевыми аспектами для исследования центральной гемодинамики и мониторинга прогрессирования процесса. Непосредственное вовлечение правого желудочка в патологический процесс возникает вследствие тяжелого вирусного поражения легких и развития интерстициальной пневмонии. Дальнейшее прогрессирование заболевания приводит к формированию легочной гипоксической вазоконстрикции, развитию острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) и повышению постнагрузки на правый желудочек. Непрямое воздействие на правый желудочек может оказывать системный воспалительный ответ, вызванный вирусом COVID-19, и изменения в волевическом статусе, вызванные поражением почек.

Трансторакальная эхокардиография выполняется пациентам с COVID-19 при поступлении в инфекционное отделение, частота назначения исследования зависит от тяжести состояния и клинической симптоматики. Особое внимание при выполнении исследования уделяется оценке состояния правых камер сердца (размер и функция), нижней полой вены и кровообращения по малому кругу (давление в легочной артерии, толщина свободной стенки правого желудочка) [5]. Параметры, доступные для измерения, могут быть оценены за короткое время и обладают большой практической значимостью для оценки тяжести заболевания и прогноза. С целью проведения мониторинга за состоянием пациента рекомендовано использовать одни и те же параметры, измерения выполняют из стандартных акустических доступов. Информацию, полученную с помощью эхокардиографии, необходимо интерпретировать с учетом имеющейся клинической ситуации (ИВЛ, поддержка симпатомиметиками, уровень АД и наличие нарушения ритма), данных лабораторной диагностики и анализа кислотно-щелочного состояния.

Характерными эхокардиографическими признаками у пациентов с новой коронавирусной инфекцией является дилатация правого желудочка и систолическая дисфункция правого желудочка при сохраненных размерах и систолической функции левого желудочка.

Эхокардиографические признаки, характерные для вовлечения в процесс правых камер сердца, у пациентов с коронавирусной инфекцией COVID-19:

1) Увеличение размеров правого желудочка:

- диаметр правого желудочка апикальный более 40мм;
- диаметр выносящего тракта правого желудочка (ВТПЖ) проксимальный более 35мм
- диаметр выносящего тракта правого желудочка (ВТПЖ) дистальный более 27мм

2) Гипертрофия свободной стенки правого желудочка более 5 мм (у пациентов на ИВЛ, при длительно существующей перегрузке правых камер сердца давлением)

3) Повышение систолического давления в легочной артерии (СДЛА)

- СДЛА 30–50 мм.рт.ст. соответствуют незначительной легочной гипертензии
- СДЛА 51–80 мм.рт.ст. соответствуют умеренной легочной гипертензии
- СДЛА более 80 мм.рт.ст. соответствуют выраженной легочной гипертензии [6]

4) Повышение среднего давления в легочной артерии (Среднее ДЛА более 20 мм.рт.ст.)

5) Диаметр нижней полой вены и степень ее коллабироваия (соответствует давлению в правом предсердии у пациентов, которые не находятся на ИВЛ)

- Диаметр НПВ < 2.1 см и коллабироваия > 50% соответствует нормальному давлению в правом предсердии (3–5 мм.рт.ст.)
- Диаметр НПВ > 2.1 см и коллабироваия < 50% соответствует повышению давления в правом предсердии (ПП)

6) Систолическая дисфункция правого желудочка. Оценивают

систолическую экскурсию плоскости трикуспидального кольца (TAPSE ПЖ), значение менее 16 мм соответствует систолической дисфункции правого желудочка.

На *рисунке 1* представлены эхограммы пациента, поступившего в стационар в тяжелом состоянии, по данным КТ – признаки инфильтративных изменений, средней степени тяжести (КТ -2). Отмечалась дилатация правого желудочка и основного ствола легочной артерии (ЛА), признаки тяжелой легочной гипертензии, дилатация НПВ и отсутствие её коллабирования. Систолическая функция левого желудочка (ЛЖ) сохранена.

