

Протокол прикроватного УЗИ-исследования при сердечной недостаточности (ConCOrD – CONgestion, Cardiac and multiORgan Dysfunction)

Е. А. Кочмарева^{1,2,3}, Р. Ю. Михей^{4,3}, В. Н. Лыхин³, Р. Э. Филявин^{3,4}, В. С. Соловьев^{3,5}

¹ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва

²ГБУЗ «Городская клиническая больница № 15 имени О. М. Филатова Департамента здравоохранения Москвы», Москва

³ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С. П. Боткина Департамента здравоохранения Москвы», Москва

⁴ГБУЗ «Станция скорой и неотложной медицинской помощи имени А. С. Пучкова Департамента здравоохранения Москвы», Москва

⁵Многопрофильный медицинский центр Банка России, Москва

РЕЗЮМЕ

В статье предложен алгоритм прикроватного ультразвукового исследования у пациентов с сердечной недостаточностью, состоящий из трех блоков: оценка морфофункциональной патологии сердца, выявление гипертензии в камерах сердца, наличие изменений в легких и серозных полостях. Данный протокол основан на методике point-of-care ultrasound и рассчитан на применение врачами клинических специальностей без углубленного знания УЗИ. Алгоритм представлен в двух вариациях: расширенной (для экспертной кардиологической оценки) и краткой для ургентного исследования. В статье представлены краткие сведения о постановке диагноза, терминологии и классификации сердечной недостаточности согласно современным клиническим рекомендациям.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сердечная недостаточность, систолическая дисфункция, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, легочная гипертензия, интерстициальный синдром, гиперволемия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Protocol of bedside ultrasound examination for heart failure (ConCOrD – CONgestion, Cardiac and multiORgan Dysfunction)

E. A. Kochmareva^{1,2,3}, R. Yu. Mikheev^{4,3}, V. N. Lykhin³, R. E. Filyavin^{3,4}, V. S. Solov'ev^{3,5}

¹Russian National Research Medical University n.a. N. I. Pirogov, Moscow, Russia

²Municipal Clinical Hospital No. 15 n.a. O. M. Filatov, Moscow, Russia

³State Clinical Hospital n.a. S. P. Botkin, Moscow, Russia

⁴Ambulance and Emergency Medical Care Station n.a. A. S. Puchkov, Moscow, Russia

⁵Multidisciplinary Medical Centre of the Bank of Russia, Moscow, Russia

SUMMARY

The purpose of this article is to discuss an algorithm for bedside ultrasound examination in patients with heart failure, which consisting of three blocks: assessment of morphofunctional cardiac pathology, detection of hypertension in the heart chambers, and the presence of congestion. This protocol is based on the point-of-care ultrasound methodology and is designed for use by doctors of clinical non-ultrasound specialties. The protocol is presented in two variations: extended (for expert cardiological assessment) and short for emergency examination. The article provides brief information about the diagnosis, terminology, and classification of heart failure according to modern clinical guidelines.

KEY WORDS: heart failure, systolic dysfunction, heart failure with preserved ejection fraction, pulmonary hypertension, lung oedema, congestion, hypervolemia.

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

Введение

Сердечная недостаточность (СН) – клинический синдром, характеризующийся наличием типичных симптомов и признаков, вызванных морфофункциональными нарушениями сердца, приведших к снижению сердечного выброса и (или) повышению давления наполнения сердца (клинические рекомендации по сердечной недостаточности Минздрава РФ 2020 года) [1]. В половине случаев сердечная недостаточность осложняет течение таких заболеваний, как артериальная гипертензия и ишемическая

болезнь сердца, реже – пороки сердца, миокардиты, кардиомиопатии и др. Таким образом, распространенность сердечной недостаточности, как осложнения большинства сердечно-сосудистых заболеваний, остается высокой – более 70 % среди пациентов старческой возрастной группы и порядка 7 % среди пациентов 30 лет [1].

Ультразвуковое исследование занимает центральное место в алгоритмах диагностики и лечения СН. Согласно классификации Европейского общества кардиологов [2], выделяют левожелудочковую (систолическую

Таблица 1

Классификация сердечной недостаточности, по данным клинических рекомендаций Европейского общества кардиологов 2021 года

Критерии постановки диагноза	ХСН с низкой ФВ	ХСН с промежуточной ФВ	ХСН с сохранной ФВ
Клинические	+	+	+
ФВ ЛЖ	ФВ ЛЖ $\leq 40\%$	ФВ ЛЖ 41–49%	ФВ ЛЖ $\geq 50\%$
Дополнительно			Структурные и (или) функциональные нарушения сердца + диастолическая дисфункция и (или) повышение давления наполнения ЛЖ, в т.ч. повышение натрийуретических пептидов

и диастолическую) и правожелудочковую сердечную недостаточность (наиболее изучена систолическая дисфункция). В терминальной стадии пациенты страдают бивентрикулярной сердечной недостаточностью. Среди пациентов с левожелудочковой недостаточностью выделяют больных с сохранной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) ($> 50\%$, преобладает диастолическая дисфункция), с промежуточной ФВ ЛЖ (40–50%) и со сниженной ФВ ($< 40\%$) (табл. 1). Для каждой категории больных эхокардиография имеет свои задачи.

Для пациентов с систолической дисфункцией отправной точкой тактики ведения является точное определение показателя ФВ ЛЖ, поскольку диагностика синдрома ХСН не вызывает затруднений и основывается на клинической картине и данных Эхо-КГ. Принципиальным вопросом для таких пациентов является имплантация внутрисердечных устройств типа ИКД и CRT, улучшающих качество и (или) продолжительность жизни, и одним из условий является ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ [2]. Кроме того, значительно усугубляет прогноз таких больных наличие тяжелой клапанной патологии (митральные и аортальные пороки), появление регургитации на клапанах при растяжении фиброзного кольца, постепенное снижение систолической функции ЛЖ, основным методом выявления которых также является Эхо-КГ.

