

Мареев Ю. В.^{1,2}, Джигоева О. Н.^{1,3}, Зоря О. Т.⁴, Писарюк А. С.⁴,
 Вербило С. Л.⁵, Скалецкий К. В.⁶, Ионин В. А.⁷, Драпкина О. М.^{1,3}, Алехин М. Н.^{8,9},
 Саидова М. А.¹⁰, Сафарова А. Ф.⁴, Гарганеева А. А.¹¹, Бощенко А. А.^{11,12},
 Овчинников А. Г.^{3,10}, Чернов М. Ю.¹³, Агеев Ф. Т.¹⁰, Васюк Ю. А.³, Кобалава Ж. Д.⁴,
 Носиков А. В.¹⁴, Сафонов Д. В.¹⁵, Худорожкова Е. Д.¹⁶, Беленков Ю. Н.¹⁷,
 Митьков В. В.¹⁶, Митькова М. Д.¹⁶, Мацкеплишвили С. Т.¹⁸, Мареев В. Ю.^{18,19}

¹ ФБГУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины», Москва, Россия

² «Робертсоновский центр биостатистики», Университет Глазго, Великобритания

³ ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А. И. Евдокимова» Минздрава РФ, Москва, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «РУДН», Москва, Россия

⁵ ООО «Центр Семейной Медицины МЕДИКА», Санкт-Петербург, Россия

⁶ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. С.В. Очаповского», Краснодар, Россия

⁷ ФГБОУ ВО «ПСПБГМУ им. И.П. Павлова», Санкт-Петербург, Россия

⁸ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

⁹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

¹⁰ ФГБУ «РКНПК» Минздрава РФ, Москва, Россия

¹¹ ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН», НИИ кардиологии, Томск, Россия

¹² ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Томск, Россия

¹³ Центр функционально-диагностических исследований ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Минобороны РФ, Москва, Россия

¹⁴ Ачибадем Сити Клиник Младост, София, Болгария

¹⁵ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава РФ, Нижний Новгород, Россия

¹⁶ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, Москва, Россия

¹⁷ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава РФ (Сеченовский университет), Москва, Россия

¹⁸ Медицинский научно образовательный центр МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

¹⁹ МГУ им. М. В. Ломоносова, Факультет фундаментальной медицины, Москва, Россия

ФОКУСНОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-КАРДИОЛОГА. РОССИЙСКИЙ СОГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ДОКУМЕНТ

Данный документ представляет согласованную позицию Общества специалистов по сердечной недостаточности (ОССН), Российского кардиологического общества (РКО), Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ), Российского общества по профилактике неинфекционных заболеваний (РОПНИЗ). В документе дается определение фокусного ультразвукового исследования и обсуждаются области его применения в кардиологической практике в Российской Федерации.

Ключевые слова Эхокардиография; ультразвуковое исследование легких; фокусное ультразвуковое исследование

Для цитирования Mareev Yu. V., Dzhioeva O.N., Zorya O.T., Pisaryuk A.S., Verbilo S.L., Skaletsky K. et al. Focus ultrasound for cardiology practice. Russian consensus document. *Kardiologiya*. 2021;61(11):4–23. [Russian: Мареев Ю.В., Джигоева О.Н., Зоря О.Т., Писарюк А.С., Вербило С.Л., Скалецкий К. и др. Фокусное ультразвуковое исследование в практике врача-кардиолога. Российский согласительный документ. *Кардиология*. 2021;61(11):4–23]

Автор для переписки Мареев Юрий Вячеславович. E-mail: mareev84@gmail.com

Введение

Рациональное использование диагностических методов позволяет своевременно выявлять патологические изменения, даже на ранних стадиях. Ультразвуковые исследования давно стали частью повседневной клинической практики во всех врачебных специальностях, в том числе в кардиологии. Трансторакальная эхокардиография со-

четаает в себе точность, безопасность, хорошую воспроизводимость, может быть проведена многократно без вреда для пациента, не сопровождается ионизирующим излучением, обладает оптимальным балансом стоимости и информативности. Использование различных режимов эхокардиографии позволяет всесторонне изучить структуру сердца и параметры внутрисердечной гемодинамики [1],

при этом показатели стандартного эхокардиографического протокола имеют подтвержденную диагностическую и прогностическую ценность [2]. В течение многих десятилетий оборудование для эхокардиографии имело низкую мобильность, ультразвуковые исследования проводились только в специальных отделениях (лабораториях), а врачи ультразвуковой и функциональной диагностики были единственными компетентными исследователями. С развитием технологий оборудование для проведения эхокардиографии миниатюризировалось, а использование ультразвукового исследования сердца стало возможным у постели больного, в более широких клинических ситуациях, включая критические и неотложные состояния. Это послужило субстратом расширения профессиональных возможностей врачей клинических дисциплин [3]. В 2018 г. был утвержден новый профессиональный стандарт «Врач-кардиолог», согласно которому в компетенции специалиста указанного профиля включены не только понимание и интерпретация данных эхокардиографии, но и проведение трансторакального ультразвукового исследования сердца [4]. Однако стоит отметить определенные противоречия, сохраняющиеся после утверждения профессионального стандарта. Раздел, касающийся эхокардиографии, пока скорее вызывает недоумение и у врачей, и у преподавателей, ответственных за подготовку кардиологов. Кроме того, появились научные данные о возможности применения ультразвукового исследования легких у кардиологических больных. Это побудило нас к созданию данного согласительного документа.

Типы ультразвуковых систем

В настоящее время доступно ультразвуковое оборудование с различными параметрами, наборами опций и диагностическими возможностями. Согласно ГОСТ Р 56331–2014 [5] по конструктивному исполнению медицинские ультразвуковые диагностические изделия (далее в тексте синонимы – ультразвуковые системы, ультразвуковые аппараты, ультразвуковое оборудование, ультразвуковые приборы, ультразвуковые сканеры) делятся на следующие основные варианты исполнения: передвижные и переносные (портативные). В настоящее время появились новые карманные приборы, которые относятся к переносным, но по своему размеру они меньше портативных и наряду с остальными могут использоваться для проведения ультразвукового исследования сердца.

Согласно ГОСТ Р 56331–2014 [5] по качеству формируемой диагностической информации и функциональным возможностям ультразвуковые системы делятся на следующие варианты исполнения: среднего класса, высокого класса, экспертного класса. Ультразвуковые системы для эхокардиографии высокого и экспертного клас-

са позволяют работать в различных режимах: двумерном (В-режиме) (two dimensional – 2D; B-mode), одномерном (motion – M), доплеровском импульсно-волновом (pulsed wave – PW), доплеровском непрерывно-волновом (continuous wave – CW), доплеровском цветовом (color Doppler imaging – CDI), доплеровском тканевом (tissue doppler imaging – TDI), недоплеровских режимах оценки деформации (speckle tracking imaging – STI, vector velocity imaging – VVI), трехмерном (three dimensional – 3D) или четырехмерном (four dimensional – 4D), а также выполнять чреспищеводную эхокардиографию, стресс-эхокардиографию и эхокардиографию с контрастированием. Как правило, такие ультразвуковые системы имеют низкую мобильность и высокую стоимость. Оборудование подобного класса в России сосредоточено в отделениях ультразвуковой и функциональной диагностики.

Преимущества переносных ультразвуковых сканеров заключаются в их компактности (они имеют меньшие размеры и вес) и большей мобильности (с их помощью можно осуществить исследование там, где это сложно, а иногда и невозможно сделать с помощью стационарного аппарата – в операционных, палатах и отделениях интенсивной терапии, у постели больного).

Портативные ультразвуковые системы для эхокардиографии, как правило, относятся к системам высокого или среднего класса и позволяют проводить базовый комплексный анализ В-режима, М-режима, доплеровских режимов (импульсно-волновая доплерография, непрерывно-волновая доплерография, цветное доплеровское картирование, тканевая доплерография) из трансторакального и чреспищеводного доступов. Обычно они не имеют опций в виде 3D- или 4D-режимов эхокардиографии, не позволяют проводить стресс-эхокардиографию и эхокардиографию с контрастированием, хотя в отдельных портативных приборах эти опции могут быть реализованы. Данные аппараты имеют необходимые функции для выполнения эхокардиографического исследования в полном объеме [6–8]. С сожалением констатируем, что в настоящее время в Российской Федерации нет единого общепризнанного стандартного протокола выполнения трансторакальной эхокардиографии у взрослых, утвержденного нормативными документами Министерства здравоохранения Российской Федерации. Однако ряд клиник ориентируется на протокол, составленный экспертами Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (European Association of Cardiovascular Imaging – EACVI) в 2017 г. как стандартизированный для Европы [7].

Также портативные приборы могут быть использованы для качественной оценки при дифференциальной диагностике с вариантами ответа «да/нет» в неотложной и экстренной ситуациях. Портативные ультразвуковые

системы имеют меньшую стоимость по сравнению со стационарными и доступны существенно более широкому кругу врачей-специалистов в плановых, экстренных отделениях, операционных и мобильных бригадах.

Карманные ультразвуковые системы – самые миниатюрные портативные системы, представляющие собой датчик, который может подключаться к смартфону и (или) планшету при наличии в них специального программного обеспечения или без такового. Это самые недорогие и доступные системы, которые врач любой специальности может разместить в кармане халата или сумке, постоянно иметь с собой и использовать при первой необходимости. Карманные ультразвуковые системы очень просты в использовании, как правило, имеют только элементы управления для регулировки глубины сканирования и оптимизации изображения. Карманные ультразвуковые приборы позволяют проводить сканирование в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования. В некоторых системах возможно использование М-режима, при этом доступные измерения ограничиваются оценкой расстояния и площади. Карманные ультразвуковые системы позволяют сохранять статичные и динамичные изображения в различных форматах. Полученные данные могут быть экспортированы в систему передачи и архивации изображений (PACS – picture archiving and communication system) или на внешнюю рабочую станцию для архивирования и анализа изображений. При всех имеющихся ограничениях сканирование проводится в режиме реального времени, и изображения имеют приемлемое качество, что позволяет в большинстве случаев дать ответ на конкретный клинический вопрос [9–12].

Исследование с использованием портативных и карманных ультразвуковых сканеров может проводиться врачами-специалистами различного профиля, в том числе кардиологами, при наличии специальной подготовки и сдачи теоретического и практического экзаменов. Использование карманных систем позволяет выполнять ультразвуковое исследование в любом месте – в точке оказания помощи.

Основные службы, учреждения и структурные подразделения, в которых применение портативных и карманных ультразвуковых диагностических систем потенциально может быть полезно в будущем (с появлением большего количества доказательных данных, при наличии специальной подготовки и сдачи соответствующих теоретического и практического экзаменов):

- общая врачебная практика [13],
- скорая помощь [14, 15],
- приемные отделения [16, 17],
- блоки реанимации и интенсивной терапии [18],
- фельдшерско-акушерские пункты [19],

- санитарная авиация [14, 20],
- медицинские пункты на спортивных объектах [21],
- медицинские высшие учебные заведения [22].

Крайне важно понимать возможности, ограничения и доступность ультразвуковых систем разных классов, оптимальные точки их размещения, а также категории сотрудников, которые могут иметь доступ к ним при наличии специальной подготовки и сдачи теоретического и практического экзаменов. Не менее важно четко понимать, какие типы исследований могут быть выполнены на этом оборудовании и ключевую цель этих исследований.

Виды трансторакальных эхокардиографических исследований. Место фокусного (фокусированного) ультразвукового исследования

Эхокардиография может проводиться при оказании медицинской помощи в экстренной, неотложной и плановой формах [23, 24]. Существует большое количество различных классификаций видов эхокардиографического исследования в нормативных документах разных стран в зависимости от цели и технологического протокола исследования. Для понимания места фокусного (фокусированного) ультразвукового исследования приводим разъяснение основных понятий:

- 1) Стандартная (полная) эхокардиография (comprehensive echo) подразумевает выполнение полного протокола [25].
- 2) Прицельная (ограниченная) эхокардиография (limited echo) – эхокардиография, которая выполняется, как правило, через короткое время после стандартного исследования и требует ответа на единственный вопрос (обычно это касается динамики процесса). При этом нет клинических причин подозревать любые изменения вне зоны интереса [25]. Подробный разбор данного вида ультразвукового исследования сердца не входит в задачи данного документа.
- 3) Фокусная (фокусированная) эхокардиография (focus/focused echo) – ультразвуковое исследование сердца «у постели больного» с использованием ограниченного набора доступов и позиций с целью выявления или исключения конкретного заболевания или состояния (например, исключить тампонаду сердца) [25, 26].