На следующий день у пациента появились жалобы на одышку в покое, чувство нехватки воздуха и учащенное сердцебиение. На КТ отмечалось увеличение процента поражения легочной ткани до 75 % (отрицательная динамика). Таким образом, у пациента с тяжелым течением коронавирусной инфекции были выявлены эхокардиографические признаки тяжелой легочной гипертензии. Легочная гипертензия является маркером тяжести и объема поражения легочной ткани, что позволяет прогнозировать неблагоприятный исход заболевания [7–8].

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО)

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) – инвазивный способ временного поддержания оксигенации крови при изолированном или сочетанном вовлечении легких и сердца.

В условиях пандемии COVID-19 многим пациентам необходимо проведение механической вентиляции легких, в тяжелых случаях для оптимизации доставки кислорода органам и тканям у пациентов в критическом состоянии показано проведение ЭКМО. Существуют 2 вида ЭКМО: вено-венозное (В-В ЭКМО) и вено-артериальное (В-А ЭКМО). В-В ЭКМО обеспечивает адекватную оксигенацию и декарбоксилирование крови при изолированном поражении легких. Этот вид ЭКМО

наиболее востребован в условиях пандемии COVID-19 для пациентов с острой тяжелой дыхательной недостаточностью. В-А ЭКМО применяется в случае тяжелого поражения сердца и/или легких.

Для реализации метода ЭКМО необходим мультидисциплинарный подход с привлечением команды специалистов экспертного уровня с опытом работы с тяжелой сердечно-легочной патологией. В составе команды обязательно присутствие специалиста ультразвуковой и/или функциональной диагностики для выполнения ультразвуковой визуализации сердечно-сосудистой системы, легких, органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография играют значимую роль для динамической оценки состояния пациента на всех этапах применения ЭКМО (*табл. 1*) [9].

На этапе подготовки к ЭКМО (1 этап) у пациентов с новой коронавирусной инфекцией необходимо выполнение эхокардиографии и формирование развернутого протокола с оценкой размеров камер сердца, систолической функции левого и правого желудочков и гемодинамической оценкой клапанного аппарата [10]. Эхокардиография помогает выявить патологию, которая может быть причиной развития кардиогенного шока (тампонада сердца; не диагностированное ранее тяжелое поражение клапанов сердца и выраженная систолическая дисфункция ЛЖ). В этих ситуациях пациенту необходима установка В-В или В-А ЭКМО. Кроме того, эхокардиография предоставляет информацию относительно противопоказаний для установки ЭКМО (тампонада сердца, внутрисердечные тромбы, острая аортальная диссекция, гемодинамически значимый внутрисердечный шунтирующий поток) и выполняет функцию отбора пациентов.

Выявление тяжелой аортальной регургитации – является относительным противопоказанием для В-А ЭКМО из-за выраженного повышения постнагрузки на ЛЖ и дальнейшего прогрессирования аортальной регургитации во время процедуры. Эхокардиография помогает в оценке размеров и анатомических особенностей правых камер сердца, что необходимо для

Таблица 1
Задачи эхокардиографии на разных этапах проведения ЭКМО

Этапы ЭКМО	Задачи	Тип исследования
1 этап – подготовка к ЭКМО	Выявить возможные причины кардиогенного шока (тампонада сердца, значительное снижение сократительной способности миокарда ЛЖ) Определить возможные противопоказания для проведения ЭКМО (тяжелая клапанная патология, внутрисердечные тромбы, острая аортальная диссекция, гемодинамически значимый внутрисердечный шунтирующий поток)	Трансторакальная эхокардиография
2 этап – ввод проводника и канюляция сосудов	Контроль расположения заборной канюли в нижней полой вене (В-В и В-А ЭКМО) и возвратной канюли в верхней полой вене (В-В ЭКМО) или бедренной артерии (В-А ЭКМО)	Трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография
3 этап – гемодинамический мониторинг пациента	Оценка систолической функции ЛЖ Оценка волемического статуса Оценка давления в правом желудочке	Трансторакальная эхокардиография
4 этап – отлучение от ЭКМО	Определить противопоказания для отлучения от ЭКМО (отлучение от ЭКМО возможно при ФВ ЛЖ >20–25%)	Трансторакальная эхокардиография