Другим важным моментом является динамика клинического состояния на фоне терапии. Чувствительность УЗИ-исследования в отношении интерстициального синдрома легких и гидроторакса высока и позволяет выявить тенденцию в накоплении внесосудистой жидкости до появления выраженной клинической картины. Кроме того, УЗ-исследование помогает оценить волемический статус. Известно, что отправной точкой в решении вопроса о целесообразности и объеме назначения диуретических препаратов является факт гипергидратации с повышением давления наполнения камер сердца. При достижении компенсации СН и нормализации объема внутрисосудистой и интерстициальной жидкости доза диуретиков может быть существенно снижена. Простейшей методикой для определения волемического статуса является VExUS-протокол [3]. Текущие клинические рекомендации ЕОК с этой целью предлагают использовать УЗ-оценку нижней полой вены (НПВ) и легких с дальнейшей коррекцией терапии (класс доказательности IIb) [2].

Для пациентов с сохранной и незначительно сниженной фракцией выброса связь симптомов с кардиальной дисфункцией неоднозначна. УЗ-признаки интерстициального синдрома в легких могут быть следствием таких состояний, как некардиогенный отек легких, ковид-ассоциированное поражение и интерстициальные заболевания. В данном случае, помимо клинической картины, необходимо учитывать уровни натрийуретических пептидов и УЗ-критерии,

к которым относится выявление повышения давления наполнения ЛЖ, дилатация левого предсердия (ЛП), структурные изменения миокарда (гипертрофия, болезни накопления и т.д.) и др. показатели диастолической дисфункции ЛЖ. В доклинической стадии выявление данных признаков позволит изменить тактику лечения с целью предупреждения прогрессирования заболевания и профилактики развернутой сердечной недостаточности.

Резюмируя вышесказанное, задачами УЗИ-протокола для пациентов с сердечной недостаточностью, являются:

- 1) подтверждение застойного генеза симптоматики (выявление признаков застойных явлений по малому кругу кровообращения, жидкости в серозных полостях);
- 2) выявление структурных изменений сердца, являющихся субстратом для развития сердечной недостаточности (систолическая дисфункция, тяжелая клапанная патология, значимое утолщение миокарда);
- 3) выявление повышенного давления наполнения ЛЖ, посткапиллярной и прекапиллярной легочной гипертензии, гипертензии в полых и печеночных венах большого круга кровообращения;
- 4) динамическое отслеживание регресса органных проявлений, гипертензии в камерах сердца, нормализации волемического статуса.

Нами предложен УЗ-алгоритм исследования пациентов с признаками или подозрением на CH ConCoRD (Congestion protocol Cardiac and multiORgan Dysfunction), который носит описательный характер, состоит из трех самостоятельных блоков, каждый из которых может быть добавлен или исключен на усмотрение исследователя. В то же время протокол составлен на основании европейских рекомендаций Эхо-КГ, включает все необходимые показатели для составления наиболее полного представления о внутрисердечной гемодинамике. Последовательность проведения исследования учитывает стадийность прогрессирования сердечной недостаточности, в то же время в urgentных ситуациях и при динамических исследованиях протокол может быть видоизменен (краткая версия также описана ниже).

Описание протокола

Полная версия (рис. 1)

1 блок: выявление тяжелой морфофункциональной патологии сердца

1. Оценка систолической функции ЛЖ

Визуальный скрининг – оценка ФВ ЛЖ производится в парастернальной позиции по короткой оси ЛЖ и в четырехкамерной позиции (PSAX и 4CH) по следующим

ConCoRD – Congestion protocol Cardiac and multiORganDysfunction



Рисунок 1. Схема полной версии протокола ConCoRD.

Примечание: ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек, ФВ – фракция выброса, VTI – интеграл скорости – времени, TAPSE – систолическая фиброзная кольца трикуспидального клапана, МЖП – межжелудочковая перегородка, iVlп – индексированный объем левого предсердия, Vтр – пиковая скорость трикуспидальной регургитации, СДЛА – систолическое давление легочной артерии, S > Dпеч – преобладание систолического потока в печеночных венах, ЗМКК – застойные явления по малому кругу кровообращения, ЗБКК – застойные явления по большому кругу кровообращения.

Ударный объем

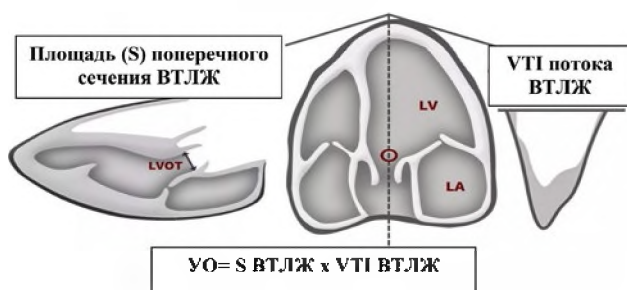


Рисунок 2. Расчет ударного объема левого желудочка.

Примечание: УО – ударный объем, ВТЛЖ – выносящий тракт левого желудочка, ЛЖ – левый желудочек, VTI – интеграл скорости по времени.

градациям: выраженное снижение (ФВ < 30%), умеренное снижение (ФВ = 30–50%), нормокинезия (ФВ = 50–70%), гиперкинезия (ФВ > 70%).

Количественная оценка ударного объема производится с помощью измерения Velocity Time Integral (VTI) выходного тракта ЛЖ (ВТЛЖ). Для этого луч импульсного доплера устанавливается в направлении трансортального потока в пятикамерной позиции (5CH), контрольный объем – над створками аортального клапана (рис. 2). Трассируется систолический поток, автоматически определяется VTI. Нормальное значение VTI ВТЛЖ > 18 см (что при значениях диаметра ВТЛЖ > 2 см соответствует ударному объему > 60 мл).

2. Оценка систолической функции правого желудочка (ПЖ).

Визуальная оценка функции ПЖ производится в позициях PSAX и 4CH по следующим критериям: уплощение/отклонение межжелудочковой перегородки (МЖП) влево (рис. 3), ПЖ/ЛЖ ≥ 1, участие ПЖ в формировании верхушки сердца.

Количественная оценка систолической функции ПЖ производится по амплитуде систолической экскурсии фиброзного кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE). Для проведения измерения необходимо направить УЗ-луч в М-режиме через латеральный край фиброзного кольца ТК, на полученном изображении измерить амплитуду (рис. 4). Гипокинезия свободной стенки ПЖ определяется как уменьшение амплитуды TAPSE < 17 мм.