Стоит отметить, что в англоязычной литературе используются термины focus/focused, что на русский язык можно перевести как фокусное/фокусированное. В Федеральном справочнике инструментальных диагностических исследований (ФСДИ) [27], утвержденном МЗ РФ, зафиксированы термин «фокусированное ультразвуковое исследование сердца» и его синоним «фокусированная эхокардиография». В то же время в оте-

качественной научной литературе используются термины «фокусное ультразвуковое исследование сердца» или «фокусная эхокардиография» [28–30]. Следует также отметить, что, кроме слова focus, которое может относиться как к эхокардиографии, так и к ультразвуковым исследованиям других органов, в англоязычной литературе есть аббревиатура FoCUS (focus cardiac ultrasound), которую можно перевести как фокусное ультразвуковое исследование сердца. Поэтому далее по тексту для упрощения используется слово «фокусный».

Стандартная и прицельная эхокардиография, проводимая при оказании медицинской помощи в экстренной, неотложной и плановой формах [23, 24], обычно выполняется врачами диагностических специальностей (врачами ультразвуковой диагностики, врачами функциональной диагностики). Фокусную эхокардиографию, также проводимую при оказании медицинской помощи в экстренной, неотложной и плановой формах, может выполнять врач любой специальности, имеющий среди перечня компетенций профессионального стандарта ультразвуковые исследования в разделе «умения» (анестезиолог-реаниматолог, кардиолог и др.), прошедший специальную подготовку и сдавший теоретический и практический экзамены.

Целью стандартной эхокардиографии является комплексная качественная и количественная оценка структурно-функционального состояния сердца, выполненная по полному протоколу. Исследование проводится в определенной последовательности, с использованием стандартных позиций трансторакальной эхокардиографии и комплексной оценки структуры и функции сердца. Изображение в обязательном порядке синхронизируется с электрокардиограммой (ЭКГ) [7]. Во время исследования при необходимости могут использоваться дополнительные доступы, методы и режимы (контрастирование, 3D- и 4D-режимы). Исследование выполняется, как правило, на аппаратах высокого или экспертного класса, реже – портативных. Вопрос класса и типа ультразвукового сканера также имеет принципиальное значение, поэтому каждый протокол эхокардиографического исследования подразумевает обязательное указание названия ультразвукового сканера [23]. Результаты исследования вне зависимости от его срочности (экстренная, неотложная или плановая форма) оформляются в виде стандартного протокола исследования, включающего целый ряд количественных показателей, который заканчивается заключением [23, 24].

Фокусное ультразвуковое исследование сердца – это исследование, выполняемое в месте оказания помощи у постели больного (отделении, приемном покое, на дому и др.) по лимитированному протоколу без синхронизации с ЭКГ чаще всего с помощью портативной или карманной ультразвуковой системы. Исследование прово-

дится в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования с ограниченным четко обозначенным количеством позиций. Как правило, оценка является качественной с вариантами ответов «да/нет» [26, 31]. Фокусный протокол сжатый, краткий, описывает основные патологические изменения или их отсутствие, дает ответ на конкретный вопрос. Основной целью исследования являются выявление ряда важных синдромов (например, дилатации левых или правых камер сердца, гиповолемии, патологического шунтирования крови и др.) или проведение дифференциальной диагностики между большими группами заболеваний или синдромов с вариантами ответов «да/нет». Отдельно метод может быть использован для выполнения быстрой манипуляции под контролем ультразвукового исследования [32].

По сути, фокусная эхокардиография – это исследование, предназначенное для принятия решения, или исследование, дополняющее врачебный клинический осмотр или сопровождающее манипуляцию [18, 33]. Проведение фокусного ультразвукового исследования не требует профессиональной переподготовки по ультразвуковой или функциональной диагностике. Однако нормативная база, определяющая длительность обучения, уровень теоретических знаний и практических навыков, форму проведения экзамена, вопросы аудита, ответственность за ошибки и многие другие важные пункты, в настоящее время отсутствуют.

При проведении фокусного эхокардиографического исследования могут быть использованы карманные ультразвуковые системы. Более того, карманные ультразвуковые системы предназначены только для исследований в рамках фокусного протокола и никогда не используются для стандартного ультразвукового исследования сердца. Фокусный протокол может быть реализован и на других типах ультразвуковых сканеров. Ожидаемые преимущества и перспективы использования фокусного исследования в повседневной работе заключаются в том, что диагноз формируется быстро и лечение может быть соответствующим образом изменено в кратчайшие сроки. Все это может способствовать улучшению качества оказания медицинской помощи. При этом следует помнить, что фокусное ультразвуковое исследование сердца не может заменить стандартное эхокардиографическое исследование. Сравнительная оценка стандартного и фокусного видов эхокардиографии представлена в табл. 1.

Общие принципы проведения фокусной эхокардиографии

При выполнении фокусной эхокардиографии в зависимости от клинической ситуации следует использовать необходимые эхокардиографические доступы, как при стандартном исследовании [6, 7]:

Таблица 1. Сравнительная оценка стандартного и фокусного видов эхокардиографического исследования

Признаки	Фокусная эхокардиография	Стандартная эхокардиография
Где проводят	В месте оказания помощи, у постели больного	В кабинетах и отделениях ультразвуковой и функциональной диагностики, в экстренной или неотложной ситуациях – в месте оказания помощи, у постели больного
Кто проводит	Врач-специалист (анестезиолог-реаниматолог, кардиолог и др.), имеющий специальную подготовку и сдавший теоретический и практический экзамены	Врач ультразвуковой диагностики, врач функциональной диагностики
Цель/протокол	Ограниченное исследование (чаще – дифференциальная диагностика острых состояний) / протокол принятия решения	Полная оценка структурно-функционального состояния сердца / стандартный (полный) протокол
Круг задач	Узкий	Широкий
Кто принимает клиническое решение после проведения исследования?	Врач, проводивший фокусную эхокардиографию	Врач, направивший больного на стандартную эхокардиографию
Датчики / режимы	Секторный ± линейный (конвексный) / режимы определяются протоколом исследования	Все необходимые датчики и режимы
Измерения	В необходимом объеме	В полном объеме
Сохранение данных	Выполняется при наличии такой возможности	Выполняется всегда
Заключение	Делает врач клинической специальности, проводивший исследование, в медицинской карте стационарного / амбулаторного больного или на отдельном бланке по специальной форме, принятой в медицинской организации для фокусных ультразвуковых исследований	Делает врач ультразвуковой / функциональной диагностики, оформляя Протокол, заканчивающийся заключением, форма которого зафиксирована в нормативных документах МЗ РФ [23, 24]
Мобильность используемого оборудования	Высокая	Низкая

- парастернальная позиция по длинной оси левого желудочка (ЛЖ);
- парастернальная позиция по короткой оси ЛЖ на уровне основания сердца (фокус на аортальный клапан);
- парастернальная позиция по короткой оси ЛЖ (на уровне митрального клапана, на уровне папиллярных мышц, на уровне верхушки);
- апикальная четырехкамерная позиция;
- апикальная двухкамерная позиция;
- субкостальная позиция длинной оси нижней полой вены (НПВ);
- субкостальная четырехкамерная позиция.

Стандартные позиции представлены на рис. 1.

Парастернальная позиция по длинной оси ЛЖ позволяет визуализировать и оценить:

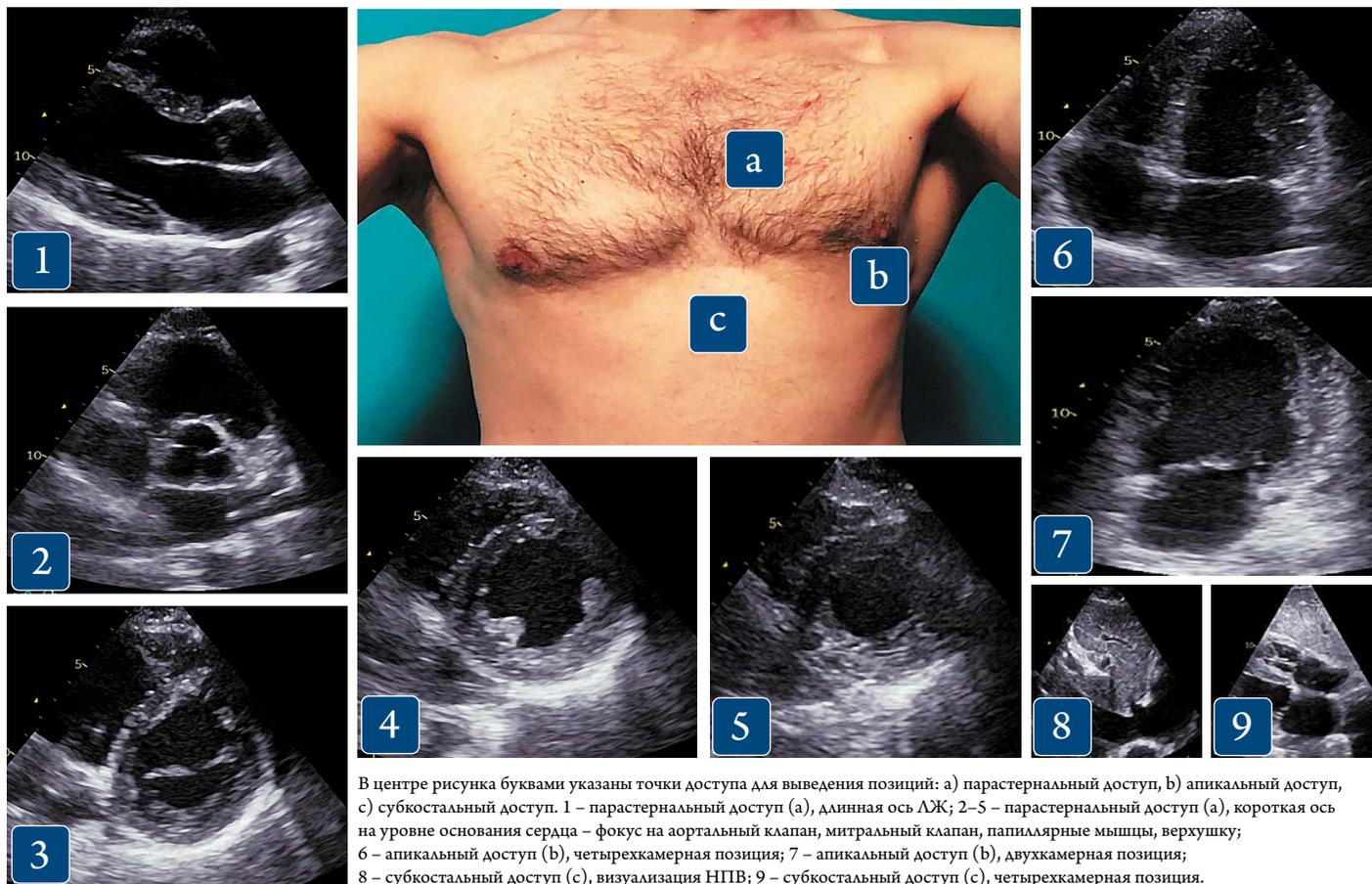
- размеры корня и тубулярной части восходящего отдела аорты;
- состояние и подвижность створок аортального клапана, наличие патологических структур на створках;
- регургитацию на аортальном клапане (качественно), в том числе наличие, выраженность и направление потоков струи регургитации;
- состояние и подвижность, наличие патологических образований на створках митрального клапана;
- регургитацию на митральном клапане (качественно), в том числе наличие, выраженность и направление потоков струи регургитации;

- передне-задний линейный размер левого предсердия (ЛП);
- конечный диастолический и систолический линейные размеры ЛЖ;
- диаметр проксимальной части выносящего тракта правого желудочка (ПЖ);
- толщину миокарда базального и среднего отдела передней части межжелудочковой перегородки (МЖП), сократимость этих сегментов;
- толщину миокарда базального и среднего отдела задней (нижнебоковой) стенки ЛЖ, сократимость этих сегментов;
- состояние перикарда.

Парастернальная позиция по короткой оси ЛЖ на уровне основания сердца (фокус на аортальный клапан) позволяет визуализировать и оценить:

- состояние, подвижность и количество створок аортального клапана, наличие патологических структур на створках;
- размеры проксимальной и дистальной частей выносящего тракта ПЖ;
- состояние и диаметр легочного ствола;
- состояние и подвижность створок клапана легочного ствола и трикуспидального клапана (нет ни одной позиции, в которой трикуспидальный клапан виден целиком), наличие патологических структур на створках;
- регургитацию на клапане легочного ствола и трикуспидальном клапане (качественно);

Рисунок 1. Позиции при проведении фокусного протокола ультразвукового исследования сердца



- наличие патологического сообщения/шунтирования кровотока – между аортой и легочным стволом, между камерами сердца.

Парастеральная позиция по короткой оси ЛЖ на уровне митрального клапана позволяет визуализировать и оценить состояние и подвижность створок митрального клапана.