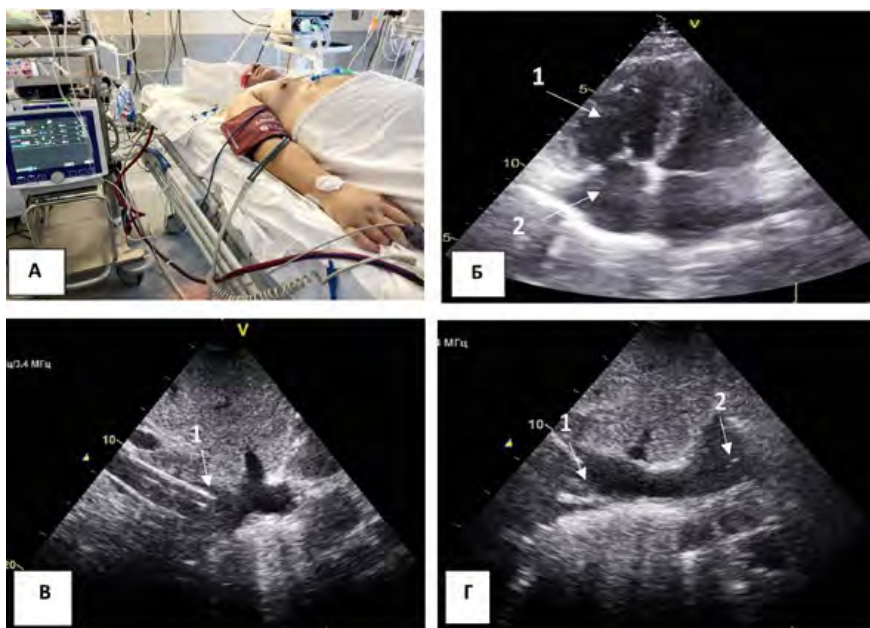


Рисунок 2. Трансторакальная эхокардиография пациента с новой коронавирусной инфекцией. Субкостальный доступ. А – пациент, подключенный к контуру ВВ-ЭКМО; Б – эхокардиография. Четырехкамерная позиция апикальный доступ. Дилатация ПЖ (1) и ПП (2); В – эхокардиография. Субкостальная позиция, визуализируется заборная канюля в НПВ (1); Г – эхокардиография. Субкостальная позиция, визуализируется заборная канюля в НПВ (1), возвратная канюля в ПП (2).

позиционирования венозной канюли при В-В и В-А ЭКМО.

Эхокардиография играет важную роль на этапе введения проводника и канюляции сосудов (2 этап). Основная задача исследования – оценка корректного расположения канюли. Применяется трансторакальная эхокардиография для визуализации заборной канюли (субкостальный доступ, позиция нижней полой вены) и чреспищеводная эхокардиография для визуализации возвратной канюли (бикавальная позиция).

Между интервенционистом и врачом ультразвуковой/ функциональной диагностики должна быть прямая связь относительно места введения канюли с углублением. Например, в В-В ЭКМО, когда одна канюля используется для доступа, а другая для возврата крови, положение наконечника канюли доступа находится в проксимальном отделе нижней полой вены, непосредственно перед входом в правое предсердие. С другой стороны, оптимальное положение для возвратной канюли находится в середине правого предсердия, но хорошо видно из межпредсердной перегородки и трехстворчатого клапана.