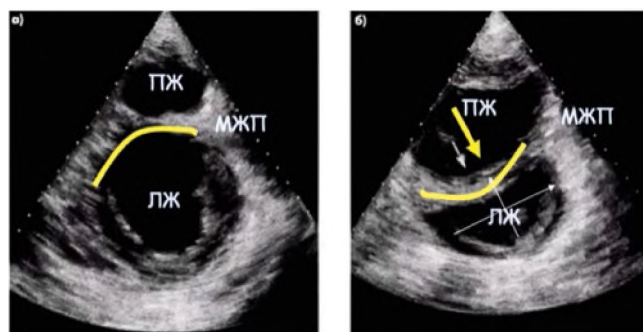


Рисунок 3. Парастеральная позиция по короткой оси (PSAX). На представленном рисунке: слева – норма, справа – дисфункция ПЖ.

Примечание: ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, МЖП – межжелудочковая перегородка.

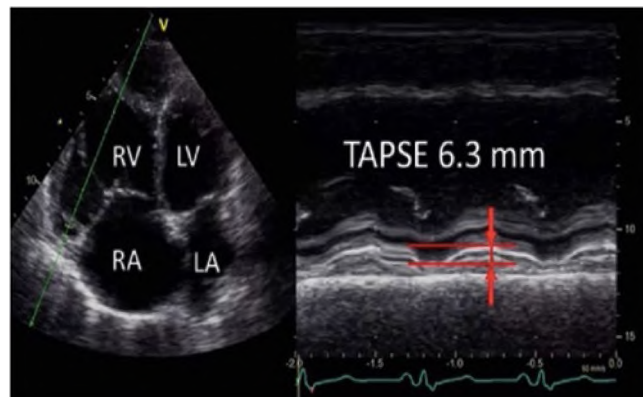


Рисунок 4. Четырёхкамерная позиция сердца, измерение амплитуды TAPSE. В четырёхкамерной позиции (слева) показаны признаки дисфункции ПЖ (ПЖ участвует в формировании верхушки сердца, ПЖ/ЛЖ > 1, изображено правильное направление УЗ-луча в М-режиме для измерения TAPSE. В М-режиме (справа) изображено измерение TAPSE. Примечание: RV – right ventricle, LV – left ventricle, RA – right atrium, LA – left atrium, TAPSE – tricuspid annular plane systolic excursion.

3. Выявление тяжелой клапанной патологии.

Для выявления тяжелой клапанной патологии рамку цветного доплера необходимо направить поочередно на все клапанные структуры и перегородки сердца.

Критерии тяжелых клапанных поражений

Регургитация на атриовентрикулярных клапанах тяжелой степени (митральная/трикуспидальная регургитация) – широкий центральный поток или эксцентричный поток, достигающий задней стенки предсердия (рис. 5).

Аортальная регургитация – соотношение ширины потока регургитации к диаметру ВТЛЖ ≥ 65% (рис. 5).

Митральный стеноз – турбулентный высокоскоростной антеградный трансмитральный поток (рис. 5).

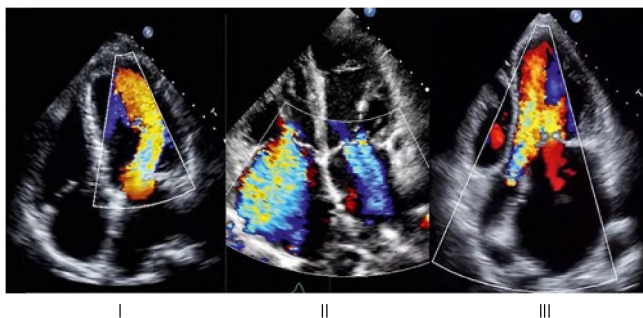


Рисунок 5. Клапанная патология в режиме цветного доплера. I – митральный стеноз в режиме цветного доплера. II – Умеренная митральная и тяжелая трикуспидальная недостаточность. III – митральный стеноз, тяжелая аортальная недостаточность.

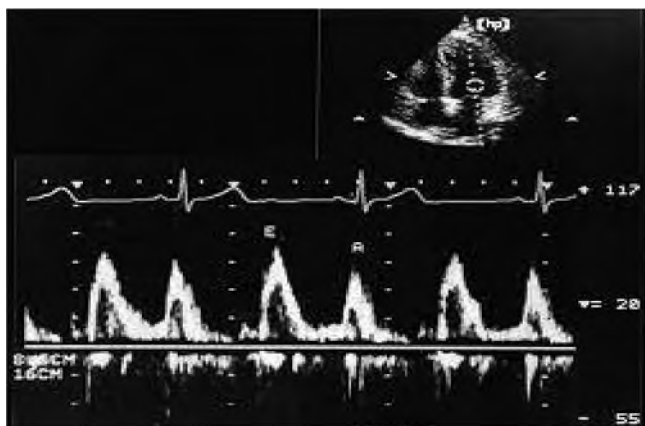


Рисунок 6. Измерение трансмитрального градиента для оценки тяжести митрального стеноза. Аортальный стеноз – турбулентный высокоскоростной систолический трансаортальный поток.

Количественная оценка митрального стеноза производится с помощью импульсного доплера в позиции 4СН путем установки контрольного объема сразу над створками МК. Полученный диастолический поток трассируется. Средний $P_{gr} > 10$ мм рт. ст. – критерий тяжелого митрального стеноза (рис. 6).

Количественная оценка производится с помощью постоянно-волнового доплера в позиции 5СН путем установки УЗ-луча в трансаортальный поток (под контролем цветного доплера). Полученный систолический поток трассируется. Средний $P_{gr} > 40$ мм рт. ст., $V_{max} > 4$ м/с – критерии тяжелого аортального стеноза.

Норма $V_{max} < 1,5$ м/с, 1,5–2,5 м/с – аортальный склероз, $> 2,5$ м/с – аортальный стеноз (рис. 7).

II блок: выявление признаков гипертензии в большом и малом кругах кровообращения

Данный этап состоит из нескольких самостоятельных частей, каждая из которых выполняет свои задачи.

1. Легочная посткапиллярная гипертензия (повышение конечно-диастолического давления (КДД), повышение давления в ЛП и легочных венах). Проводится по следующему алгоритму.