Парастеральная позиция по короткой оси ЛЖ на уровне папиллярных мышц позволяет оценить регионарную сократимость миокарда ЛЖ на уровне средних сегментов ЛЖ.

Парастеральная позиция по короткой оси ЛЖ на уровне верхушки позволяет оценить регионарную сократимость миокарда ЛЖ на уровне верхушки ЛЖ.

Апикальная четырехкамерная позиция позволяет визуализировать и оценить:

- соотношение размеров ЛЖ и ПЖ;
- состояние и подвижность створок митрального и трикуспидального клапанов, их раскрытие;
- регургитации на митральном и трикуспидальном клапанах, в том числе наличие, выраженность и направление потоков струи регургитации;
- межкамерные перегородки и патологические потоки через них;
- поперечный и продольный линейные размеры ЛП;

- измерение амплитуды движения фиброзных колец митрального и трикуспидального клапанов (mitral annular plane systolic excursion – MAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion – TAPSE);

- регионарную сократимость всех сегментов задней части МЖП, боковой стенки ЛЖ и свободной стенки ПЖ.

Апикальная двухкамерная позиция позволяет визуализировать и оценить:

- регионарную сократимость всех сегментов нижней и передней стенок ЛЖ;
- состояние и подвижность створок митрального клапана, их раскрытие;
- наличие регургитации на митральном клапане и направление потоков струи регургитации.

Субкостальная позиция длинной оси НПВ позволяет визуализировать и оценить:

- диаметр и степень коллабирования НПВ на вдохе;
- наличие ретроградного кровотока в печеночных венах.

Субкостальная четырехкамерная позиция позволяет визуализировать и оценить:

- состояние перикарда, коллабирование правых камер сердца;

- межкамерные перегородки и патологические потоки через них.

Чаще всего исследование проводится в положении пациента на левом боку, левая рука находится под головой пациента, с последующим поворотом на спину. Точки на рис. 1 указаны для лучшего понимания топографических ориентиров. В точках 1 и 2 исследование проводится, когда пациент лежит на левом боку. В точке 3 исследование удобнее всего проводить в положении пациента лежа на спине. В отдельных клинических ситуациях при проведении эхокардиографии пациент может находиться в вынужденном положении, например, на спине или полусидя.

Объем исследования будет определяться клинической ситуацией. При необходимости и наличии у врача соответствующей компетенции фокусную эхокардиографию можно дополнить фокусным ультразвуковым исследованием легких: оценка В-линий и степени выраженности гидроторакса [34] (см. раздел по фокусному ультразвуковому исследованию легких). При выявлении жидкости в плевральных полостях во время проведения фокусной оценки сердца необходимо указывать этот факт в заключении.

Наиболее часто фокусная эхокардиография используется для [26]:

- оценки размеров камер сердца (дилатация или уменьшение), толщины стенок;
- оценки систолической функции ЛЖ и ПЖ и регионарной сократимости стенок;
- определения размеров аорты и выявления признаков ее расслоения;
- определения размеров крупных сосудов (аорты, НПВ);
- выявления и оценки выраженности клапанных регургитаций, значительных ограничений подвижности створок клапанов;
- оценки наличия жидкости в полости перикарда (исключение – тампонады сердца);
- оценки волемического статуса;
- выявления дополнительных внутрисердечных и паракардиальных образований.

Своевременное фокусное ультразвуковое исследование сердца обеспечивает ускорение принятия решения и более точный диагноз, чем стандартный клинический осмотр для большинства сердечно-сосудистых заболеваний, а результаты фокусной эхокардиографии хорошо коррелируют со стандартной эхокардиографией [35–39]. Важно понимать разные задачи фокусной и стандартной эхокардиографии. Фокусное исследование – это дополнение к клиническому осмотру, основная цель которого – выявление структурных и функциональных нарушений, объясняющих клиническую ситуацию, или оценка динамики выявленных ранее патологических изменений.

Возможный вариант оформления протокола фокусной эхокардиографии приведен в приложении 1.

Области применения фокусных ультразвуковых исследований в кардиологии

Рационально использовать фокусные исследования сердца и легких для скрининга заболеваний сердца, в качестве дополнительного клинического инструмента, который позволяет проводить раннюю диагностику, оценивать прогноз, помогает выбрать правильную тактику ведения пациента. Важно понимать, что этот подход является не только инструментом скрининга, но и вспомогательным методом в экстренной и неотложной помощи, предоставляет необходимую информацию для диагностики и немедленного начала лечения, однако он не может заменить стандартную эхокардиографию, которая при необходимости должна быть проведена после выполнения фокусного исследования [40].

У пациентов с клиническим подозрением на *застойную сердечную недостаточность* фокусная эхокардиография может быть ярким примером продолжения объективного осмотра, позволяя выявить ряд прямых признаков поражения сердца и существенно увеличить информативность классических симптомов и признаков задержки жидкости в организме больного хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [41–44]. Так, фокусная эхокардиография позволяет определить дилатацию камер, толщину стенок, регионарные нарушения сократимости, глобальную сократимость ЛЖ, выявить митральную, аортальную, трикуспидальную и легочную регургитации, застой в легких (В-линии при фокусном ультразвуковом исследовании легких), отсутствие коллабироваия НПВ и др. В работе Razi et al. было показано, что врач, прошедший короткое обучение (20 тренировочных исследований), способен выделить пациентов со сниженной фракцией выброса ЛЖ, что позволит начать терапию сердечной недостаточности сразу после поступления пациента в стационар [45].

В последнее время большое внимание уделяется обнаружению так называемых В-линий при ультразвуковом исследовании легких. Увеличение количества В-линий характерно для различных интерстициальных изменений в легких, в том числе как проявление застойных явлений [40, 46]. Проведенный мета-анализ показал [47], что ультразвуковое исследование легких более чувствительно, чем рентгенография органов грудной клетки в выявлении застоя в легких. В небольших рандомизированных клинических исследованиях (LUS-HF, n=123 пациента и CLUSTER-HF, n = 126 пациентов) было показано, что ведение тяжелых пациентов с ХСН после выписки из стационара с использованием ультразвукового

исследования легких позволяет снизить риск повторных декомпенсации ХСН [48, 49].

При *фибрилляции предсердий* фокусное ультразвуковое исследование сердца позволяет определить размеры ЛП и сократительную функцию ЛЖ, что может помочь в определении тактики ведения пациентов.

У *нестабильных пациентов* фокусное ультразвуковое исследование сердца предоставляет важную информацию и помогает выявлять/исключать различные патологические состояния, оценивать клинический статус и прогноз [10, 36]. Основная задача исследования на первом этапе – провести дифференциальный диагноз ряда состояний, характеризующихся сходными клиническими симптомами, но имеющих разную тактику ведения (острый коронарный и острый аортальный синдромы при острой боли в груди, тромбоэмболия легочной артерии, тампонада сердца и т. д.). В литературе было предложено много протоколов фокусного ультразвукового исследования сердца для стандартизации процедуры (приложение 2). При этом нередко в подобные протоколы включен как анализ сердца, так и других структур.

Например, для дифференциальной диагностики *острой одышки* в случае высокой вероятности кардиальной причины может быть использован протокол RADiUS (Rapid Assessment of Dyspnea with UltraSound – быстрая оценка одышки с помощью ультразвукового исследования), состоящий из 4 основных и 1 дополнительного компонента [50].

- Оценка сердца (наличие выпота в перикарде/ тампонада; размеры и сократительная функция ЛЖ и ЛЖ; признаки нагрузки на правые отделы сердца).
- Оценка НПВ (диаметр, спадение на вдохе).
- Оценка плеврального пространства (наличие выпота, пневмоторакс).
- Оценка легких.
- При необходимости (дополнительный компонент) исключение тромбоза вен нижних конечностей.

У пациентов с острой одышкой без явного кардиального анамнеза фокусные ультразвуковые исследования сердца и легких целесообразно проводить в другой последовательности с целью дифференциального диагноза между острой сердечной и дыхательной недостаточностью (рис. 2). При этом при острой дыхательной недостаточности ультразвуковое исследование легких позволяет дифференцировать пневмоторакс от плеврального выпота [46] (см. раздел по фокусному ультразвуковому исследованию легких).

У *пациентов с шоком* фокусное ультразвуковое исследование может быть полезно для диагностики, ведения и мониторинга эффективности лечения. Размеры камер сердца, систолическая функция ЛЖ, диаметр и коллабирование НПВ, расхождение листков перикарда и застой

в легких (В-линии) возможно оценить у пациента при подозрении на кардиогенный шок [52].

При *тампонаде сердца* фокусное ультразвуковое исследование может быть полезно для выявления жидкости между листками перикарда и признаков сдавления сердца, а также помогает выбрать наилучший доступ для перикардиоцентеза или выполнения фенестрации перикарда [53].

Небольшое количество литературных данных указывает на то, что результаты фокусного ультразвукового исследования НПВ коррелируют с центральным венозным давлением [54] и в некоторых ситуациях исследование НПВ позволяет оценить волевический статус пациента. Для оценки волевического статуса используют изменения диаметра НПВ в зависимости фаз от дыхания (ΔНПВ) [55]. Для этого были разработаны различные индексы: индекс коллабирования НПВ для пациентов на спонтанном дыхании [56], индекс растяжения НПВ у пациентов на искусственной вентиляции легких по формуле С. Barbier et al. [57] или М. Feissel et al. [58].

При фокусном ультразвуковом исследовании НПВ на начальном этапе можно выделить 3 основные состояния: нормальная, «плоская» и «полнокровная» НПВ. Нормальная НПВ (эуволемия) – диаметр НПВ составляет 1,2–2,1 см [7, 59], коллабирование НПВ на вдохе более 50% от исходного диаметра. «Плоская» НПВ (гиповолемия) – передне-задний размер НПВ составляет менее 1,2 см, коллабирование НПВ на вдохе более 50% от исходного диаметра. Кроме абсолютной гиповолемии, «плоская» НПВ визуализируется при перераспределении

Рисунок 2. Алгоритм диагностики причин острой одышки на основе анализа ультразвукового исследования легких, сердца и НПВ. Адаптировано из К. Kajimoto et al. [51]

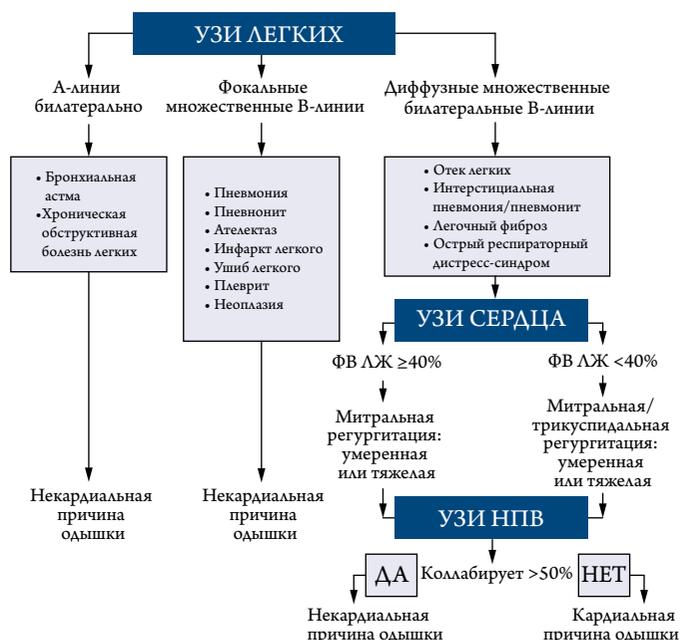


Таблица 2. Параметры фокусного ультразвукового исследования при неотложных состояниях

Состояния	Оцениваемые параметры	Название протокола*
Острая сердечная недостаточность	<ul style="list-style-type: none"> • Размеры камер сердца • Сократимость желудочков • НПВ • Ультразвуковой профиль легких 	RUSH RUSH-HIMAP
Шок	<ul style="list-style-type: none"> • Размеры камер сердца • Сократимость желудочков • НПВ • Сепарация листков перикарда • Коллабирование камер сердца 	BLEEP EGLS FATE RUSH RUSH-HIMAP
После остановки сердца	<ul style="list-style-type: none"> • Размеры камер сердца • Сократимость желудочков • Сепарация листков перикарда • Наличие и тяжесть патологических трансклапанных потоков • Наличие тромбов в полостях сердца 	CAUSE FEEL FEER
Травма груди	<ul style="list-style-type: none"> • Сократимость желудочков • Наличие жидкости между листками перикарда и в плевральных полостях, признаки тампонады сердца • Признаки дисфункции клапанов сердца • Признаки разрыва межкамерных перегородок 	BEAT FAST FATE
Боль в груди	<ul style="list-style-type: none"> • Размеры камер сердца • Сократимость желудочков • Размеры аорты, признаки расслоения аорты • Признаки дисфункции клапанов сердца • Наличие жидкости между листками перикарда и в плевральных полостях 	RUSH-HIMAP

* – полные названия протоколов с переводом ссылками на них указаны в приложении 2.

