



Сравнительный анализ мониторинга гемодинамики с помощью катетеризации легочной артерии и трансторакальной эхокардиографии у пациентов с кардиогенным шоком

Рябов В.В., Сыркина А.Г., Керчева М.А., Ёлгин И.И., Пантелеев О.О.

Цель. Сравнить основные показатели центральной гемодинамики, снятые путем катетеризации легочной артерии и с помощью трансторакальной эхокардиографии (ТЭхоКГ).

Материал и методы. Выполнено проспективное исследование с участием 20 пациентов с острым инфарктом миокарда, осложненным истинным кардиогенным шоком. Всем пациентам практически синхронно выполнялось измерение ряда показателей центральной гемодинамики с помощью катетера Свана-Ганца и тех же показателей с помощью ТЭхоКГ. Сравнение обеих методик проводилось путем корреляционного анализа Спирмена и построения диаграмм Бланда-Альтмана с помощью программы STATISTICA 8.0.

Результаты. Нами обнаружено довольно много согласованностей между показателями, снятыми двумя методиками у одного и того же пациента примерно в одно и то же время.

Так, сердечный индекс (СИ) хорошо измеряется обеими методиками. При этом корреляционный коэффициент был значимо выше при измерении СИ посредством VT1 ($r=0,81$ vs $r=0,81$) по сравнению с расчетом СИ через объемы ЛЖ, поэтому мы считаем первый способ предпочтительным.

Значения общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС), вычисленные по давлению в правом предсердии, не выявили согласования методик, в то же время, вычисленные по центральному венозному давлению — выявили.

Не показало согласованности методик измерение давления заклинивания легочной артерии. Мы считаем, что это связано с тем, что оценка диастолической функции, через которую впоследствии производится расчет, у реанимационных пациентов в режиме фокусного ТЭхоКГ может быть затруднена и недостаточно корректна.

Заключение. ТЭхоКГ можно применять для мониторинга центральной гемодинамики в случаях удовлетворительной и умеренно сниженной визуализации изображений сердца.

Статистически согласованными являются как результаты измерений СИ с помощью формулы Бернулли, так и СИ, рассчитанного, исходя из разницы объемов левого желудочка, а также измерение ОПСС с помощью центрального венозного давления.

Измерение ОПСС с помощью давления в правом предсердии и измерение давления заклинивания легочной артерии не продемонстрировали согласованности разных методик.

Мы считаем, что ТЭхоКГ можно использовать для мониторинга СИ и ОПСС у пациентов с инфарктом миокарда, осложненным истинным кардиогенным шоком.

Ключевые слова: центральная гемодинамика, кардиогенный шок, фокусная эхокардиография.

Отношения и деятельность. Государственное задание на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-00712-24-04 от 02.04.2024, лаборатория инфаркт-ассоциированного шока.

Научно-исследовательский институт кардиологии, ФГБНУ Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Томск, Россия.

Рябов В.В. — д.м.н., зам. директора по научной и клинической работе, и.о. зав. отделением неотложной кардиологии, ORCID: 0000-0002-4358-7329, Сыркина А.Г.* — к.м.н., с.н.с. отделения неотложной кардиологии, ORCID: 0000-0001-5581-5387, Керчева М.А. — к.м.н., н.с. отделения неотложной кардиологии, и.о. зав. лабораторией инфаркт-ассоциированного шока, ORCID: 0000-0003-1444-1037, Ёлгин И.И. — врач функциональной диагностики отделения неотложной кардиологии, ORCID: 0009-0006-6793-9831, Пантелеев О.О. — н.с. отделения неотложной кардиологии, ORCID: 0000-0001-5152-2106.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
sag@cardio-tomsk.ru

ВОЛЖ — выводной отдел левого желудочка, ДЗЛА — давление заклинивания легочной артерии, ИМ — инфаркт миокарда, КДО — конечный диастолический объем, КСО — конечный систолический объем, КШ — кардиогенный шок, ЛА — легочная артерия, ЛЖ — левый желудочек, МЦГ — мониторинг центральной гемодинамики, ОПСС — общее периферическое сосудистое сопротивление, ПП — правое предсердие, СВ — сердечный выброс, СИ — сердечный индекс, ТЭхоКГ — трансторакальная эхокардиография, ЦВД — центральное венозное давление.