А. Определение профиля трансмитрального потока

Для этого контрольный объем импульсного доплера устанавливается над створками митрального клапана в позиции 4СН.

Ограничение – наличие у пациента фибрилляции / трепетания предсердий (отсутствует пик А – систола предсердий) и наличие тяжелой митральной недостаточности (профиль диастолической дисфункции будет по рестриктивному типу) (рис. 8).

Выявление профиля $E > 2A$ свидетельствует о повышении давления в малом круге кровообращения. Все остальные варианты требуют дальнейшего исследования.

Второй этап: выявление хотя бы двух признаков из трех

$E/e' > 14$ (рис. 9 С), V_{max} трикуспидальной регургитации $> 2,8$ м/с (рис. 9 В), индексированный объем ЛП > 34 мл/м² (рис. 9 А). Данный этап относится к экспертному ЭХО-исследованию, т.к. измерение данных показателей требует опыта.

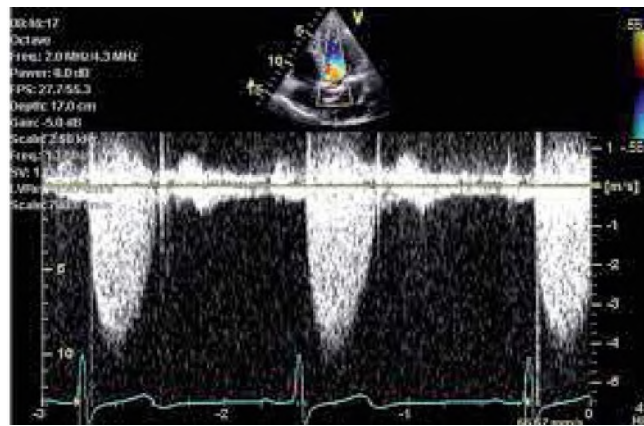
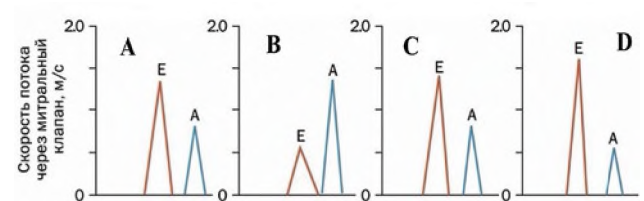


Рисунок 7. Допплеровское исследование аортального стеноза. Пятикамерная позиция, постоянно-волновой доплер. Систолический трансаортальный поток.



2A > E > 0.8A – нормальный тип (А) / псевдонорма (С). E ≤ 0.8A – нарушение релаксации (В). E > 2A – рестриктивный тип (D). Рисунок 8. Типы диастолической дисфункции.

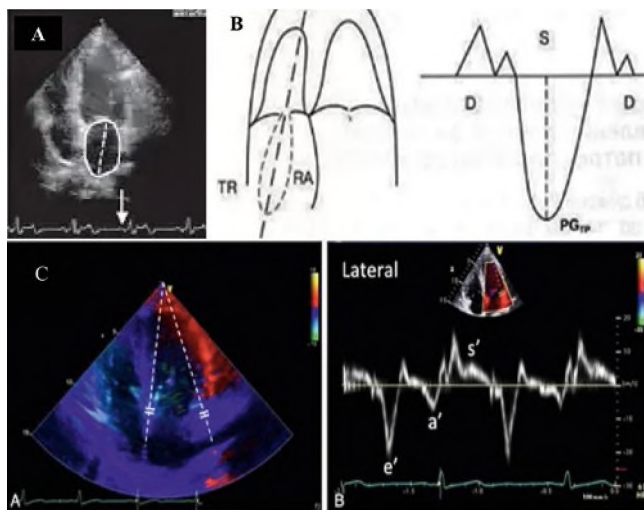


Рисунок 9. А – измерение объема ЛП по методу «площадь – длина» (для простоты выполнения в данном протоколе допущено отклонение от стандартов измерения), В – измерение скорости потока регургитации и пикового градиента на трикуспидальном клапане, С – измерение e' в режиме тканевого доплера.

Показатель e' определяется в режиме тканевого доплера путем установки контрольного объема на латеральном кольце митрального клапана, на полученном изображении отмечается V_{max} первого отрицательного пика (рис. 9 С).

V_{max} трикуспидальной регургитации определяется в режиме постоянного доплера в позиции 4СН путем установки УЗ-луча в поток трикуспидальной регургитации (под навигацией цветным доплером), на полученном изображении отмечается V_{max} , аппаратом высчитывается автоматический пиковый градиент P_{gr} (нужен для расчета систолического давления в легочной артерии) (рис. 9 В).

Таблица 2
Соотношение диаметра нижней полой вены и степени коллабирования ее на вдохе и давления в правом предсердии

Диаметр НПВ	Степень коллабирования	Рпп
> 2,1 см	< 50%	15 мм рт. ст.
< 1,5 см	> 50%	3 мм рт. ст.
1,5–2,1 см	Любые	8 мм рт. ст.

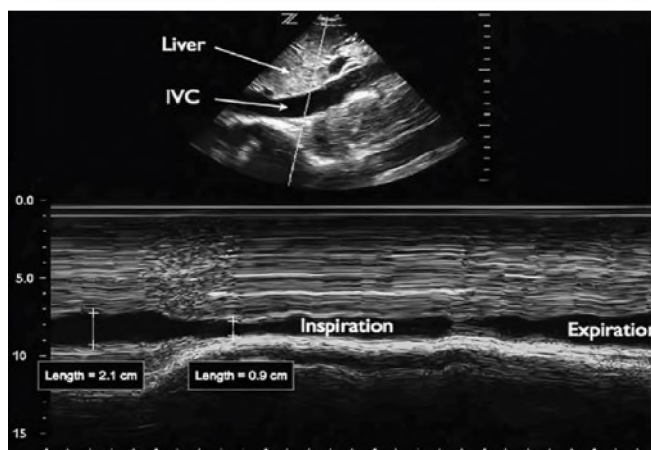


Рисунок 10. Коллабирование нижней полой вены при дыхании. Продольный скан в субкостальной позиции. IVC – нижняя полая вена.