На рисунке 2 представлены эхограммы пациента с новой коронавирусной инфекцией. Состояние при поступлении – тяжелое. КТ- признаки интерстициальных/инфильтративно-воспалительных изменений, крайне тяжелой степени тяжести (КТ-4). Отмечалось нарастание гипоксемии, прогрессирования острой дыхательной недостаточности (ОДН), было принято решение об установке ВВ-ЭКМО. Трансторакальная эхокардиография была выполнена на этапе подготовки, во время канюляции и динамического мониторинга за состоянием пациента.

На этапе мониторинга за пациентом после установки ЭКМО (3 этап) особое внимание уделяется оценке глобальной сократительной способности левого и правого желудочков, степени легочной гипертензии, волемического статуса и показателей внутрисердечной гемодинамики. Нарушение глобальной сократительной способности левого желудочка в сочетании с тяжелой митральной недостаточностью может привести к снижению сердечного выброса и ограничению раскрытия аортального клапана. Это является предпосылкой для формирования циркуляторного стаза в восходящей аорте, полости левого желудочка и легочных венах. С целью профилактики

тромбообразования в этих клинических ситуациях выполняют процедуру чрескожной предсердной септостомии. Чреспищеводная эхокардиография является оптимальным методом ультразвукового мониторинга для направления септостомического катетера и раздувания баллона.

На 4 этапе ЭКМО выполняется трансторакальная эхокардиография, цель исследования – оценить глобальную сократительную способность левого желудочка. При ФВ ЛЖ менее 35 % не рекомендовано отлучение пациента от ЭКМО.

Острый вирусный миокардит

Одним из наиболее частых кардиологических осложнений новой коронавирусной инфекции COVID-19 является острый миокардит [11–12]. В исследовании Hendren N. S. и соавт. миокардит был выявлен у 7,2 % с COVID-19 [13]. Большинство пациентов проходило лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии. Существуют множество причин острого поражения миокарда у пациентов в критическом состоянии, включая острый коронарный синдром, сердечную недостаточность, миокардиты, гипотензивный шок, сепсис и другие проявления инфекции.

Для диагностики острого миокардита используют кардио – МРТ и биопсию миокарда [12]. Коронароангиографию выполняют пациентам с подозрением на острый миокардит для исключения ОКС. У тяжелых реанимационных пациентов проведение исследований в полном объеме недоступно. Таким образом, трансторакальная эхокардиография является методом выбора в условиях пандемии COVID-19 для предварительной диагностики острого миокардита.

Эхокардиографические признаки, характерные для острого миокардита, у пациентов с коронавирусной инфекцией COVID-19:

- 1) Увеличение линейных размеров и объема левого желудочка (КДР более 55 мм, КДО более 160 мл)
- 2) Утолщение стенок левого желудочка (преходящая псевдогипертрофия левого желудочка,

обусловленная отеком миокарда) толщина межжелудочковой перегородки более 12 мм

- 3) Систолическая дисфункция левого желудочка (снижение фракции выброса ЛЖ менее 55%, диффузный гипокинез левого желудочка)
- 4) Диастолическая дисфункция левого желудочка ($E/A < 1$; $E/E' > 10$)
- 5) Жидкость в полости перикарда

Проведенные исследования подтверждают высокую специфичность эхокардиографических признаков у пациентов с тяжелым течением коронавирусной инфекции COVID-19 [11–15].

На рисунке 3 представлены эхограммы пациента с новой коронавирусной инфекцией. КТ-признаки интерстициальных/инфильтративно-воспалительных изменений, тяжелой степени тяжести (КТ-4). На ЭКГ: ритм синусовый, единичные желудочковые экстрасистолы, тропонин I – 2,3 нг/мл. В экстренном порядке выполнена ЭХОКГ. Отмечается дилатация обоих желудочков (КДО ЛЖ 201 мл, диаметр базальный ПЖ 47 мм) (рис. 3 А-Б), нарушение систолической функции ЛЖ за счет диффузного гипокинеза (ФВ 30% Simpson) (рис. 3 А), систолическая дисфункция ПЖ (TAPSE ПЖ меньше 16 мм), признаки выраженной легочной гипертензии; СДЛА 90 мм.рт.ст.