тельных шоках и повышении внутрибрюшного давления. «Полнокровная» НПВ – диаметр НПВ составляет более 2,1 см [59, 60], коллабирование НПВ на вдохе менее 50% от исходного диаметра, такая НПВ характерна для увеличения давления в правых отделах сердца, перегрузки объемом, обструктивного и кардиогенного шоков. При этом метод оценки волемического статуса на основании фокусного исследования НПВ имеет те же ограничения, что и измерение центрального венозного давления, особенно у пациентов с повышением давления в правых отделах сердца. Поэтому в идеале оценка волемического статуса должна быть дополнена фокусным ультразвуковым исследованием легких для уточнения тактики инфузионной терапии [61]. Фокусное ультразвуковое исследование НПВ не может заменить инвазивное исследование центральной гемодинамики [62, 63].

На всех этапах оказания медицинской помощи фокусное ультразвуковое исследование помогает дифференцировать синдром боли в груди. Фокусная эхокардиография позволяет визуализировать аномалии движения стенок и исследовать функцию ЛЖ, выявить расширенный ПЖ с гипокинезией свободной стенки, оценить размер и морфологию восходящей аорты, обнаружить аортальную регургитацию и выпот в перикарде. Это один из первых шагов к дифференциальной диагностике острого коронарного синдрома, острого аортального синдрома, тромбоза легочной артерии, перикардита. В табл. 2 приведены некоторые клинические состояния и соответствующие

им параметры, которые могут быть определены при использовании фокусного ультразвукового исследования.

Фокусное ультразвуковое исследование легких

Ультразвуковое исследование легких – относительно новый диагностический инструмент, позволяющий выявить ряд патологических состояний, сопровождающихся изменениями в паренхиме легких и плевральных полостях. Ультразвуковое исследование легких изначально позиционировалось, как метод экспресс-диагностики причин внезапно возникшей одышки, позволяющий оптимизировать и ускорить диагностический процесс [64–66]. По данным литературы, метод демонстрирует высокую чувствительность и специфичность в выявлении отека легкого, пневмоторакса, гидроторакса [40, 67–69]. Ультразвуковое исследование легких включено в алгоритмы, дополняющие исследование сердца, для выявления причин острой дыхательной недостаточности.

В сочетании с высокой диагностической ценностью к достоинствам ультразвукового исследования легких также можно отнести техническую простоту выполнения и воспроизводимость метода. Ультразвуковое исследование легких в рамках фокусного протокола не требует длительного обучения для врачей-кардиологов, обладающих базовыми навыками эхокардиографии, с целью выявления интерстициального синдрома, пневмоторакса и ги-

дроторакса [4, 70, 71]. Необходимо упомянуть, что освоение методики ультразвукового исследования легких в полном объеме требует прохождения многоэтапной и многочасовой программы обучения [72–74].

Данный документ не охватывает особенностей ультразвукового исследования легких при COVID 19. Этому вопросу посвящены отдельные методические документы [75, 76].

Общие принципы проведения ультразвукового исследования легких

Ультразвуковой аппарат

Для ультразвукового исследования легких предполагается использование той же аппаратуры, что и для эхокардиографии, описанной в подразделе «Типы ультразвуковых систем».

Рядом авторов рекомендуется при отсутствии установленного в ультразвуковом аппарате режима исследования легких отключить сглаживание и алгоритм подавления артефактов (многолучевое сканирование и гармоническая визуализация), а также уменьшить динамический диапазон [77, 78]. Ультразвуковое исследование легких может выполняться разными типами датчиков, но предпочтительнее конвексный в обычной абдоминальной программе без значительной постобработки изображения или линейный в режиме сканирования поверхностных органов. Фазированный секторный датчик менее информативен из-за малой ширины зоны визуализации на уровне поверхности легкого, что не позволяет осмотреть ее в одном скане на достаточном протяжении, но он может применяться при отсутствии других датчиков.

Методика выполнения

Датчик устанавливается перпендикулярно или параллельно ребрам таким образом, чтобы ультразвуковое окно обеспечивало доступ к легкому в межреберном промежутке. Перпендикулярная установка датчика позволяет работать быстрее, но при этом ограничивается ультразвуковое окно. При выявлении патологических артефактов для более подробного осмотра зоны поражения датчик устанавливается параллельно ребрам. Ограничения визуализации могут возникать при ожирении [79].

Методика и объем исследования зависят от выявляемой патологии (табл. 3).

Семиотика ультразвукового исследования легких базируется на анализе ультразвуковых изображений реальных анатомических объектов (мягкие ткани, ребра, плевральная полость) и различных ультразвуковых артефактов (А-линии, В-линии), вызванных взаимодействием ультразвука и воздуха (табл. 4) [65].

Выявляемые ультразвуковые признаки, артефакты и их сочетания формируют ультразвуковые профили, соответствующие тому или иному состоянию (приложение 3).

Ультразвуковая картина нормального легкого (А-профиль)

Ультразвуковая картина нормального легкого соответствует А-профилю в двухмерном режиме и представлена на рис. 3. Анатомическим ориентиром являются поперечные срезы ребер, дающие акустические тени. Однако следует учитывать, что за хрящевой частью ребер тень не выражена. За мягкими тканями межреберья визуализируются плевральная линия с признаком скольжения легкого и множественные горизонтальные А-линии.

А-линии представляют собой реверберации по типу повторного эха и возникают вследствие многократного переотражения ультразвуковых волн между апертурой датчика и поверхностью воздушного легкого. Они являются признаком нормального состояния субплевральных отделов легкого и висцеральной плевры [83].

В норме могут выявляться единичные В-линии, менее трех в одном межреберном промежутке. Они представляют собой артефакты по типу хвоста кометы [83].

Физическая природа и патоморфологическая основа этого артефакта точно не установлена, однако ряд авторов предполагают, что В-линии возникают вследствие многократных ревербераций на уровне междольковых перегородок [83].

В одномерном (М-режиме) в ближнем поле регистрируются линейные относительно неподвижные сигналы над плевральной линией, исходящие от мягких тканей грудной клетки; в дальнем поле – сигналы, напоминающие песчаный берег, соответствующие скольжению поверхности легкого, так называемый признак морского берега (рис. 4). Подобная ультразвуковая картина указывает на нормальное скольжение легкого и позволяет исключить пневмоторакс.

Ультразвуковая картина интерстициального синдрома (В-профиль)

Для интерстициального синдрома характерна регистрация множественных В-линий – трех и более в одном межреберье [84–86] (рис. 5).

Появление множественных В-линий характерно для ряда состояний (табл. 5) [67, 87]:

- отека легкого, в том числе кардиогенного;
- декомпенсации хронической сердечной недостаточности;
- интерстициальных заболеваний легких;
- пневмонии/пневмонита;
- респираторного дистресс-синдрома и др.

Ультразвуковая картина интерстициального синдрома кардиогенного генеза обычно характеризуется наличием симметричных билатеральных множественных В-линий (В-профиль) без изменения плевральной линии. Интерстициальный синдром предположительно кардиогенно-

Таблица 3. Положение пациента и области исследования в зависимости от патологии

Патология	Положение пациента	Область исследования	Методика исследования*
Интерстициальный синдром кардиогенного генеза [80]	Лежа на спине	Передняя и боковые поверхности грудной клетки	Сканирование 4 или 8 зон
Пневмоторакс [67, 81]	Лежа на спине	Передняя и боковые поверхности грудной клетки	Исследование межреберных промежутков от передних к латеральным отделам грудной клетки на стороне пневмоторакса
Гидроторакс [82]	Сидя**	Боковая и задняя поверхности грудной клетки	Исследование нижних межреберий
	Лежа на спине***	Боковая поверхность грудной клетки	Исследование выполняется из наиболее дорзальных отделов

* – методика описана в соответствующем разделе; ** – предпочтительно и наиболее информативно;

*** – используется при невозможности выполнения исследования сидя либо на боку.

Рисунок 3. Ультразвуковая картина нормального легкого в двухмерном режиме (А-профиль). Стрелками показаны А-линии

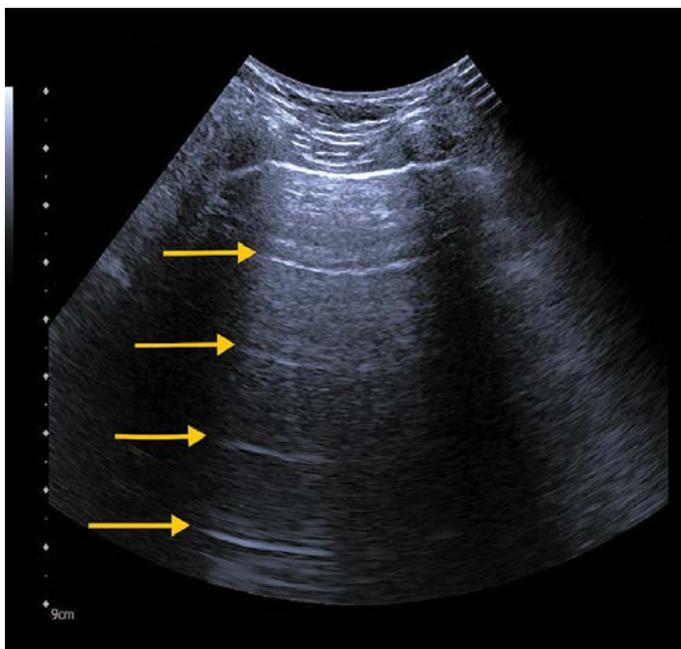


Рисунок 4. Ультразвуковая картина нормального легкого. Признак морского берега в М-режиме

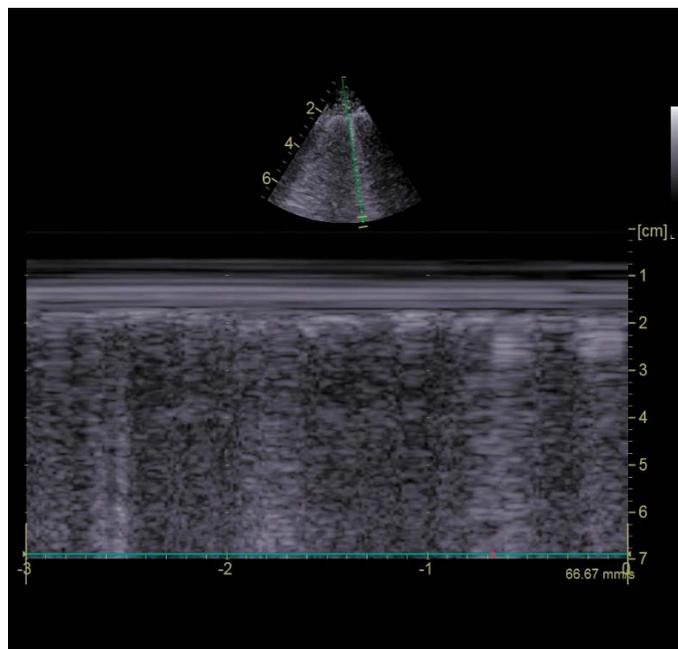


Таблица 4. Ультразвуковые признаки и артефакты, выявляемые при ультразвуковом исследовании легких [79]

Ультразвуковые признаки/ артефакты	Описание
Плевральная линия	Яркая гиперэхогенная линия, визуализирующаяся позади мягких тканей межреберья между акустическими тенями от ребер
Скольжение легкого	Движение плевральной линии в плоскости согласовано с актом дыхания (lung sliding)
А-линии	Горизонтальные акустические артефакты – гиперэхогенные линии, параллельные плевральной линии и повторяющиеся через одинаковые расстояния
В-линии (артефакты по типу хвоста кометы)	Вертикальные линейные артефакты от плевральной линии до конца сектора ультразвукового сканирования, визуализируются без затухания, совершают движение синхронно со скольжением легкого
Точка легкого	Зона, соответствующая границе пневмоторакса, где регистрируется попеременное появление признаков наличия и отсутствия пневмоторакса, обусловленное дыханием при фиксации датчика в точке сканирования