Рукопись получена 05.06.2024

Рецензия получена 17.06.2024

Принята к публикации 10.07.2024



Для цитирования: Рябов В.В., Сыркина А.Г., Керчева М.А., Ёлгин И.И., Пантелеев О.О. Сравнительный анализ мониторинга гемодинамики с помощью катетеризации легочной артерии и трансторакальной эхокардиографии у пациентов с кардиогенным шоком. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(7):5990. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5990. EDN SOJKZQ

Comparative analysis of hemodynamic monitoring with pulmonary artery catheter and transthoracic echocardiography in patients with cardiogenic shock

Ryabov V.V., Syrkina A.G., Kercheva M.A., Yolgina I.I., Panteleev O.O.

Aim. To compare main central hemodynamic parameters obtained by pulmonary artery catheterization and transthoracic echocardiography (TTE).

Material and methods. This prospective study included 20 patients with acute myocardial infarction complicated by true cardiogenic shock. In all patients, number of central hemodynamic parameters was measured using a Swan-Ganz catheter and TTE. Comparison of both methods was carried out by Spearman correlation analysis and Bland-Altman plots using the STATISTICA 8.0 program.

Results. We found quite a lot of agreement between the parameters measured by the two methods in the same patient at approximately the same time.

Thus, the cardiac index (CI) is well measured by both methods. At the same time, the correlation coefficient was significantly higher when measuring CI using VT1 ($r=0,81$ vs $r=0,81$) compared to LV volumes. Therefore, we consider the first method to be preferable.

The values of total peripheral vascular resistance (TPVR), estimated by right atrial pressure, did not reveal agreement between methods. At the same time, there was agreement in case of central venous pressure.

Measurement of pulmonary wedge pressure did not show agreement in methods. We believe that this is due to the fact that diastolic function assessment in inten-

sive care patients in the focal TTE mode may be difficult and not sufficiently correct.

Conclusion. TTE can be used to monitor central hemodynamics in cases of satisfactory and moderately reduced cardiac imaging.

Both the results of CI measurement using the Bernoulli formula and left ventricular volumes, as well as measuring TPVR using central venous pressure, are statistically consistent.

Measurement of TPVR using right atrial pressure and measurement of pulmonary wedge pressure did not demonstrate agreement between the different techniques. We believe that TTE can be used to monitor CI and TPVR in patients with myocardial infarction complicated by true cardiogenic shock.

Keywords: central hemodynamics, cardiogenic shock, focal echocardiography.

Relationships and Activities. State assignment № 075-00712-24-04 dated April 2, 2024, laboratory of myocardial infarction-associated shock.

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russia.

Ryabov V.V. ORCID: 0000-0002-4358-7329, Syrkina A.G.* ORCID: 0000-0001-5581-5387, Kercheva M.A. ORCID: 0000-0003-1444-1037, Yolgina I.I. ORCID: 0009-0006-6793-9831, Panteleev O.O. ORCID: 0000-0001-5152-2106.

*Corresponding author: sag@cardio-tomsk.ru

Received: 05.06.2024 **Revision Received:** 17.06.2024 **Accepted:** 10.07.2024

For citation: Ryabov V.V., Syrkina A.G., Kercheva M.A., Yolgina I.I., Panteleev O.O. Comparative analysis of hemodynamic monitoring with pulmonary artery catheter and transthoracic echocardiography in patients with cardiogenic shock. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(7):5990. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5990. EDN SOJKZQ

Ключевые моменты

- Фокусная эхокардиография не хуже катетеризации легочной артерии в части мониторингирования сердечного индекса и общего периферического сосудистого сопротивления у пациентов с инфарктом миокарда, осложненным кардиогенным шоком.
- Более предпочтительным способом для расчета сердечного индекса мы считаем измерение VTI выводного отдела левого желудочка.

Key messages

- Focused echocardiography is noninferior to pulmonary artery catheterization in monitoring cardiac index and total peripheral vascular resistance in patients with myocardial infarction complicated by cardiogenic shock.
- We consider the left ventricular outflow tract VTI measurement to be a more preferable method for cardiac index estimation.

Кардиогенный шок (КШ) — одно из самых тяжелых осложнений инфаркта миокарда (ИМ), приводящее к высокой летальности, усугубляющее течение коморбидных заболеваний, отрицательно влияющее на ближайший и отдаленный прогноз. Несмотря на все усилия, последнее время летальность от КШ колеблется в пределах 30–50% без тенденции к дальнейшему снижению [1]. Таким образом, существует необходимость поиска новых подходов к диагностике и терапии данного состояния.