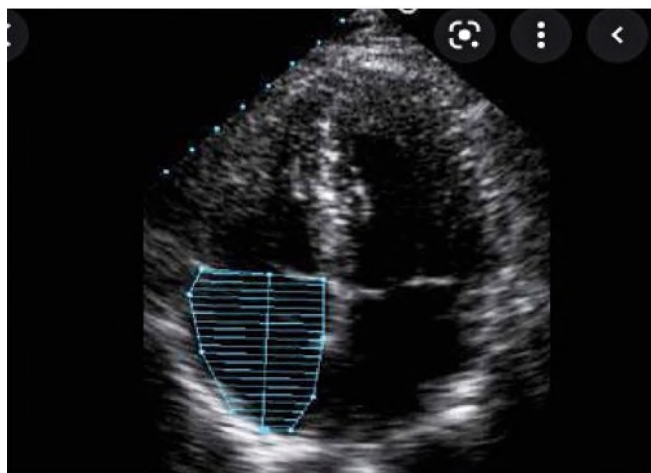


Рисунок 11. Измерение площади правого предсердия.

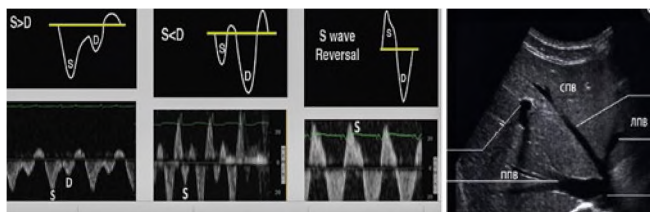


Рисунок 12. Типы кривых при доплеровском исследовании кровотока в печеночных венах. Примечание: СПВ – средняя печеночная вена, ППВ – правая печеночная вена, ЛПВ – левая печеночная вена. S – систола желудочков, D – диастола желудочков.

Объем левого предсердия* определяется методом «площадь – длина», для этого необходимо трассировать ЛП до фиброзного кольца в позиции 4СН в конце систолы,

индексированный показатель получается путем отношения полученного объема к площади поверхности тела пациента (рис. 9 А).

2. Оценка систолического давления в легочной артерии (легочная артериальная гипертензия)

Расчет производится путем допущения, что систолическое давление в легочной артерии соответствует систолическому давлению в ПЖ, что соответствует давлению в правом предсердии (ПП) + градиент давления на трикуспидальном клапане.

$СДЛА = P_{пж} = P_{пп} + P_{гр} - ТК$. $P_{гр}$ ТК был рассчитан в пункте 1 II блока алгоритма.

Давление в правом предсердии определяется по НПВ по схеме в зависимости от степени коллабирования на вдохе и диаметра на уровне 1 см от впадения в ПП. Для этого необходимо визуализировать НПВ из субкостального доступа по длинной оси (маркер направлен к голове пациента, продольный скан) (табл. 2, рис. 10). Критерии легочной артериальной гипертензии – $СДЛА > 40$ мм рт. ст.

3. Оценка повышения давления в правом предсердии и системная венозная гипертензия

Проводится с помощью трех показателей: площади правого предсердия, диаметра НПВ, профиля потока в печеночной вене.

Площадь правого предсердия измеряется путем трассирования в конце систолы в позиции 4СН. Признак повышения давления в ПП – дилатация ПП > 18 см² (рис. 11).

Дилатация НПВ $> 2,1$ см является косвенным признаком гиперволемии (рис. 10). В печеночных венах в режиме импульсного доплера (луч должен быть параллелен потоку) производится исследование потока. По соотношению пиков S/D можно судить о наличии гиперволемии у пациента (рис. 12).

Ограничение: при тяжелой трикуспидальной регургитации профиль потока будет соответствовать тяжелой гиперволемии (инверсия S). $S > D$ – нормальный профиль потока/зуволемия. $S < D$, инверсия S по направлению к датчику (выше изолинии) – гиперволемия.

III блок: выявление органичных признаков застойной сердечной недостаточности

Состоит из двух частей:

- выявление свободной жидкости в плевральных полостях, перикарде и брюшной полости.
- выявление интерстициального синдрома.

Первая часть: определение свободной жидкости в брюшной полости и в плевральных полостях производится по методике FAST-протокола [4]

Для этого конвексным датчиком производится продольное сканирование с маркером, направленным к голове

*Объем ЛП принято измерять в двух позициях – четырехкамерной и двухкамерной биплановым методом, однако, для простоты выполнения протокола и избежание выведения большого числа позиций, допущено отклонение от стандартов измерения. При наличии опыта выведения позиции 2СН и достаточного времени для проведения исследования, правильнее использовать биплановый метод.

пациента, по средней подмышечной линии снизу вверх от правого подреберья и визуализации почки до нижних отделов легких (рис. 13).

При этом отмечается наличие жидкости:

- в гепаторенальном кармане;
- в правом субдиафрагмальном пространстве;
- в правой плевральной полости.

Кроме того, сканируются нижние отделы легких на предмет выявления интерстициального синдрома по методике BLUE протокола (наличие В-линий) [5].

Аналогично происходит исследование левого квадранта брюшной полости продольным сканированием по задней подмышечной линии.

Исследуются на предмет выявления жидкости: спленоренальное пространство, левое субдиафрагмальное пространство, левая плевральная полость.

Завершает исследование в этой зоне оценка профиля легких в нижних отделах слева – В/А – профиль (рис. 14).

Вторая часть: оценка передних и верхнебоковых отделов легких

Для этого последовательно билатерально сканируются передне-верхние зоны (2–3-е межреберье по среднеключичной линии) и верхнебоковые зоны (4-е межреберье по средне-подмышечной линии, маркер направлен к голове пациента) (рис. 15).

Результатом исследования является выявление В-линий в исследуемых участках (В-линии определяются как гиперэхогенные артефакты по типу «луча кометы», берущие начало от плевральной линии и проходящие через весь скан (рис. 14) (норма – до трех В-линий в одном межреберном промежутке).

Наличие сливных широких В-линий, а также диффузный интерстициальный синдром над всей поверхностью легких является признаком выраженных застойных явлений в малом кругу кровообращения. Отсутствие В-линий в верхних и средних отделах легких предложено расценивать как невыраженные застойные явления.

Упрощенная версия протокола

В ургентных ситуациях, а также при динамических исследованиях в качестве упрощенной версии протокола предлагается следующая схема (рис. 16).