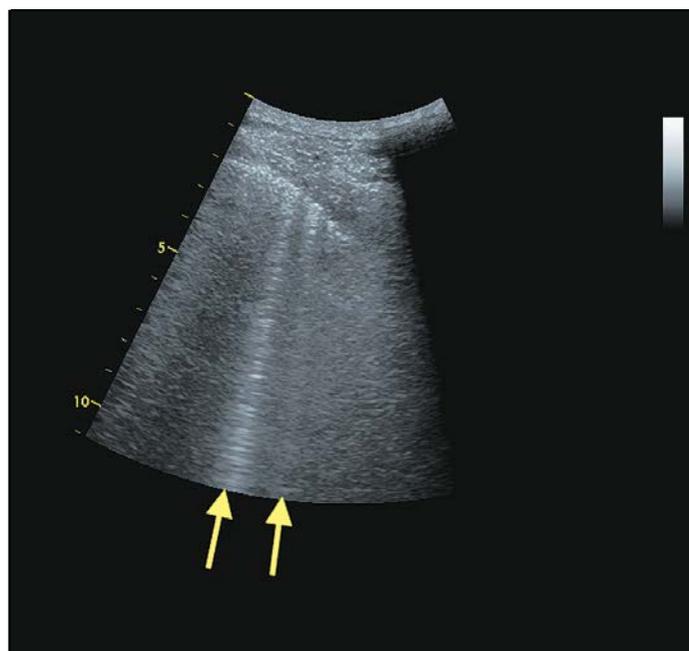
Таблица 5. Дифференциальная диагностика интерстициального синдрома [87]

Признак	Кардиогенный отек легких	Острый респираторный дистресс-синдром	Интерстициальная пневмония
Клиническое течение	Острая сердечная недостаточность или декомпенсация хронической сердечной недостаточности	Острое	Острое, подострое или хроническое
В-линии	Множественные двухсторонние диффузные В-линии, в основном в области передних отделов грудной клетки	Множественные, рассеянные двухсторонние диффузные В-линии. В-линии отсутствуют над непораженными участками легкого	Чаще локализируются в базальных отделах
Морфология поверхности плевры	Не изменена, гладкая	Изменена	Изменена
Субплевральная консолидация	Нет	Есть	Нет/есть
Плевральный выпот	Обычно есть, двусторонний	Есть/нет	Обычно нет
Эхокардиография	Патологические изменения	В начале норма	Могут быть признаки дисфункции ПЖ или легочной гипертензии при длительном течении

Таблица 6. Оценка выраженности застоя по данным ультразвукового исследования легких

Количество зон исследования	Метод оценки	Результат
4	Балльный [85, 86]	0 баллов – <3 В-линий в одной зоне. 1 балл – ≥3 В-линий в одной зоне. Итог: число баллов
8	Количественный [86]	Сумма В-линий во всех зонах
	Балльный [84]	0 баллов – <3 В-линий в одной зоне. 1 балл – ≥3 В-линий в одной зоне. Итог: число баллов

Рисунок 5. Ультразвуковая картина легкого с В-линиями (указаны стрелками)



го генеза может быть вызван снижением насосной функции сердца и патологиями клапанного аппарата, выявляемыми при эхокардиографии [88, 89].

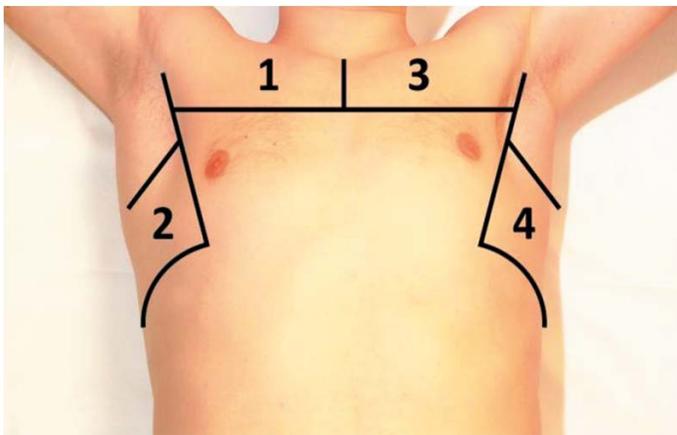
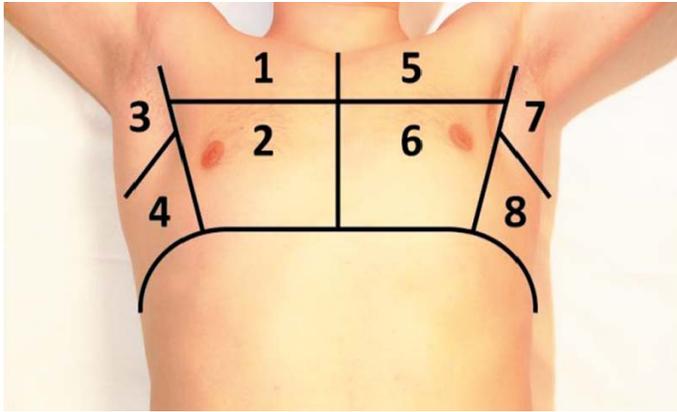
Для выявления застоя жидкости в легких кардиогенного генеза используют методику сканирования передней и боковой поверхностей грудной клетки в положении больного лежа на спине по 8- или 4-зональной методике (рис. 6) [80, 90, 91]. Повторные исследования следует выполнять в одном и том же положении, так как на число В-линий влияет положение пациента (при положении на спине выявляется большее их число) [92].

Наличие легочного застоя можно оценивать с помощью количественного и балльного метода (табл. 6). Первый (количественный) предполагает суммирование числа В-линий во всех зонах. При использовании балльного метода суммируется количество «положительных» зон с В-линиями в количестве трех и более [84].

Ультразвуковая картина пневмоторакса

При подозрении на пневмоторакс проводится последовательное исследование межреберных промежутков от передних к латеральным отделам грудной клетки на стороне пневмоторакса [81, 93]. В области, соответствующей пневмотораксу, отмечаются: отсутствие признака скольжения легкого и В-линий, наличие множественных А-линий. Наиболее специфичным ультразвуковым признаком пневмоторакса является выявление так называемой точки легкого. Точка легкого соответствует границе пневмоторакса, где регистрируется попеременное появление признаков наличия и отсутствия пневмоторакса, обусловленное дыханием при фиксированном датчике в точке сканирования [81, 94]. Однако не следует забывать, что точка легкого может регистрироваться и у пациентов с буллами легких, при утолщении и адгезии плевры [95]. В М-режиме, в отличие от выявляемо-

Рисунок 6. Области сканирования легких с использованием 8- и 4-зональной методики для выявления интерстициального синдрома кардиогенного генеза



го в норме признака морского берега, регистрируются линейные неподвижные сигналы во всем поле исследования – признак штрихкода (barcode sign) (рис. 7).

Ультразвуковая картина плеврального выпота

Ультразвуковое исследование легких позволяет быстро и точно выявить наличие жидкости в плевральных полостях [40].

Признаком наличия жидкости в плевральной полости является выявление эхонегативного пространства между висцеральным и париетальным листками плевры (рис. 8) [67]. При достаточном объеме возможно оценить эхогенность выпота, наличие включений, спаек, шварт, наложений фибрина, что позволяет косвенно судить о характере патологического процесса (транссудат, экссудат, эмпиема, гемоторакс).

Для количественной оценки выпота предложен ряд формул, позволяющих достаточно точно, используя простые измерения, рассчитать объем жидкости в плевральной полости. Датчик во время измерений необходимо располагать строго перпендикулярно к оси тела. Исследование выполняется по задней подмышечной линии конвексным или секторным фазированным датчиком. Изображение в В-режиме для последующих измерений

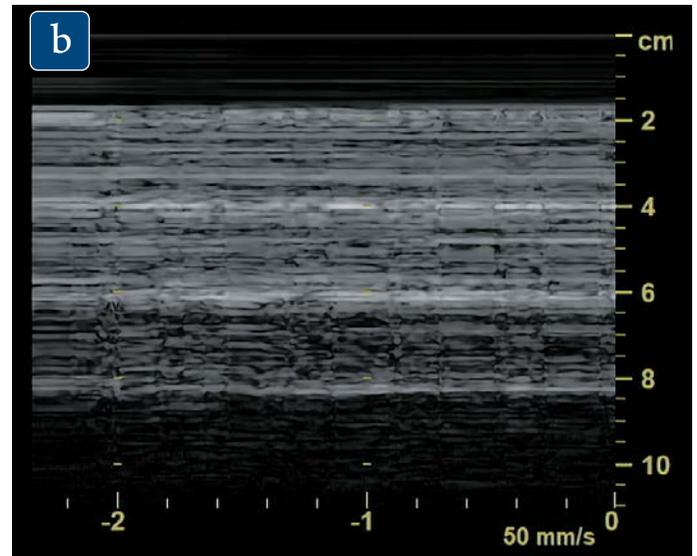
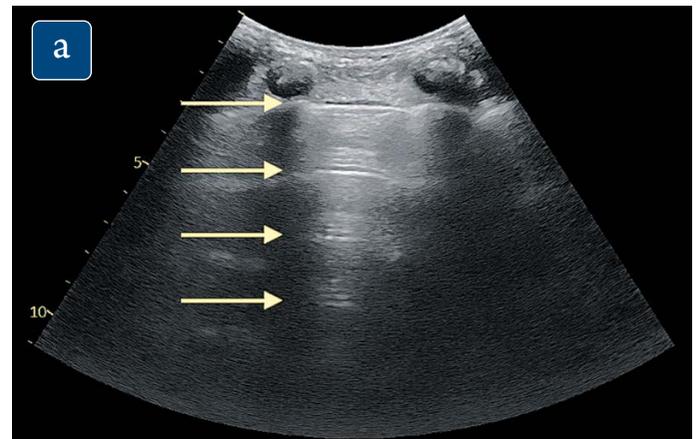
должно быть получено в конце выдоха и включать плевральный выпот, коллабированное легкое и диафрагму (рис. 8). Выполняется измерение расстояния от основания легкого до вершины купола диафрагмы – А (рис. 8). Высоту плеврального выпота измеряют между наивысшей точкой плеврального выпота и диафрагмальным синусом, которые выявляют при перемещении датчика к вышележащим межреберьям – В (рис. 8).

Предложенные далее формулы разработаны для работы с изображениями, полученными с использованием конвексного датчика.

$$\text{Объем выпота (мл)} = (A \text{ (см)} + B \text{ (см)}) \times 70 [96, 97].$$

Формула включает две переменные. Рассчитанный объем при сопоставлении с фактическим аспирированным объемом выпота демонстрирует высокую корреляцию [внутриклассовый коэффициент корреляции (ICС)

Рисунок 7. Ультразвуковая картина пневмоторакса. а – В-режим. А-линии обозначены стрелками. б – М-режим. Линейные неподвижные сигналы во всем поле исследования – признак штрихкода



0,835 (95% доверительный интервал (ДИ): 0,687–0,913)] [96].

Также предложен модифицированный упрощенный вариант данного уравнения:

$$\text{Объем выпота (мл)} = 100 \times B \text{ (см)} [96]$$

При использовании данной формулы для расчета объема достаточно одного измерения, что упрощает задачу и экономит время исследователя, с сохранением достаточно высокой точности [xICC – 0,798 (95% ДИ: 0,651–0,888)] [96].

Заключение

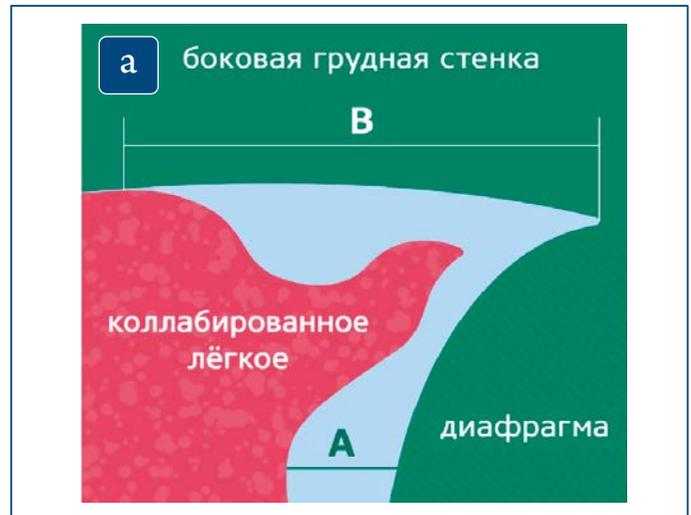
Фокусная эхокардиография позволяет получить базисную информацию о морфологии и функции сердца, оценить динамику отдельных важных показателей. Фокусное ультразвуковое исследование легких, дополняя фокусную эхокардиографию, позволяет в режиме реального времени получить информацию о состоянии легких и плевральных полостей и может стать ценным диагностическим инструментом в ежедневной практике кардиолога.