Понимание гемодинамических механизмов возникновения и течения КШ — ключ к адекватной и эффективной его терапии. Особенно это актуально при сочетании шоков разного генеза у одного и того же пациента. Так, у пациентов с истинным КШ нередко присоединяется септический шок, в ряде случаев — геморрагический. В этих ситуациях особенно актуальным становится мониторингирование основных параметров центральной гемодинамики.

Практически любой вид шока инициируется интенсивным и достаточно резким снижением сердечного выброса (СВ). Оценка данного показателя в сочетании с преднагрузкой и постнагрузкой позволяет дифференцировать основные варианты острого расстройства циркуляции — гиповолемический, вазо-

плегический и кардиогенный; в последнем случае ведущий механизм связан со снижением сократительной функции левого желудочка (ЛЖ) [2].

СВ как один из основных признаков шока и критериев эффективности его лечения является интегральным показателем, в основе которого лежит нарушение структуры и функции ЛЖ. Кроме этого параметра патогенетическая составляющая шока лежит в плоскости значений общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС), давления заклинивания легочной артерии (ДЗЛА) и волемического статуса [3, 4]. Грамотное лечение конкретного пациента предполагает снятие абсолютных значений этих показателей в текущий момент времени, вследствие чего назначение препаратов становится более очевидным и обоснованным.

Существует множество способов мониторингирования центральной гемодинамики (МЦГ), однако до сих пор нет четких рекомендаций по использованию той или иной методики, в частности, при КШ [5].

Золотой стандарт МЦГ в виде катетеризации легочной артерии (ЛА) по методу Свана-Ганца уже давно используется в практике, однако имеет ряд неудобств, в т.ч. для пациента, поскольку является инвазивной процедурой. С развитием в последние годы

эхокардиографии в целом и с появлением такого понятия как фокусная эхокардиография, данный подход стал чрезвычайно востребованным в условиях палаты интенсивной терапии, где решения нужно принимать быстро, и где они могут часто меняться [6].

На практике достаточно основных показателей центральной гемодинамики для быстрого и верного принятия того или иного решения. В то же время количество исследований по этой проблеме недостаточно [7].

Альтернативный подход к МЦГ с помощью трансторакальной эхокардиографии (ТЭхоКГ) целесообразен и оправдан, удобен для пациента, является неинвазивным, не обладает минусами, которые есть у методики Свана-Ганца [8].

Однако в настоящее время нет однозначного мнения, может ли МЦГ с помощью ТЭхоКГ стать заменой аналогичным измерениям при катетеризации ЛА.

Цель: сравнить основные показатели центральной гемодинамики, снятые путем катетеризации ЛА и с помощью ТЭхоКГ.

Гипотеза. Метод ТЭхоКГ для определения СВ, ОПСС и ДЗЛА не хуже, чем методика Свана-Ганца для этих же целей.

Материал и методы

В исследование включено 20 пациентов с острым ИМ, осложненным истинным КШ, согласно четвертому универсальному определению ИМ и клинико-лабораторным общепринятым критериям КШ [9, 10].

Исследование было одобрено комитетом по биоэтической этике при НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол заседания № 190 от 13.11.2019). У всех пациентов было подписано информированное согласие, предусматривающее, что пациент не в состоянии самостоятельно подписать данную форму, поскольку практически каждый из них на момент включения в исследование находился в бессознательном состоянии. В данной ситуации подписание документа проводилось двумя незаинтересованными лицами из врачебного персонала реанимации.

Критерии включения:

1. Возраст более 18 лет;
2. Наличие КШ согласно общепринятым клиническим и лабораторным критериям.

Критерии исключения:

1. Постоянная форма фибрилляции предсердий;
2. Выраженный аортальный стеноз;
3. Регургитация 2-4 степени на аортальном и/или митральном клапанах;
4. Активное большое кровотечение;
5. Механические осложнения острого ИМ;
6. Противопоказания к установке катетера Свана-Ганца.

Всем пациентам практически синхронно выполнялось измерение ряда показателей центральной

Таблица 1

Прямые и расчетные показатели центральной гемодинамики, полученные с помощью катетера Свана-Ганца и с помощью ТЭхоКГ

Параметры
Центральное венозное давление
Ударный объем
Сердечный выброс
Сердечный индекс
Общее периферическое сосудистое сопротивление
Давление заклинивания легочной артерии

гемодинамики (табл. 1) с помощью катетера Свана-Ганца и тех же показателей с помощью ТЭхоКГ.