По данным эхокардиографии и лабораторных показателей у пациента был поставлен диагноз миокардит, обусловленный тяжелым течением вирусной пневмонии.

Сепсис и синдром полиорганной недостаточности

Синдром полиорганной недостаточности (СПОН) – одно из осложнений тяжелого течения пневмонии, ассоциированной с коронавирусной инфекцией, при котором происходит одновременное или последовательные нарушения функций нескольких органов [14]. Среди причин, которые приводят к развитию синдрома полиорганной недостаточности, относятся: тяжелые травмы, сепсис, инфекционно-токсический шок и др.

Септический шок характеризуется гемодинамической нестабильностью,

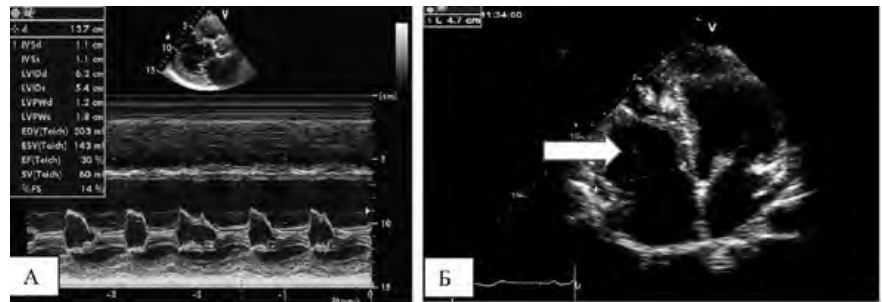


Рисунок 3. Эхокардиография пациента с миокардитом, вследствие коронавирусной инфекции COVID-19. А – дилатация ЛЖ и систолическая дисфункция ЛЖ (ФВ 30%); Б – дилатация правого желудочка (базальный диаметр 47 мм).

стойкой гипотензией, несмотря на проводимую волемическую терапию и вазопрессорную поддержку. Отмечается значимая роль эхокардиографии для обследования пациента в состоянии инфекционно-токсического шока. Трансторакальная эхокардиография предоставляет информацию о размерах и объемах камер, нарушении систолической функции сердца (уменьшение ударного объема (УО) ЛЖ, снижение фракции выброса (ФВ) ПЖ).

Была доказана необходимость оценки диастолической функции ЛЖ с помощью тканевого доплера для диагностики волемического статуса у пациентов с тяжелым течением коронавирусной инфекции. Наиболее информативным является определение показателя E/E' – отношения скорости раннего диастолического наполнения трансмитрального потока E к скорости ранней диастолической волны движения фиброзного кольца E' . В единичных случаях у пациентов с COVID-19, ассоциированными септическими осложнениями определяются подвижные вегетации на клапанах сердца [15].

Острый коронарный синдром

По данным ВОЗ у ряда пациентов с подтвержденными случаями SARS-CoV-2 в дебюте заболевания преобладают кардиоваскулярные, а не респираторные симптомы [16]. В работах европейских авторов, посвященных особенностям обследования и лечения пациентов с ОКС и COVID-19 особое внимание уделяется необходимости проведения лабораторной диагностики: исследование тропонина I и BNP (натрийуретический пептид) [17–18].

Однако, необходимо учитывать, что уровень тропонина I и BNP повышается у пациентов при тяжелом течении инфекции COVID-19 вне зависимости от выявленной ишемии миокарда [18].

Проведенные исследования выявили, что классические симптомы острого инфаркта миокарда могут быть «стертыми» на фоне тяжелого течения инфекции COVID-19. Это приводит к несвоевременной диагностике ишемических поражений миокарда. Клинические рекомендации европейской ассоциации кардиологов ESC по ведению пациентов с коронавирусной инфекцией COVID-19 подчеркивают большую значимость выполнения эхокардиографии у пациентов с ОКС для оценки глобальной сократительной способности левого и правого желудочков, выявления зон нарушения локальной сократительной способности, наличия жидкости в перикарде и признаков тампонады сердца [7].