Эти методы расширяют физикальное обследование с помощью ультразвукового фокусного протокола, направленного на достижение быстрой диагностики, раннего лечения и базового мониторинга сердечно-сосудистых заболеваний. Это ограниченный метод, но он быстрый, воспроизводимый и простой в исполнении. Обучение врачей разных специальностей может быть непродолжительным по времени, но наполненным важной информацией. Фокусный протокол следует рассматривать не как замену полноценного эхокардиографического исследования, а как клинический инструмент, подобный стетоскопу, для ранней диагностики (у постели больного), определения этиологии, патофизиологии и прогноза события, помогающий выполняющему протокол врачу быстро принимать решения по тактике лечения пациента.

Список аббревиатур

BLUE – Bedside Lung Ultrasound in Emergency (экстренное первичное (прикроватное) ультразвуковое исследование легких)
 CW – Continuous Wave (непрерывноволновая доплерография)
 MAPSE – Mitral Annular Plane Systolic Excursion (систолическая экскурсия фиброзного кольца митрального клапана)
 PACS – picture archiving and communication system
 PLAX – Parasternal Long AXis (парастеральная позиция по длинной оси)

Рисунок 8. Измерения для расчета объема плеврального выпота. а – схема. б – эхограмма. А – расстояние от основания коллабированного легкого до вершины купола диафрагмы. В – высота плеврального выпота. Адаптировано из M. Hassan et al. [96]



PSAX – Parasternal Short AXis (парастеральная позиция по короткой оси)
 PW – Pulsed Wave (импульсноволновая доплерография)
 RADiUS – Rapid Assessment of Dyspnea with UltraSound (быстрая оценка одышки с помощью ультразвукового исследования)
 TAPSE – Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (систолическая экскурсия фиброзного кольца трехстворчатого клапана)
 TDI – Tissue Doppler Imaging (тканевая доплерография)
 ЛЖ – левый желудочек
 ЛП – левое предсердие
 МЖП – межжелудочковая перегородка
 НПВ – нижняя полая вена
 ПЖ – правый желудочек
 ХСН – хроническая сердечная недостаточность
 ЭКГ – электрокардиография

Статья поступила 02.09.2021

Приложение 1. Возможный вариант оформления протокола фокусной эхокардиографии

1.	Название клиники/учреждения
2.	Отделение, в котором выполнено исследование
3.	Условия проведения (ИВЛ; положение на спине, сидя и т. п.; характер ритма сердца – тахикардия, брадикардия, фибрилляция предсердий и т. п.)
4.	Дата, время
5.	Название аппарата, на котором проведено исследование
6.	Обязательное уточнение, что выполненный протокол фокусный
7.	ФИО пациента, возраст
8.	Диагноз при поступлении/обращении и/или цель исследования
9.	Описательная часть
10.	Заключение

Протокол может быть записан как отдельно, так и в структуре дневника/обхода/первичного осмотра.

В описательной части Протокола в зависимости от цели фокусного ультразвукового исследования сердца могут быть отражены следующие параметры.

- Диаметр корня аорты на уровне синусов из левого парастернального доступа по длинной оси ЛЖ.
- При необходимости дополнительно измеряется максимальный диаметр тубулярной части восходящего отдела аорты. При этом позиция может быть модифицирована и/или дополнена правой парастернальной для оптимальной визуализации аорты на этом уровне. Измеряется в мм.
- Подвижность створок аортального клапана: ограничена/не ограничена.
- Аортальная регургитация: да/нет (при наличии степень – легкая, умеренная, тяжелая).
- Размер ЛП из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ. Измеряется в мм.
- Подвижность створок митрального клапана: ограничена/не ограничена.
- Митральная регургитация: да/нет (при наличии степень – легкая, умеренная, тяжелая).
- Подвижность створок трикуспидального клапана: ограничена/не ограничена.
- Трикуспидальная регургитация: да/нет (при наличии степень – легкая, умеренная, тяжелая).
- Подвижность створок клапана легочного ствола: ограничена/не ограничена.
- Регургитация на клапане легочного ствола: да/нет (при наличии степень – легкая, умеренная, тяжелая).
- Конечный диастолический размер ПЖ на уровне базальных и срединных отделов в апикальной четырехкамерной позиции. Измеряется в мм.
- Толщина МЖП из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ. Измеряется в мм.
- Толщина задней стенки ЛЖ из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ. Измеряется в мм.
- Конечный диастолический размер ЛЖ из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ. Измеряется в мм.
- Конечный систолический размер ЛЖ из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ. Измеряется в мм.
- Снижение сократимости ЛЖ: да/нет; оценивается из парастернального доступа по длинной/короткой оси ЛЖ, апикальных двух-/четырёхкамерных позиций.
- Снижение сократимости ПЖ: да/нет; оценивается из апикальной четырехкамерной позиции.
- Жидкость в полости перикарда: да/нет (при наличии указывается максимальная толщина слоя / жидкости в диастолу в мм).
- Диаметр НПВ из субкостальной позиции. Измеряется в мм.
- Коллабирование НПВ на вдохе: коллабирует/не коллабирует >50% от исходного диаметра.
- Кровоток в печеночных венах: нормальный/патологический.
- Диаметр легочного ствола. Измеряется в мм.

В настоящее время разработано и валидировано достаточно большое количество протоколов фокусных исследований для самых разных клинических сценариев (приложение 2). Приведенные выше параметры представляют собой основные показатели, комбинация которых в одном протоколе определяется конкретной клинической ситуацией и является достаточной для ультразвуковой семиотики определенного спектра нозологий (например, при подозрении на гемоперикард целесообразно ограничиться измерением расхождения листков перикарда за счет жидкостного компонента и констатацией наличия или отсутствия признаков тампонады).

Приложение 2. Фокусные ультразвуковые протоколы, в которые входит эхокардиографическое исследование, и термины, используемые при обсуждении фокусных ультразвуковых исследований

Англоязычное название	Перевод и пояснения
<i>Фокусные ультразвуковые протоколы, в которые входит эхокардиографическое исследование</i>	
BEAT (Bedside Echocardiographic Assessment in Trauma/critical care) [98]	Эхокардиография у постели больного при травмах, в интенсивной терапии
BLEEP (Bedside Limited Echocardiography by Emergency Physician) [99]	Эхокардиография у постели больного при неотложной помощи (протокол разработан для педиатрических пациентов). Относится к фокусным протоколам, несмотря на термин «limited» в названии
CAUSE (Cardiac Arrest UltraSound Exam) [100]	Ультразвуковое исследование при остановке сердца
CLUE (Cardiopulmonary Limited Ultrasound Exam) [101]	Протокол ультразвукового исследования сердца и легких у постели больного. Относится к фокусным протоколам, несмотря на термин «limited» в названии
EGLS (Echo-Guided Life Support) [102]	Интенсивная терапия под ультразвуковым контролем (протокол разработан для ведения пациентов с шоком неизвестной этиологии)
FAST (Focused Abdominal Sonography in Trauma) [103]	Фокусированное абдоминальное ультразвуковое исследование при травмах
FATE (Focus-Assessed Transthoracic Echocardiography) [104]	Фокусный протокол трансторакальной эхокардиографии (применяется у пациентов в периоперационном периоде, отделениях реанимации и интенсивной терапии, при травмах и реанимационных мероприятиях)
FEEL (Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support) [105]	Фокусированное ультразвуковое исследование сердца при реанимации
FEER (Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation) [106]	Фокусированное эхокардиографическое исследование при реанимационных мероприятиях
RUSH (Rapid Ultrasonography for Shock and Hypotension) [107]	Протокол экстренного ультразвукового исследования при шоке и гипотензии
RUSH-HIMAP (Rapid Ultrasound for Shock and Hypotension – Heart, Inferior vena cava, Morrison pouch with FAST exam view and hemothorax windows, Aorta, and Pneumothorax) [108]	Протокол экстренного ультразвукового исследования при шоке и гипотензии, включающий, помимо эхокардиографии, исследование НПВ, гепаторенального пространства (наличие свободной жидкости), протокол FAST, оценку плевральных полостей на предмет гемоторакса и пневмоторакса и оценку абдоминального отдела аорты
<i>Термины, используемые при обсуждении фокусных ультразвуковых исследований</i>	
Cardiac POCUS (Point-Of-Care UltraSound)	Понятие «POCUS» означает применение диагностического и навигационного ультразвукового исследования для различных областей и задач с использованием целой группы протоколов (исследование легких, верхних дыхательных путей, сердца, брюшной полости, крупных сосудов и т.п). Понятие «cardiac POCUS» – ультразвуковое исследование сердца у постели больного с использованием ограниченного набора доступов и позиций с целью выявления или исключения конкретного заболевания или состояния (например, исключить тампонаду сердца) [25]. POCUS – синоним фокусного ультразвукового исследования, термин более распространен в американских согласительных документах
FoCUS (Focus Cardiac UltraSound)	Фокусное ультразвуковое исследование сердца в точке оказания помощи в кардиологической практике (аббревиатура, принятая в Европейских согласительных документах)
UAPE (Ultrasound Assisted Physical Examination)	Клинический осмотр с использованием ультразвукового исследования

Приложение 3. Дифференциальная диагностика ультразвуковых профилей [65]

Ультразвуковые признаки/артефакты	Нормальное легкое	Интерстициальный синдром кардиогенного генеза	Пневмоторакс
Скольжение легкого	Есть	Есть	Нет
А-линии	Есть	Нет/есть	Есть
В-линии	Нет/есть (<3)	Есть (≥3 в одном срезе), расположены билатерально	Нет
Признак морского берега	Есть	Есть	Нет
Точка легкого	Нет	Нет	Есть
Признак штрихкода	Нет	Нет	Есть

- Cardim N, Dalen H, Voigt J-U, Ionescu A, Price S, Neskovic AN et al. The use of handheld ultrasound devices: a position statement of the European Association of Cardiovascular Imaging (2018 update). *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2019;20(3):245–52. DOI: 10.1093/ehjci/jev145
- Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, Canaday B, Finstuen JA, Foster MC et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2019;32(1):1–64. DOI: 10.1016/j.echo.2018.06.004
- Douglas PS, Khandheria B, Stainback RF, Weissman NJ, Brindis RG, Patel MR et al. ACCF/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCCT/SCMR 2007 appropriateness criteria for transthoracic and transesophageal echocardiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American Society of Echocardiography, American College of Emergency Physicians, American Society of Nuclear Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance endorsed by the American College of Chest Physicians and the Society of Critical Care Medicine. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;50(2):187–204. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.05.003
- Ministry of labor and social protection of the Russian Federation. Order from 14.03.2018 N 140n On the approval of the professional standard of a 'cardiologist'. Av. at: <https://docs.cntd.ru/document/542621140>. [Russian: Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 14 марта 2018 года N 140н Об утверждении профессионального стандарта "Врач-кардиолог". Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/542621140>]
- National standard of the Russian Federation. GOST R 56331-2014. Medical electrical equipment. Medical diagnostic ultrasonic equipment. Technical requirements for governmental purchases. Av. at: <https://docs.cntd.ru/document/1200117503>. 2016. [Russian: Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 56331-2014. Изделия медицинские электрические. Изделия медицинские ультразвуковые диагностические. Технические требования для государственных закупок. Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/1200117503>. 2016]
- Vasyuk Yu.A., Kopeeva M.V., Korneeva O.N. Recommendations for quantifying the structure and function of heart chambers. *Russian Journal of Cardiology*. 2012;17(3):1–28. [Russian: Васюк Ю.А., Копеева М.В., Корнеева О.Н. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца. Российский кардиологический журнал. 2012;17(3):1-28]
- Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, Cardim N, Delgado V, Di Salvo G et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2017;18(12):1301–10. DOI: 10.1093/ehjci/jex244
- Intersocietal Accreditation Commission. IAC Standards and Guidelines for Adult Echocardiography Accreditation. Av. at: <https://www.intersocietal.org/echo/standards/IACAdultEchocardiographyStandards2021.pdf>. 2021.
- Razaak M, Martini MG, Savino K. A Study on Quality Assessment for Medical Ultrasound Video Compressed via HEVC. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2014;18(5):1552–9. DOI: 10.1109/JBHI.2014.2326891
- Martini MG, Iacobelli L, Bergeron C, Hewage CT, Panza G, Piri E et al. Real-time multimedia communications in medical emergency - the CONCERTO project solution. 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). 2015. [DOI: 10.1109/EMBC.2015.7320083]
- Di Bello V, La Carrubba S, Conte L, Fabiani I, Posteraro A, Antonini-Canterin F et al. Incremental Value of Pocket-Sized Echocardiography in Addition to Physical Examination during Inpatient Cardiology Evaluation: A Multicenter Italian Study (SIEC). *Echocardiography*. 2015;32(10):1463–70. DOI: 10.1111/echo.12910
- Chamsi-Pasha MA, Sengupta PP, Zoghbi WA. Handheld Echocardiography: Current State and Future Perspectives. *Circulation*. 2017;136(22):2178–88. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.026622
- Sorensen B, Hunskaar S. Point-of-care ultrasound in primary care: a systematic review of generalist performed point-of-care ultrasound in unselected populations. *The Ultrasound Journal*. 2019;11(1):31. DOI: 10.1186/s13089-019-0145-4
- Roantree RAG, Furtado CS, Welch K, Lambert MJ. EMS Ultrasound Use. [PMID: 28723062]. In: StatPearls-Treasure Island (FL): StatPearls Publishing;2021.
- Boniface KS, Shokoohi H, Smith ER, Scantlebury K. Tele-ultrasound and paramedics: real-time remote physician guidance of the Focused Assessment With Sonography for Trauma examination. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2011;29(5):477–81. DOI: 10.1016/j.ajem.2009.12.001
- Varndell W, Topacio M, Hagness C, Lemon H, Tracy D. Nurse-performed focused ultrasound in the emergency department: A systematic review. *Australasian Emergency Care*. 2018;21(4):121–30. DOI: 10.1016/j.jauec.2018.09.003
- Russell FM, Rutz M, Pang PS. Focused Ultrasound In The Emergency Department For Patients With Acute Heart Failure. *Cardiac Failure Review*. 2015;1(2):83. DOI: 10.15420/cfr.2015.1.2.83
- Zieleskiewicz L, Muller L, Lakhali K, Meresse Z, Arbelot C, Bertrand P-M et al. Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study. *Intensive Care Medicine*. 2015;41(9):1638–47. DOI: 10.1007/s00134-015-3952-5
- Dalen H, Gundersen GH, Skjetne K, Haug HH, Kleinau JO, Norekval TM et al. Feasibility and reliability of pocket-size ultrasound examinations of the pleural cavities and vena cava inferior performed by nurses in an outpatient heart failure clinic. *European Journal of Cardiovascular Nursing*. 2015;14(4):286–93. DOI: 10.1177/1474515114547651
- Wagner MS, Garcia K, Martin DS. Point-of-Care Ultrasound in Aerospace Medicine: Known and Potential Applications. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2014;85(7):730–9. DOI: 10.3357/ASEM.3754.2014
- Finnoff JT, Ray J, Corrado G, Kerkhof D, Hill J. Sports Ultrasound: Applications Beyond the Musculoskeletal System. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. 2016;8(5):412–7. DOI: 10.1177/1941738116664041
- Prosch H, Radzina M, Dietrich CF, Nielsen MB, Baumann S, Ewertsen C et al. Ultrasound Curricula of Student Education in Europe: Summary of the Experience. *Ultrasound International Open*. 2020;06(01):E25–33. DOI: 10.1055/a-1183-3009
- Ministry of Health of Russian Federation. Order from 8.06.2020 N 557n "On the approval of the Rules for conducting ultrasound examinations". Av. at: <https://docs.cntd.ru/document/565342969>. [Russian: Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 08.06.2020 г. № 557н "Об утверждении Правил проведения ультразвуковых исследований". Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/565342969>]
- Ministry of Health of Russian Federation. Order from 26.12.2016 N997 "On approval of the Rules for conducting Functional Research" Av. at: <https://rg.ru/2017/02/20/minzdrav-prikaz997-site-dok.html>. [Russian: Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 26.12.2016 г. № 997н "Об утверждении Правил проведения функциональных исследований". Доступно на: <https://rg.ru/2017/02/20/minzdrav-prikaz997-site-dok.html>]