1. Оценка органной патологии (правый и левый квадранты брюшной полости и соответствующие правый и левый нижние отделы легких + плевральные полости).
2. Оценка волемического статуса путем измерения диаметра нижней полой вены.
3. Измерение СДЛА как показателя легочной гипертензии.
4. Фокусированная оценка сократимости желудочков и выявление грубой клапанной дисфункции.

Обсуждение

Необходимо отметить, что многие показатели, использованные в протоколе, имеют свои допущения и условия измерения.

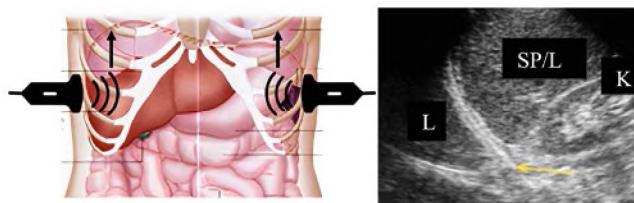


Рисунок 13. Схематично указано расположение датчика и маркера для исследования правого и левого квадрантов брюшной полости / плевральных полостей. На полученном скане: L – плевральная полость, SP/L – селезенка или печень, К – почка.



Рисунок 14. Профили легких: А – наличие А-линий (поперечные гиперэхогенные линии, являющейся «отражением» плевры и мягких тканей (признак «сухого» легкого). В – наличие В-линий – гиперэхогенных артефактов по типу «хвоста кометы», начинающихся от плевры и проходящих через весь скан, более 2-х в одном межреберном промежутке – признак интерстициального синдрома. Крайняя степень выраженности интерстициального синдрома – сливные, широкие В-линии, полностью закрывающие собой А-линии – «белое легкое» (С).

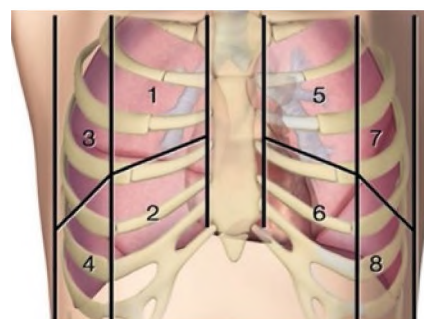


Рисунок 15. Расположение датчика и маркера для исследования передних – верхних и верхнебоковых зон легких.



Рисунок 16. Краткая версия протокола ConCORd для ургентных или динамических исследований.

1. Оценка глобальной сократимости ЛЖ

Визуальная оценка ФВ требует хорошего глазомера, опыта и визуализации. Такие показатели, как фракция укорочения, не могут быть использованы при нарушении геометрии ЛЖ, а измерение ФВ ЛЖ по Симпсону оператор-зависимо, трудоемко и не подходит для использования в качестве скринингового метода. Измерение VTI является стандартом неинвазивного мониторинга гемодинамики. Однако, вторым важным компонентом

изменения ударного объема по формуле $УО = VTИ \cdot VTЛЖ \cdot S_{VTЛЖ}$ является площадь поперечного сечения $VTЛЖ$. Таким образом, судить о величине ударного объема с использованием только параметра $VTИ$ возможно при отсутствии гипертрофии базальных сегментов ЛЖ.

2. Оценка систолической функции ПЖ

Показатель TAPSE является стандартным при исследовании функции ПЖ. Однако он отражает, по сути, продольную сократимость – систолическую экскурсию фиброзного кольца. Аналогом фракции выброса для ПЖ может служить фракция изменения площади (FAC), однако ввиду неправильной формы ПЖ, в различных вариациях 4-мерной позиции (например, ПЖ-фокусированная четырехкамерная позиция) его размеры могут сильно варьировать, что приведет к ложным вычислениям. Кроме того, существуют и другие показатели – MPI, IVA, изменение которых более сложно и не входит в фокусированные протоколы Эхо-КГ. Расширенная эхо-оценка правых камер сердца подробно освещена в рекомендациях [6].

3. Оценка давления в малом круге кровообращения

Неинвазивная оценка наличия посткапиллярной (венозной) гипертензии представляется затруднительной. При катетеризации для этой цели используется соответствующий показатель – давление заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), однако для него не существует УЗ-аналогов. Указанные показатели взяты из алгоритма, представленного в клинических рекомендациях по диагностике и лечению легочной гипертензии [7]. Для косвенной оценки давления наполнения ЛЖ, которое коррелирует с ДЗЛА, используется исследование трансмитрального кровотока и скорости движения митрального кольца в диастолу (показатели E/A , E/e'), причем $E/e' > 15$ приблизительно соответствует $ДЗЛА > 20$ мм рт. ст. [8, 9]. Данный показатель является независимым предиктором смерти при любой ФВ ЛЖ [10, 11]. В рекомендациях по УЗ-диагностике диастолической функции представлен алгоритм выявления повышенного давления в ЛП, что является косвенным признаком наличия посткапиллярной венозной гипертензии [12], в сокращенном варианте вышеуказанный алгоритм включен во второй блок протокола.

Необходимо отметить, что измерение E/A некорректно при тяжелой митральной регургитации, так как в данном случае выраженное преобладание E может быть вызвано преднагрузкой ЛЖ за счет регургитации, а не высокой гипертензией в легочных венах.

4. Оценка давления в большом круге кровообращения (БКК)

В протокол включена оценка гипертензии в венах, входящих в БКК – НПВ и печеночных венах, а также в ПП. Следует отметить, что инверсия пика S в печеночной вене также может наблюдаться при тяжелой ТР и не быть при этом признаком выраженной гиперволемии. Поскольку гипертензия и гиперволемия зачастую являются звеньями одной патофизиологической цепи, оценка диаметра НПВ и профиля потока в печеночной вене также входит в алгоритм выявления гиперволемии,

что продемонстрировано в краткой версии протокола. С полным протоколом VExUS можно отдельно ознакомиться и применять его по усмотрению оператора [3].

Органные изменения в стадии декомпенсации могут присутствовать в той или иной степени. Их выявление помогает установить диагноз и определить причину клинической симптоматики, потому обязательно должно быть включено в скрининговый УЗИ-протокол. Методика хорошо известна и представляет собой упрощенные версии FAST и BLUE протоколов [4, 5].