Катетеризация ЛА проводилась в рамках рутинной практики [11, 12]. В асептических условиях под местной инфильтративной анестезией в просвет правой внутренней яремной вены при помощи ультразвуковой навигации по методике Сельдингера устанавливался интродьюсер 8 Fr. После фиксации интродьюсера к коже одиночной лигатурой, через просвет интродьюсера в верхнюю полую вену вводили баллонный катетер для термодилуции Corodyn TD, Braun (Германия) (далее катетер Свана-Ганца) и раздували баллон на дистальном конце катетера. Катетер продвигали далее — в полость правого предсердия (ПП), правого желудочка и легочный ствол под контролем изменения кривой давления. Далее катетер продвигали дистально, по ходу ветвей ЛА, до появления на мониторе кривой с характерным для заклинивания ЛА паттерном. Положение баллона в позиции "заклинивания" верифицировали повторными дефляцией и инфляцией баллона, и промыванием порта инвазивного давления.

После верификации заклинивания ЛА баллон повторно раздували, прекращали вентиляцию лёгких и выполняли измерение ДЗЛА. После измерения ДЗЛА баллон сдували. Полученный результат сохраняли в мониторе для дальнейших расчётов.

Измерение СВ выполняли при помощи метода репульмональной термодилуции: через термистор, в проксимальный порт катетера Свана-Ганца вводили стандартный объём предварительно охлаждённого до 4° С изотонического раствора хлорида натрия и регистрировали динамику изменения температуры на дистальном конце катетера. Процедуру повторяли 5 раз, сохраняя в монитор полученное среднее значение.

После введения данных о поле, возрасте, росте и массе тела пациента, монитор Drager Infinity Delta (Германия) производил расчёты параметров гемодинамики пациента.

Попутно всем пациентам выполнялась ТЭхоКГ с использованием мобильного эхокардиографа Philips Affiniti 70 (Нидерланды). При исследовании

Таблица 2

Корреляция между двумя способами измерения СИ

Параметры	УО, расчет из объемов ЛЖ	МОК, расчет из объемов ЛЖ	СИ, расчет из объемов ЛЖ	УО, расчет по VTI	МОК расчет по VTI	СИ расчет по VTI
УО	r=0,48	r=0,05	r=-0,04	r=0,83	r=0,54	r=0,49
МОК	r=0,34	r=0,46	r=0,34	r=0,67	r=0,81	r=0,73
СИ	r=0,28	r=0,37	r=0,33	r=0,65	r=0,81	r=0,81

Примечание: строка легенды — показатели гемодинамики, полученные ТЭхоКГ; столбец легенды — показатели гемодинамики, полученные катетером Свана-Ганца. Цветом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Сокращения: ЛЖ — левый желудочек, МОК — минутный объем кровообращения, СИ — сердечный индекс, ТЭхоКГ — трансторакальная эхокардиография, УО — ударный объем.