25. Kirkpatrick JN, Grimm R, Johri AM, Kimura BJ, Kort S, Labovitz AJ et al. Recommendations for Echocardiography Laboratories Participating in Cardiac Point of Care Cardiac Ultrasound (POCUS) and Critical Care Echocardiography Training: Report from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2020;33(4):409-422.e4. DOI: 10.1016/j.echo.2020.01.008
26. Neskovic AN, Skinner H, Price S, Via G, De Hert S, Stankovic I et al. Focus cardiac ultrasound core curriculum and core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2018;19(5):475–81. DOI: 10.1093/ehjci/jej006
27. Federal Handbook of Instrumental Diagnostic Studies. Av. at: <https://nsi.rosminzdrav.ru/#!/refbook/1.2.643.5.1.13.13.11.1471/version/2.7>. [Russian: Федеральный справочник инструментальных диагностических исследований. Доступно на: <https://nsi.rosminzdrav.ru/#!/refbook/1.2.643.5.1.13.13.11.1471/version/2.7>]
28. Nartsissova G.P., Volkova I.I., Zorina I.G., Malakhova O.Yu., Prokhorova D.S., Zholobova N.V. et al. Diagnostic ultrasound algorithms for acute cardiovascular events. *Siberian Medical Journal (Tomsk)*. 2018;33(4):27–37. [Russian: Нарциссова Г.П., Волкова И.И., Зорина И.Г., Малахова О.Ю., Прохорова Д.С. и др. Алгоритмы ультразвуковой диагностики острых сердечно-сосудистых событий. Сибирский Медицинский Журнал (г. Томск). 2018;33(4):27-37]. DOI: 10.29001/2073-8552-2018-33-4-27-37
29. Dzhioeva ON, Orlov DO, Nikitin IG. Echocardiography in acute cardiovascular care. Part 1. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2019;8(4):138–44. [Russian: Джиоева О.Н., Орлов Д.О., Никитин И.Г. Эхокардиография в неотложной кардиологии. Часть 1. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019;8(4):138-44]. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-4-138-144
30. Dzhioeva O.N., Drapkina O.M. Heart ultrasound in COVID-19. *Arterial Hypertension*. 2020;26(3):270–6. [Russian: Джиоева О.Н., Драпкина О.М. Особенности ультразвукового исследования сердца у пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Артериальная гипертензия. 2020;26(3):270-6]. DOI: 10.18705/1607-419X-2020-26-3-270-276
31. Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused Cardiac Ultrasound: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2013;26(6):567–81. DOI: 10.1016/j.echo.2013.04.001
32. Pellicori P, Shah P, Cuthbert J, Urbinati A, Zhang J, Kallvikbacka-Bennett A et al. Prevalence, pattern and clinical relevance of ultrasound indices of congestion in outpatients with heart failure: Congestion by ultrasound in heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(7):904–16. DOI: 10.1002/ehj.1383
33. Via G, Hussain A, Wells M, Reardon R, ElBarbary M, Noble VE et al. International Evidence-Based Recommendations for Focused Cardiac Ultrasound. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2014;27(7):683.e1-683.e33. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.001
34. Ye X, Li N, Li J, Wu W, Li A, Li X. B-lines by lung ultrasound predict heart failure in hospitalized patients with acute anterior wall STEMI. *Echocardiography*. 2019;36(7):1253–62. DOI: 10.1111/echo.14420
35. Culp BC, Mock JD, Chiles CD, Culp WC. The Pocket Echocardiograph: Validation and Feasibility. *Echocardiography*. 2010;27(7):759–64. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2009.01125.x
36. Douglas PS, Garcia MJ, Haines DE, Lai WW, Manning WJ, Patel AR et al. ACCF/AHA/ASA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;57(9):1126–66. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.11.002
37. Panoulas VF, Daigeler A-L, Malaweera ASN, Lota AS, Baskaran D, Rahman S et al. Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2013;14(4):323–30. DOI: 10.1093/ehjci/jes140
38. Alexander JH, Peterson ED, Chen AY, Harding TM, Adams DB, Kisslo JA. Feasibility of point-of-care echocardiography by internal medicine house staff. *American Heart Journal*. 2004;147(3):476–81. DOI: 10.1016/j.ahj.2003.10.010
39. Ryan T, Berlachter K, Lindner JR, Mankad SV, Rose GA, Wang A. CO-CATS 4 Task Force 5: Training in Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(6):615–27. DOI: 10.1016/j.echo.2015.04.014
40. Price S, Platz E, Cullen L, Tavazzi G, Christ M, Cowie MR et al. Echocardiography and lung ultrasonography for the assessment and management of acute heart failure. *Nature Reviews Cardiology*. 2017;14(7):427–40. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.56
41. Mullens W, Damman K, Harjola V-P, Mebazaa A, Brunner-La Rocca H-P, Martens P et al. The use of diuretics in heart failure with congestion - a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(2):137–55. DOI: 10.1002/ehf.1369
42. Simon MA, Kliner DE, Girod JP, Mogueillansky D, Villanueva FS, Pacella JJ. Detection of elevated right atrial pressure using a simple bedside ultrasound measure. *American Heart Journal*. 2010;159(3):421–7. DOI: 10.1016/j.ahj.2010.01.004
43. Simon MA, Schnatz RG, Romeo JD, Pacella JJ. Bedside Ultrasound Assessment of Jugular Venous Compliance as a Potential Point-of-Care Method to Predict Acute Decompensated Heart Failure 30-Day Readmission. *Journal of the American Heart Association*. 2018;7(15):e008184. DOI: 10.1161/JAHA.117.008184
44. Hüfner A, Dodt C. Notfalldiagnostik und therapeutisches Management der akuten Dyspnoe. *Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2015;110(7):555–68. DOI: 10.1007/s00063-015-0084-1
45. Razi R, Estrada JR, Doll J, Spencer KT. Bedside Hand-Carried Ultrasound by Internal Medicine Residents Versus Traditional Clinical Assessment for the Identification of Systolic Dysfunction in Patients Admitted with Decompensated Heart Failure. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2011;24(12):1319–24. DOI: 10.1016/j.echo.2011.07.013
46. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care*. 2014;4(1):1–12. DOI: 10.1186/2110-5820-4-1
47. Maw AM, Hassanin A, Ho PM, McInnes MDF, Moss A, Juarez-Colunga E et al. Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Lung Ultrasonography and Chest Radiography in Adults With Symptoms Suggestive of Acute Decompensated Heart Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Network Open*. 2019;2(3):e190703. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.0703
48. Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, Maestro A, López-López L, Solé-González E et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (LUS-HF study). *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(12):1605–13. DOI: 10.1002/ehf.1604
49. Araiza-Garaygordobil D, Gopar-Nieto R, Martínez-Amezcuca P, Cabello-López A, Alanis-Estrada G, Luna-Herbert A et al. A randomized controlled trial of lung ultrasound-guided therapy in heart failure (CLUSTER-HF study). *American Heart Journal*. 2020;227: 31–9. DOI: 10.1016/j.ahj.2020.06.003
50. Manson W, Hafez NM. The Rapid Assessment of Dyspnea with Ultrasound: RADiUS. *Ultrasound Clinics*. 2011;6(2):261–76. DOI: 10.1016/j.cult.2011.03.010
51. Kajimoto K, Madeen K, Nakayama T, Tsudo H, Kuroda T, Abe T. Rapid evaluation by lung-cardiac-inferior vena cava (LCI) integrated ultrasound for differentiating heart failure from pulmonary disease as the cause of acute dyspnea in the emergency setting. *Cardiovascular Ultrasound*. 2012;10(1):49. DOI: 10.1186/1476-7120-10-49
52. Peterson D, Arntfield RT. Critical Care Ultrasonography. *Emergency Medicine Clinics of North America*. 2014;32(4):907–26. DOI: 10.1016/j.emc.2014.07.011
53. Byhahn C, Bingold TM, Zwissler B, Maier M, Walcher F. Prehospital ultrasound detects pericardial tamponade in a pregnant victim of stabbing assault. *Resuscitation*. 2008;76(1):146–8. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2007.07.020