Как правило, застойные явления по малому кругу быстрее развиваются и тяжелее клинически проявляются в виде влажных хрипов / В-линий на УЗИ. В противоположность этому, гипертензия в БКК медленнее нарастает, реже встречается (так как реже встречаются заболевания, отражающиеся на функции правого сердца) и медленнее регрессируют, достигая порой таких больших объемов, что требуют проведения пункций серозных полостей.

В настоящее время УЗ-оценка легких является обязательным компонентом ведения пациентов с СН, что положительно отражается на сроке стационарного периода лечения [13].

Изначально при проведении УЗИ легких сканирование и получение изображения В-линий производилось в 28 зонах. Однако данная методика представляется достаточно трудоемкой и относительно время затратной. Сегодня же в описании методики УЗИ легких все чаще можно увидеть рекомендацию проведения исследования со сканированием восьми и четырех зон [14–16]. В текущем протоколе предложено исследование трех зон справа и трех зон слева, что соответствует симметричному распространению процесса снизу вверх.

Помимо расположения, другим важным параметром является количество В-линий. Имеется достаточное количество работ, в которых отражена корреляция между количеством В-линий, тяжестью сердечной недостаточности и клиническими исходами. Авторами были предложены различные пороговые количества В-линий – более 30 [17], более 15 [18] как независимые предикторы повторной госпитализации. Поскольку точное определение В-линий оператор-зависимо, в настоящем протоколе предложена полуколичественная оценка интерстициального синдрома с учетом его локализации и характера В-линий.

Также необходимо отметить сходство УЗ-картины при застойных явлениях по малому кругу кровообращения и COVID-19 – ассоциированном поражении легких. В пользу инфекционного генеза интерстициального синдрома говорит нетипичное распространение процесса (левосторонний, с поражением верхних отделов легких, несоблюдение правила нарастания интенсивности процесса справа налево, снизу вверх) субплевральные консолидации, утолщение плевры.

Блок 2 – углубленная оценка внутрисердечной гемодинамики с элементами экспертного исследования. Особенную ценность представляет у пациентов с сердечной недостаточностью с сохранной фракцией выброса. В данном случае цель исследования – выявление функциональных нарушений при отсутствии снижения сократимости сердца.

Заклучение

Таким образом, настоящий алгоритм представляет собой разноплановое УЗ-исследование сердечно-сосудистой системы у пациентов с различными формами сердечной недостаточности, что позволяет модифицировать его в зависимости от ситуации и использовать как в качестве экспертного протокола, так и в urgentных ситуациях. Предложенный алгоритм ConCOrD основан на клинических рекомендациях ведущих мировых экспертов по УЗИ- и клинической диагностике, и его применение поможет повысить эффективность лечения пациентов с сердечной недостаточностью.

Список литературы / References

1. Клинические рекомендации «Хроническая сердечная недостаточность» Министерства Здравоохранения Российской Федерации 2022 г. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156_1
Clinical recommendations 'Chronic Heart Failure' of the Ministry of Health of the Russian Federation 2022. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156_1
2. Volkmar Falk, José Ramón González-Juanatey, Veli-Pekka Harjola, Ewa A Jankowska, Mariell Jessup, Cecilia Linde, Petros Nihoyannopoulos, John T Parissis, Burkert Pieske, Jillian P Riley, Giuseppe M C Rosano, Luis M Ruilope, Frank Ruschitzka, Frans H Rutten, Peter van der Meer, ESC Scientific Document Group, 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*, Volume 37, Issue 27, 14 July 2016, Pages 2129–2200, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
3. Vexus protocol <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>
4. FAST protocol. Bloom A. & Gibbons R. C. (2020). Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST). StatPearls, 2020.
5. The BLUE Protocol Daniel A. Lichtenstein, MD, FCCP and Gilbert A. Mezière, MD CHEST July 2008.
6. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography Lawrence G. Rudski, MD, FASE, Chair, Wyman W. Lai, MD, MPH, FASE, Jonathan Afkalo, MD, MSc, Langqi Hua, RDCS, FASE, Mark D. Handschumacher, BSc, Krishnaswamy Chandrasekaran, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Eric K. Louie, MD, and Nelson B. Schiller, MD, Montreal, Quebec, Canada; New York, New York; Boston, Massachusetts; Phoenix, Arizona; London, United Kingdom; San Francisco, California (*J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 685–713).
7. Luke S. Howard, Julia Grapsa, David Dawson, Michael Bellamy, John B. Chambers, Navroz D. Masani, Petros Nihoyannopoulos and J. Simon R. Gibbs Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension: standard operating procedure. *Eur Respir Rev* 2012; 21: 125, 239–248 DOI: 10.1183/09059180.00003912.