Существуют особенности выполнения эхокардиографии у пациентов в условиях пандемии COVID-19:

- проведение исследования у постели пациента вне зависимости от тяжести состояния, это необходимо для сохранения эпидемиологических мер в инфекционном корпусе;
- большое количество тяжелых пациентов (КТ-3 и КТ-4), пациентов на ИВЛ и ЭКМО с ограничением выполнения полипозиционного исследования;
- ограничение визуализации вследствие выраженного изменения легочной ткани (интерстициальный синдром);

- исследование выполняется всем пациентам при поступлении вне зависимости от возраста и тяжести состояния;
- повторная эхокардиография выполняется в случае:
- наличия у пациента тяжелой легочной гипертензии (оценить динамику)
- наличия сопутствующей тяжелой кардиологической симптоматики (инфаркт миокарда, миокардит, гемодинамически значимые изменения клапанного аппарата)
- крайне тяжелого состояния пациента, обусловленного полиорганной недостаточностью
- установки пациенту ВВ ЭКМО.

В заключении следует отметить, что эхокардиография является эффективным методом, который позволяет оптимизировать диагностические мероприятия и обследования пациентов с COVID-19 и проводить контроль эффективности проводимой терапии. В совокупности с лабораторной диагностикой и другими инструментальными методами исследования эхокардиография позволяет прогнозировать течения заболевания у пациентов с коронавирусной инфекцией. Целесообразным является проведение повторной эхокардиографии пациентам, перенесшим коронавирусную инфекцию после выписки из стационара.

Список литературы / References

1. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19-3 May 2021. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-3-may-2021> (Accessed December 27, 2021).
2. Минздрав РФ. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19): временные методические рекомендации. Версия 13.1 (17.11.2021). Москва; 2021. Ministry of Health of the Russian Federation. Prevention, diagnosis and treatment of novel coronavirus infection (COVID-19): interim guidelines. Version 13.1 (11/17/2021). Moscow; 2021.
3. Zheng YY, Ma YT, Zhang JY, Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. *Nat Rev Cardiol*. 2020;17(5):259–260. <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0360-5>.
4. He XW, Lai JS, Cheng J, Wang MW, Liu YJ, Xiao ZC, et al. Impact of complicated myocardial injury on the clinical outcome of severe or critically ill COVID-19 patients. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2020;48(6):456–460. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112148-20200228-00137>
5. Salem R, Vallee F, Rusca M, Mebazaa A. Hemodynamic monitoring by echocardiography in the ICU: the role of the new echo techniques. *Curr Opin Crit Care*. 2008;14(5):561–568. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32830e6d81>
6. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J*. 2020;41(4):543–603. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>
7. Schmiady MO, Sromicki J, Kucher N, Ouda A. Successful percutaneous thrombectomy in a patient with COVID-19 pneumonia and acute pulmonary embolism supported by extracorporeal membran oxygenation. *Eur Heart J*. 2020;41(32):3107. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa403>
8. Shekar K, Badulak J, Peek G, Boeken U, Dalton HJ, Arora L, et al. Extracorporeal Life Support Organization Coronavirus Disease 2019 Interim Guidelines: A Consensus Document from an International Group of Interdisciplinary Extracorporeal Membrane Oxygenation Providers. *ASAIO J*. 2020;66(7):707–721. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001193>
9. Osho AA, Moonsamy P, Hibbert KA, Shelton KT, Trahanas JM, Attia RQ, et al. Veno-venous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Respiratory Failure in COVID-19 Patients: Early Experience from a Major Academic Medical Center in North America. *Ann Surg*. 2020;272(2): e75–e78. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004084>
10. Hendren NS, Drazner MH, Bozkurt B, Cooper LT Jr. Description and Proposed Management of the Acute COVID-19 Cardiovascular Syndrome. *Circulation*. 2020;141(23):1903–1914. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047349>
11. Pollack A, Kontorovich AR, Fuster V, Dec GW. Viral myocarditis – diagnosis, treatment options and current controversies. *Nat Rev Cardiol*. 2015;12(11):670–680. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2015.108>
12. Inciardi RM, Lupi L, Zaccone G, Italia L, Roffo M, Tomasini D, et al. Cardiac involvement in a patient with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):819–824. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1096>
13. Yang X, Yu Y, Xu J, Shu H, Xia J, Liu H, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med*. 2020;8(5):475–481. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30079-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30079-5)
14. Kirkpatrick JN, Mitchell C, Taub C, Kort S, Hung J, Swaminathan M. ASE statement on protection of patients and echocardiography service providers during the 2019 novel coronavirus outbreak. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(24):3078–3084. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.002>
15. Bagate F, Masi P, d'Humières T, Al-Assaad L. Advanced echocardiographic phenotyping of critically ill patients with coronavirus-19 sepsis: a prospective cohort study. *Journal of Intensive Care*. 2021; 9(12)
16. Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J, Sayer G, Griffin JM, Masoumi A, et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and cardiovascular disease. *Circulation*. 2020;141(20):1648–1655.
17. Valente S, Anselmi F, Cameli M. Acute coronary syndromes during COVID-19. *Eur Heart J*. 2020;41(22):2047–2049. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa457>
18. Guo T, Fan Y, Chen M, Wu X, Zhang L, He T, et al. Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):811–818. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1017>