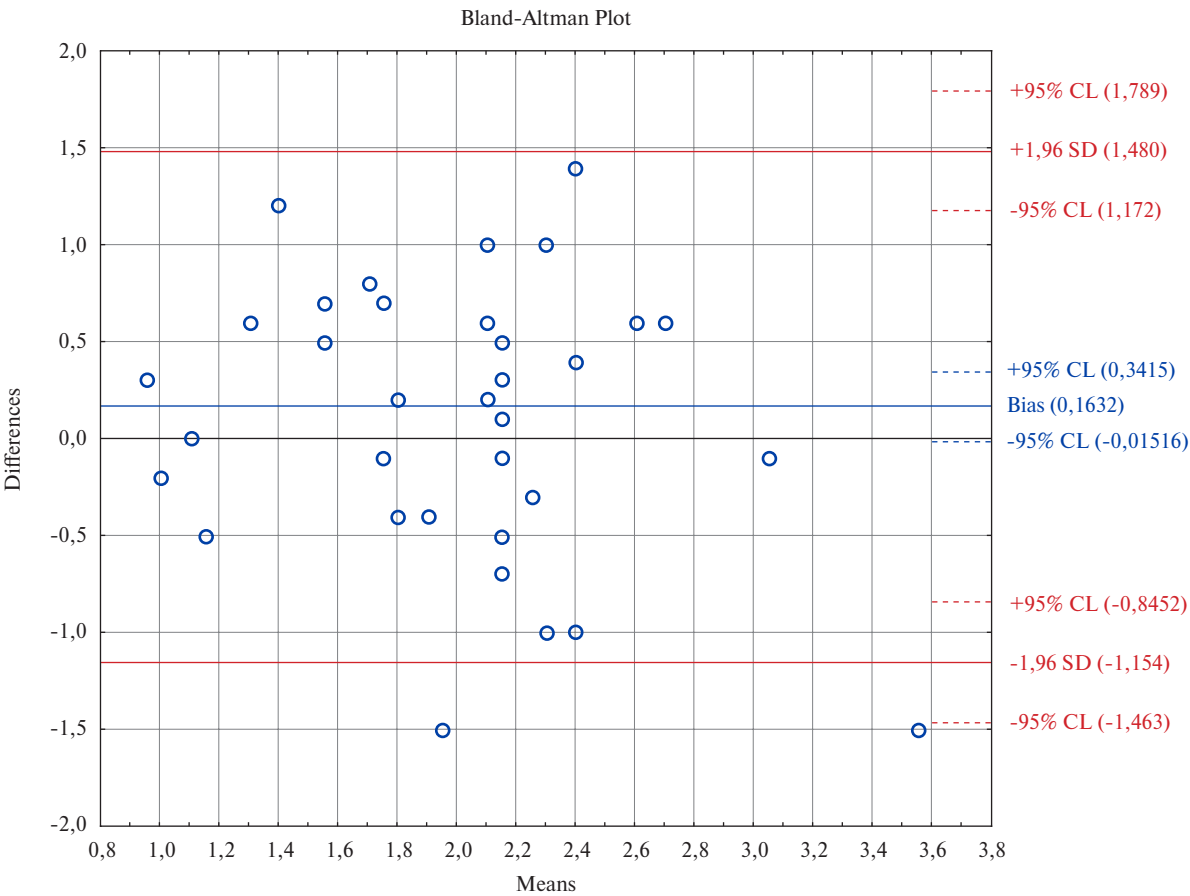


Рис. 1. Сравнение СИ, измеренного с помощью ТЭхоКГ, исходя из объемов ЛЖ, против катетера Свана-Ганца.

осуществляли измерение структурных и доплерографических параметров сердца по общепринятой методике, из стандартных позиций (парастеральная по длинной и по короткой оси ЛЖ, апикальная 5-, 4- и 2-камерная, субкостальная) в В-режиме. В части случаев (4 пациента) визуализация оценена как неудовлетворительная или ближе к таковой, впоследствии эти пациенты были исключены из расчетов.

Для характеристики геометрической формы ЛЖ использовали следующие показатели: конечный диастолический объем (КДО), конечный систолический объем (КСО) рассчитывали в В-режиме из 4-камер-

ной позиции. Глобальная систолическая функция оценивалась по уравнению Симпсона в В-режиме.

Ударный объем ЛЖ рассчитывался двумя способами. Во-первых, по разнице между КДО и КСО, далее СВ рассчитывали как:
 $УО \cdot ЧСС / 1000$,
где УО — ударный объем ЛЖ, ЧСС — частота сердечных сокращений.

Во-вторых, по значению VTI в выводном отделе ЛЖ (ВОЛЖ) с учетом его диаметра по формуле:
 $VTI \cdot ВОЛЖ \cdot \pi \cdot D^2 / 4$,
где ВОЛЖ — выводной отдел ЛЖ.

Таблица 3

Корреляция между разными способами измерения ДЗЛА, ОПСС, ЦВД

Параметры	ДЗЛА	ЦВД	ОПСС, расчет из давления в ПП	ОПСС, расчет из уровня ЦВД
ДЗЛА	$r=0,27$	$r=0,07$	$r=0,30$	$r=0,14$
ЦВД	$r=0,18$	$r=0,40$	$r=0,40$	$r=0,31$
ОПСС	$r=-0,32$	$r=-0,35$	$r=0,67$	$r=0,70$

Примечание: строка легенды — показатели гемодинамики, полученные ТЭхоКГ и ЦВД, измеренного через центральный венозный катетер; столбец легенды — показатели гемодинамики, полученные катетером Свана-Ганца. Цветом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Сокращения: ДЗЛА — давление заклинивания легочной артерии, ОПСС — общее периферическое сосудистое сопротивление, ПП — правое предсердие, ТЭхоКГ — трансторакальная эхокардиография, ЦВД — центральное венозное давление.