8. Grayburn P., Appleton C., DeMaria A., Greenberg B., Lowes B., Oh J., et al. Echocardiographic predictors of morbidity and mortality in patients with advanced heart failure. The Beta-blocker Evaluation of Survival Trial (BEST). *J Am Coll Cardiol*, 2005, vol. 45 (pg. 1064–1071).
9. Nagueh S., Middleton K., Kopelen H., Zoghbi W., Quinones M.. Doppler tissue imaging: a non-invasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol*, 1997, vol. 30 (pg. 1527–1533).
10. Hillis G., Moller J., Pellikka P., Geish B., Wright R., Ommen S., et al. Non-invasive estimation of left ventricular filling pressure by E/e' is a powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2004, vol. 43 (pg. 360–367).
11. Moller J., Pellikka P., Hillis G., Oh J. Prognostic importance of diastolic function and filling pressure in patients with acute myocardial infarction. *Circulation*, 2006, vol. 114 (pg. 438–444).
12. Рекомендации по диастолической дисфункции ACE. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging Sherif F. Nagueh, Chair, MD, FASE, Otto A. Smiseth, Co-Chair, MD, PhD, Christopher P. Appleton, MD, Benjamin F. Byrd, III, MD, FASE, Hisham Dokainish, MD, FASE, Thor Edvardsen, MD, PhD, Frank A. Flachskampf, MD, PhD, FESC, Thierry C. Gillebert, MD, PhD, FESC, Allan L. Klein, MD, FASE, Patrizio Lancellotti, MD, PhD, FESC, Paolo Marino, MD, FESC, Jae K. Oh, MD, Bogdan Alexandru Popescu, MD, PhD, FESC, FASE, and Alan D. Waggoner, MHS, RDCS I, Houston, Texas; Oslo, Norway; Phoenix, Arizona; Nashville, Tennessee; Hamilton, Ontario, Canada; Uppsala, Sweden; Ghent and Liege, Belgium; Cleveland, Ohio; Novara, Italy; Rochester, Minnesota; Bucharest, Romania; and St. Louis, Missouri (*J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29: 277–314).
13. Mozzini C., Cominacini L., Casadei A., et al. Ultrasonography in Heart Failure: A Story that Matters *Curr Probl Cardiol*. 2019; 44 (4): 116–36. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2018.05.003.
14. Picano E., Pellikka P.A. Ultrasound of extravascular lung water: A new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J*. 2016; 2097–104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw164.
15. Platz E, Merz AA, Jhund PS, et al. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *Eur J Heart Fail*. 2017; 19 (9): 1154–63. DOI: 10.1002/ehf.839.
16. Platz E, Campbell RT, Claggett B, et al. Lung Ultrasound in Acute Heart Failure: Prevalence of Pulmonary Congestion and Short- and Long-Term Outcomes. *JACC Heart Fail*. 2019; 7 (10): 849–58. DOI: 10.1016/j.jchf.2019.07.008.
17. Pellicori P, Shah P, Cuthbert J, et al. Prevalence, pattern and clinical relevance of ultrasound indices of congestion in outpatients with heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2019; 21 (7): 904–916. DOI: 10.1002/ehfj.1383.
18. Кобалова Ж.Д., Сафарова А.Ф., Кохан Е.В., Исламова М.Р. Статус и перспективы использования ультразвукового исследования легких в оптимизации ведения пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (1): 3666. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-1-3666>
Kobalava Zh.D., Safarova A.F., Kokhan E.V., Islamova M.R. Status and prospects for the use of lung ultrasound in optimizing the management of patients with chronic heart failure. *Russian journal of cardiology*. 2020; 25 (1): 3666. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-1-3666>

Статья поступила / Received 06.02.22

Получена после рецензирования / Revised 15.02.22

Принята к публикации / Accepted 05.07.22

Сведения об авторах

Кочмарева Елена Анатольевна, к.м.н., зав. учебной лабораторией кафедры госпитальной терапии им. П.Е. Лукомского¹, врач-кардиолог², преподаватель учебно-аккредитационного центра (медицинский симуляционный центр Боткинской больницы)³. E-mail: sangrija27@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-6614-6251

Михей Роман Юрьевич, врач – анестезиолог-реаниматолог⁴, преподаватель учебно-аккредитационного центра (медицинский симуляционный центр Боткинской больницы)³. E-mail: dmikhey@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-1317-8740

Лыхин Всеволод Николаевич, врач – анестезиолог-реаниматолог, преподаватель учебно-аккредитационного центра (медицинский симуляционный центр Боткинской больницы)³. E-mail: pro-zemo@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-3129-2037

Филивин Роман Эдуардович, врач скорой помощи⁴, преподаватель учебно-аккредитационного центра (медицинский симуляционный центр Боткинской больницы)³. E-mail: filyavin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9421-504X

Соловьев Вадим Сергеевич, зав. отделением анестезиологии⁵, преподаватель учебно-аккредитационного центра (медицинский симуляционный центр Боткинской больницы)³. ORCID: 0000-0002-4845-3610

¹ ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

² ГБУЗ «Городская клиническая больница № 15 имени О.М. Филатова Департамента здравоохранения Москвы», Москва

³ ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения Москвы», Москва

⁴ ГБУЗ «Станция скорой и неотложной медицинской помощи имени А.С. Пучкова Департамента здравоохранения Москвы», Москва

⁵ Многопрофильный медицинский центр Банка России, Москва

Автор для переписки: Кочмарева Е.А. E-mail: sangrija27@yandex.ru

Для цитирования: Кочмарева Е.А., Михей Р.Ю., Лыхин В.Н., Филивин Р.Э., Соловьев В.С. Протокол прикроватного УЗИ-исследования при сердечной недостаточности (ConCOrD – CONgestion, Cardiac and multiORgan Dysfunction). *Медицинский алфавит*. 2022; (17): 42–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-17-42-49>

About authors

Kochmareva Elena A., PhD Med, head of Educational Laboratory of Dept of Hospital Therapy n.a. P.E. Lukomsky¹, cardiologist², teacher at Training and Accreditation Centre (Medical Simulation Centre of the Botkin Hospital)³. E-mail: sangrija27@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-6614-6251

Mikhey Roman Yu., anesthesiologist-resuscitator⁴, teacher at Training and Accreditation Centre (Medical Simulation Centre of the Botkin Hospital)³. E-mail: dmikhey@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-1317-8740

Lykhin Vsevolod N., anesthesiologist-resuscitator, teacher at Training and Accreditation Centre (Medical Simulation Centre of the Botkin Hospital)³. E-mail: pro-zemo@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-3129-2037

Filyavin Roman E., emergency doctor⁴, teacher of Training and Accreditation Centre (Medical Simulation Centre of the Botkin Hospital)³. E-mail: filyavin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9421-504X

Solov'yev Vadim S., head of Dept of Anesthesiology⁵, teacher at Training and Accreditation Centre (Medical Simulation Centre of the Botkin Hospital)³. ORCID: 0000-0002-4845-3610

¹ Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

² Municipal Clinical Hospital No. 15 n.a. O.M. Filatov, Moscow, Russia

³ State Clinical Hospital n.a. S.P. Botkin, Moscow, Russia

⁴ Ambulance and Emergency Medical Care Station n.a. A.S. Puchkov, Moscow, Russia

⁵ Multidisciplinary Medical Centre of the Bank of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Kochmareva E.A. E-mail: sangrija27@yandex.ru

For citation: Kochmareva E.A., Mikhei R. Yu., Lykhin V.N., Filyavin R.E., Solov'yev V.S. Protocol of bedside ultrasound examination for heart failure (ConCOrD – CONgestion, Cardiac and multiORgan Dysfunction). *Medical Alphabet*. 2022; (17): 42–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-17-42-49>