54. Dipti A, Soucy Z, Surana A, Chandra S. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2012;30(8):1414-1419.e1. DOI: 10.1016/j.ajem.2011.10.017
55. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic Measurement of the Respiratory Variation in the Inferior Vena Cava Diameter Is Predictive of Fluid Responsiveness in Critically Ill Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2014;40(5):845-53. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010
56. Nagdev AD, Merchant RC, Tirado-Gonzalez A, Sisson CA, Murphy MC. Emergency Department Bedside Ultrasonographic Measurement of the Caval Index for Noninvasive Determination of Low Central Venous Pressure. *Annals of Emergency Medicine*. 2010;55(3):290-5. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2009.04.021
57. Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricôme J-L, Jardin F et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9):1740-6. DOI: 10.1007/s00134-004-2259-8
58. Feissel M, Michard F, Faller J-P, Teboul J-L. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9):1834-7. DOI: 10.1007/s00134-004-2233-5
59. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(1):1-39. e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
60. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2010;23(7):685-713. DOI: 10.1016/j.echo.2010.05.010
61. Lee CWC, Kory PD, Arntfield RT. Development of a fluid resuscitation protocol using inferior vena cava and lung ultrasound. *Journal of Critical Care*. 2016;31(1):96-100. DOI: 10.1016/j.jccr.2015.09.016
62. Alekhin M.N., Antonova L.N., Zatejshchikova A.A., Kiselev D.G., Shavrin I.V., Privalov D.V. et al. Doppler method of right atrium pressure estimation is applicable for pulmonary artery average pressure calculation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2010; 3:65-70. [Russian: АЛЕХИН М.Н., АНТОНОВА Л.Н., ЗАТЕЙЩИКОВА А.А., КИСЕЛЕВ Д.Г., ШАВРИН И.В., ПРИВАЛОВ Д.В. и др. Допплеровский способ оценки давления в правом предсердии применим для расчета среднего давления в легочной артерии у больных хронической обструктивной болезнью легких. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2010;3:65-70]
63. Alekhin M.N., Zatejshchikova A.A., Kiselev D.G., Shavrin I.V., Privalov D.V., Vtorushkin D.V. et al. Importance of echocardiographic postcava evaluation for calculations of average pressure in the pulmonary artery in patients with chronic obstructive lung disease. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin*. 2010;2:64-7. [Russian: АЛЕХИН М.Н., ЗАТЕЙЩИКОВА А.А., КИСЕЛЕВ Д.Г., ШАВРИН И.В., ПРИВАЛОВ Д.В., ВТОРУШКИН Д.В. и др. Значение эхокардиографической оценки нижней полой вены для расчета среднего давления в легочной артерии у больных хронической обструктивной болезнью легких. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2010;2: 64-7]
64. Lichtenstein D, Axler O. Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit: Prospective study of 150 consecutive patients. *Intensive Care Medicine*. 1993;19(6):353-5. DOI: 10.1007/BF01694712
65. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25. DOI: 10.1378/chest.07-2800
66. Lichtenstein DA. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. *Chest*. 2015;147(6):1659-70. DOI: 10.1378/chest.14-1313
67. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Medicine*. 2012;38(4):577-91. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4
68. Wooten WM, Shaffer LET, Hamilton LA. Bedside Ultrasound Versus Chest Radiography for Detection of Pulmonary Edema: A Prospective Cohort Study. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2019;38(4):967-73. DOI: 10.1002/jum.14781
69. Martindale JL, Wakai A, Collins SP, Levy PD, Diercks D, Hiestand BC et al. Diagnosing Acute Heart Failure in the Emergency Department: A Systematic Review and Meta-analysis. *Academic Emergency Medicine*. 2016;23(3):223-42. DOI: 10.1111/acem.12878
70. Martindale JL, Secko M, Kilpatrick JF, deSouza IS, Paladino L, Aherne A et al. Serial Sonographic Assessment of Pulmonary Edema in Patients with Hypertensive Acute Heart Failure. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2018;37(2):337-45. DOI: 10.1002/jum.14336
71. Picano E, Scali MC, Ciampi Q, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for the Cardiologist. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11(11):1692-705. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.06.023
72. Pietersen PI, Madsen KR, Graumann O, Konge L, Nielsen BU, Laurson CB. Lung ultrasound training: a systematic review of published literature in clinical lung ultrasound training. *Critical Ultrasound Journal*. 2018;10(1):23. DOI: 10.1186/s13089-018-0103-6
73. Education and Practical Standards Committee, European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology. Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound. *Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound*. 2006;27(01):79-95. DOI: 10.1055/s-2006-933605
74. The Royal College of Radiologists. Ultrasound Training Recommendations for Medical and Surgical Specialists. Third edition. Av. at: https://www.rcr.ac.uk/system/files/publication/field_publication_files/bfcr173_ultrasound_training_med_surg.pdf. 2017.
75. Mitkov V.V., Safonov D.V., Mitkova M.D., Alekhin M.N., Katrich A.N., Kabin Yu.V. et al. RASUDM consensus statement: lung ultrasound in the context of COVID-19 (version 2). *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2020;1:46-77. [Russian: Митков В.В., Сафонов Д.В., Миткова М.Д., АЛЕХИН М.Н., КАТРИЧ А.Н., КАБИН Ю.В. и др. Консенсусное заявление РАСУДМ об ультразвуковом исследовании легких в условиях пандемии COVID-19 (версия 2). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2020;1: 46-77]. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-46-77
76. Mitkov V.V., Safonov D.V., Mitkova M.D., Alekhin M.N., Katrich A.N., Kabin Yu.V. et al. RASUDM consensus statement: lung ultrasound in the context of COVID-19 (version 1). *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2020; 1:24-45. [Russian: Митков В.В., Сафонов Д.В., Миткова М.Д., АЛЕХИН М.Н., КАТРИЧ А.Н., КАБИН Ю.В. и др. Консенсусное заявление РАСУДМ об ультразвуковом исследовании легких в условиях COVID-19 (версия 1). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2020;1:24-45]. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-24-45
77. Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now? *Breathe*. 2017;13(2):100-11. DOI: 10.1183/20734735.004717
78. Milojevic J, Lemma K, Khosla R. Ultrasound use in the ICU for interventional pulmonology procedures. *Journal of Thoracic Disease*. 2021;13(8):5343-61. DOI: 10.21037/jtd-19-3564
79. Di Serafino M, Notaro M, Rea G, Iacobellis F, Delli Paoli V, Acampora C et al. The lung ultrasound: facts or artifacts? In the era of COVID-19 outbreak. *La radiologia medica*. 2020;125(8):738-53. DOI: 10.1007/s11547-020-01236-5
80. Scali MC, Zagatina A, Simova I, Zhuravskaya N, Ciampi Q, Paterini M et al. B-lines with Lung Ultrasound: The Optimal Scan Technique at Rest and During Stress. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2017;43(11):2558-66. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.07.007
81. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The 'lung point': an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Medicine*. 2000;26(10):1434-40. DOI: 10.1007/s001340000627
82. Diacon AH, Theron J, Bolliger CT. Transthoracic ultrasound for the pulmonologist: Current Opinion in Pulmonary Medicine. 2005;11(4):307-12. DOI: 10.1097/01.mcp.0000166591.03042.1f
83. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The Comet-tail Artifact: An Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome. *American Journal of Respiratory and Criti-*

- cal Care Medicine. 1997;156(5):1640–6. DOI: 10.1164/ajrcm.156.5.96-07096
84. Cogliati C, Casazza G, Ceriani E, Torzillo D, Furlotti S, Bossi I et al. Lung ultrasound and short-term prognosis in heart failure patients. *International Journal of Cardiology*. 2016; 218:104–8. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.05.010
 85. Öhman J, Harjola V-P, Karjalainen P, Lassus J. Assessment of early treatment response by rapid cardiothoracic ultrasound in acute heart failure: Cardiac filling pressures, pulmonary congestion and mortality. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care*. 2018;7(4):311–20. DOI: 10.1177/2048872617708974
 86. Platz E, Jhund PS, Gierd N, Pivetta E, McMurray JJV, Peacock WF et al. Expert consensus document: Reporting checklist for quantification of pulmonary congestion by lung ultrasound in heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(7):844–51. DOI: 10.1002/ejhf.1499
 87. Chichra A, Makaryus M, Chaudhri P, Narasimhan M. Ultrasound for the Pulmonary Consultant. *Clinical Medicine Insights: Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine*. 2016; 10:1–9. DOI: 10.4137/CCRPM.S33382
 88. Nagdev A, Mantuani D, Bailey C. ‘Triple Scan’ for Diagnosis of ADHF. *ACEP Now*. N9. 2012. [Av. at: <https://www.acepnow.com/article/triple-scan-diagnosis-adhf/>] [Internet] 2012. Available at: <https://www.acepnow.com/article/triple-scan-diagnosis-adhf/>
 89. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care: *European Journal of Anaesthesiology*. 2004;21(9):700–7. DOI: 10.1097/00003643-200409000-00006
 90. Kobalava Zh.D., Safarova A.F., Soloveva A.E., Cabello F.E., Meray I.A., Shavarova E.K. et al. Pulmonary congestion by lung ultrasound in decompensated heart failure. *Kardiologija*. 2019;59(8):5–14. [Russian: Кобалава Ж.Д., Сафарова А.Ф., Соловьева А.Е., Кабельо Ф.Е., Мерай И.А., Шаварова Е.К. и др. Легочный застой по данным ультразвукового исследования у пациентов с декомпенсацией сердечной недостаточности. *Кардиология*. 2019;59(8):5–14]. DOI: 10.18087/cardio.2019.8.n534
 91. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2006;24(6):689–96. DOI: 10.1016/j.ajem.2006.02.013
 92. Frasure SE, Matilsky DK, Siadecki SD, Platz E, Saul T, Lewis RE. Impact of patient positioning on lung ultrasound findings in acute heart failure. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care*. 2015;4(4):326–32. DOI: 10.1177/2048872614551505
 93. Hefny AF, Kunhivalappil FT, Paul M, Almansoori TM, Zoubeydi T, Abu-Zidan FM. Anatomical locations of air for rapid diagnosis of pneumothorax in blunt trauma patients. *World Journal of Emergency Surgery*. 2019;14(1):44. DOI: 10.1186/s13017-019-0263-0
 94. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG et al. Hand-Held Thoracic Sonography for Detecting Post-Traumatic Pneumothoraces: The Extended Focused Assessment with Sonography For Trauma (EFAST): *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2004;57(2):288–95. DOI: 10.1097/01.TA.0000133565.88871.E4
 95. Aziz SG, Patel BB, Ie SR, Rubio ER. The Lung Point Sign, not Pathognomonic of a Pneumothorax. *Ultrasound Quarterly*. 2016;32(3):277–9. DOI: 10.1097/RUQ.000000000000199
 96. Hassan M, Rizk R, Essam H, Abouelnour A. Validation of equations for pleural effusion volume estimation by ultrasonography. *Journal of Ultrasound*. 2017;20(4):267–71. DOI: 10.1007/s40477-017-0266-1
 97. Goecke W, Schwerk WB. Die Real-Time Sonographie in der Diagnostik von Pleuraergüssen. [DOI: 10.1007/978-3-642-93467-4_98]. In: *Ultraschall-diagnostik '89*. [ISBN: 978-3-642-93468-1, 978-3-642-93467-4]. Gebhardt J, Hackelöer B-J, von Klinggräff G, Seitz K, editors -Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg;1990.
 98. Gunst M, Sperry J, Ghaemmaghami V, O’Keeffe T, Friese R, Frankel H. Bedside Echocardiographic Assessment for Trauma/Critical Care: The BEAT Exam. *Journal of the American College of Surgeons*. 2008;207(3):e1–3. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2008.05.027
 99. Pershad J, Myers S, Plouman C, Rosson C, Elam K, Wan J et al. Bedside Limited Echocardiography by the Emergency Physician Is Accurate During Evaluation of the Critically Ill Patient. *Pediatrics*. 2004;114(6):e667–71. DOI: 10.1542/peds.2004-0881
 100. Hernandez C, Shuler K, Hannan H, Sonyika C, Likourezos A, Marshall J. C.A.U.S.E.: Cardiac arrest ultra-sound exam – A better approach to managing patients in primary non-arrhythmogenic cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008;76(2):198–206. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2007.06.033
 101. Kimura BJ, Shaw DJ, Amundson SA, Phan JN, Blanchard DG, De-Maria AN. Cardiac Limited Ultrasound Examination Techniques to Augment the Bedside Cardiac Physical Examination. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2015;34(9):1683–90. DOI: 10.7863/ultra.15.14.09002
 102. Lancôt J-F, Valois M, Beaulieu Y. EGLS: Echo-guided life support: An algorithmic approach to undifferentiated shock. *Critical Ultrasound Journal*. 2011;3(3):123–9. DOI: 10.1007/s13089-011-0083-2
 103. Chaudhry R, Galagali A, Narayanan R. Focused Abdominal Sonography in Trauma (FAST). *Medical Journal Armed Forces India*. 2007;63(1):62–3. DOI: 10.1016/S0377-1237(07)80113-4
 104. Nagre A. Focus-assessed transthoracic echocardiography: Implications in perioperative and intensive care. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2019;22(3):302–8. DOI: 10.4103/aca.ACA_88_18
 105. Breikreutz R, Price S, Steiger HV, Seeger FH, Ilper H, Ackermann H et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and periresuscitation of emergency patients: A prospective trial. *Resuscitation*. 2010;81(11):1527–33. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.07.013
 106. Breikreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: Concept of an advanced life support–conformed algorithm: *Critical Care Medicine*. 2007;35(Suppl 5):S150–61. DOI: 10.1097/01.CCM.0000260626.23848.FC
 107. Yanagawa Y, Ohsaka H, Nagasawa H, Takeuchi I, Jitsuiki K, Omori K. An analysis using modified rapid ultrasound for shock and hypotension for patients with endogenous cardiac arrest. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*. 2019;12(2):135–40. DOI: 10.4103/JETS.JETS_99_18
 108. Seif D, Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. Bedside Ultrasound in Resuscitation and the Rapid Ultrasound in Shock Protocol. *Critical Care Research and Practice*. 2012;2012:1–14. DOI: 10.1155/2012/503254