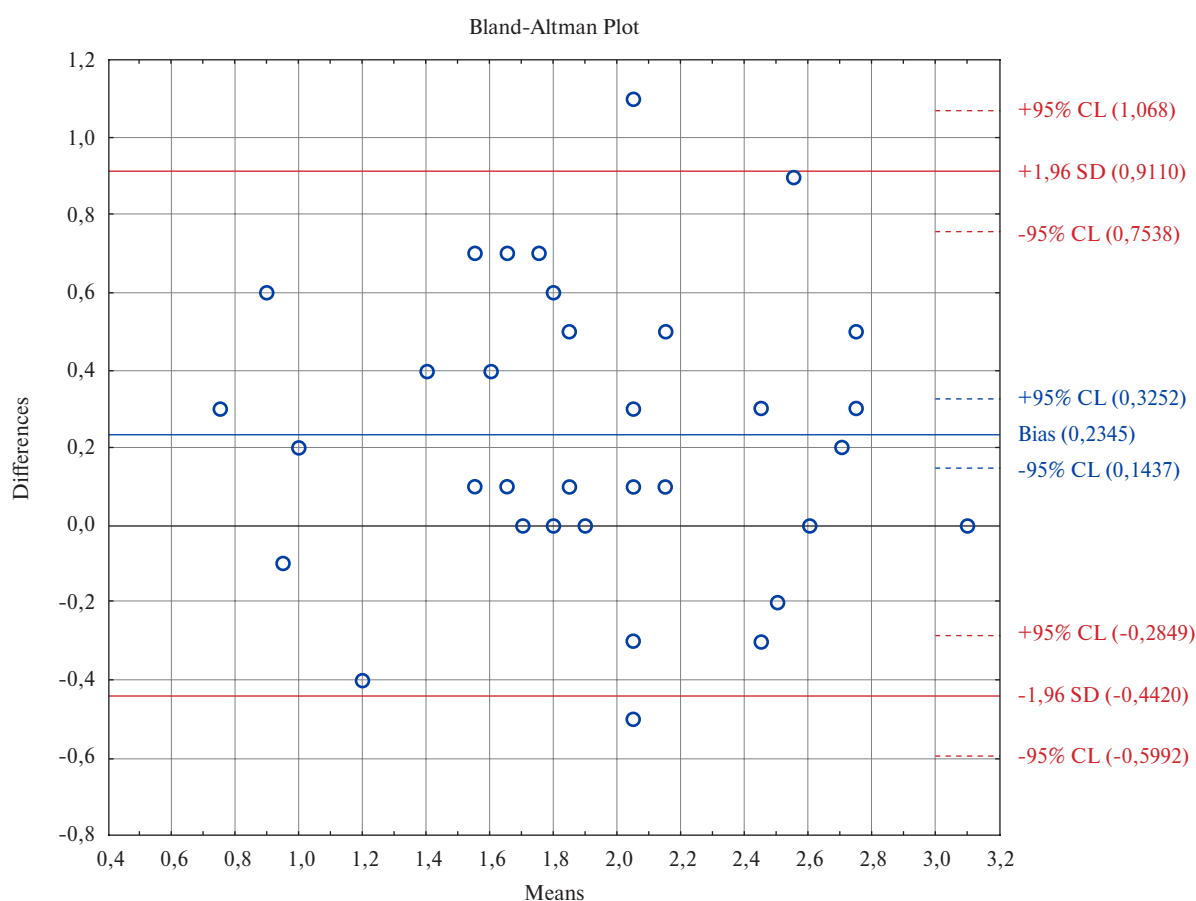


Рис. 2. Сравнение СИ, измеренного с помощью ТЭхоКГ, исходя из VTИ ВОЛЖ, против катетера Свана-Ганца.

Затем проводилась индексация показателей к площади поверхности тела и получалась конечная искомая цифра — сердечный индекс (СИ), исходя из значения которой принимались решения по терапии и прогнозу.

Для расчета ДЗЛА необходимо было оценить диастолическую функцию по отношению скоростей раннего наполнения ЛЖ и скорости раннего диастолического движения латеральной и медиальной части фиброзного кольца митрального клапана (E/E'), с дальнейшим расчетом среднего арифметического.