Статья поступила / Received 10.04.2022

Получена после рецензирования / Revised 11.04.2022

Принята к публикации / Accepted 11.04.2022

Сведения об авторах

Рыбалко Наталья Владимировна, д.м.н., ведущий научный сотрудник отделения лучевой диагностики. ORCID: 0000-0001-6973-4430

Хамидова Лайла Тимарбековна, д.м.н., руководитель отделения лучевой диагностики. ORCID: 0000-0002-9669-9164

Абучина Вера Михайловна, врач отделения ультразвуковой диагностики. ORCID: 0000-0002-5207-3194

Петриков Сергей Сергеевич, член-корреспондент Российской академии наук (РАН), д.м.н., профессор, директор ГБУЗ Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, зав. кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ИГМСУ им. А.И. Евдокимова. ORCID: 0000-0003-3292-8789

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского», Москва, Россия.

Автор для переписки: Рыбалко Наталья Владимировна. E-mail: rybalko_dr@mail.ru

About authors

Rybalko Natalia V., DM Sci (habil.), leading researcher at Dept of Radiation Diagnostics. ORCID: 0000-0001-6973-4430

Khamidova Layla T., DM Sci (habil.), head of Dept of Radiation Diagnostics. ORCID: 0000-0002-9669-9164

Abuchina Vera M., physician at Dept of Ultrasound Diagnostics. ORCID: 0000-0002-5207-3194

Petrikov Sergey S., Corresponding Member of RAS, DM Sci (habil.), professor, director of 'N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine', head of Dept of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency Medicine at 'A.I. Evdokimov Moscow State Medical University'. ORCID: 0000-0003-3292-8789

N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

Corresponding author: Rybalko Natalia Vladimirovna. E-mail: rybalko_dr@mail.ru

Для цитирования: Рыбалко Н.В., Хамидова Л.Т., Абучина В.М., Петриков С.С. Применение эхокардиографии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Медицинский алфавит. 2022; (10): 41–46. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-41-46>.

For citation: Rybalko N.V., Khamidova L.T., Abuchina V.M., Petrikov S.S. Echocardiography application in patients with COVID-19. *Medical alphabet*. 2022; (10): 41–46. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-41-46>.