Уровень ДЗЛА рассчитывался по формуле:
 $1,24 * (E/E' \text{ среднее}) + 1,9$.

Для расчета ОПСС использовались две методики:
 1) по эмпирическому уровню давления в ПП с градацией от 5 до 20 мм рт.ст. в зависимости от реакции нижней полой вены, степени трикуспидальной регургитации и размеров ПП; 2) исходя из значений центрального венозного давления (ЦВД), измеренного через центральный венозный катетер в см водного столба.

В первом случае формула выглядит так:
 $ОПСС = (80 * (\text{среднее АД} - \text{давление в ПП})) / СВ$.

Во втором случае так:
 $ОПСС = (80 * (\text{среднее АД} - \text{ЦВД в мм рт.ст.})) / СВ$,
 где АД — артериальное давление.

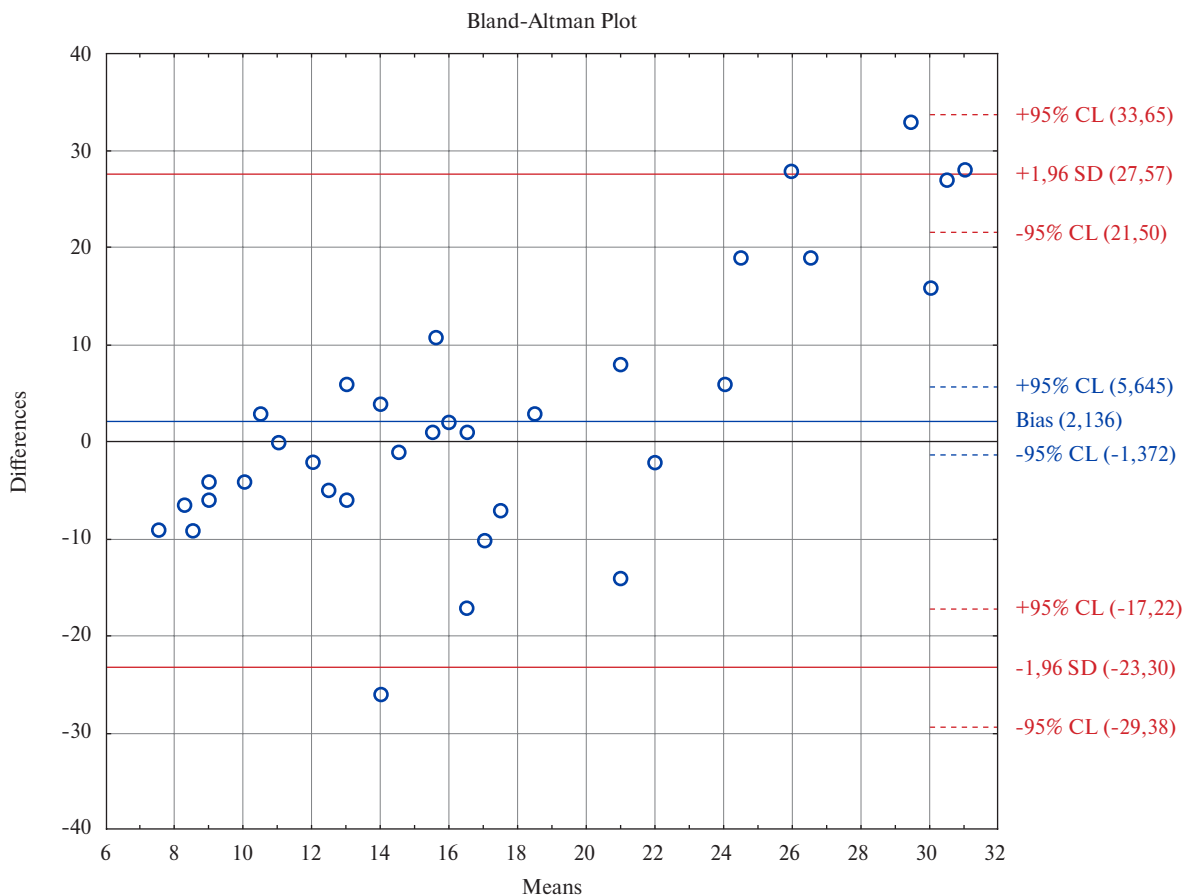


Рис. 3. Сравнение ДЗЛА, измеренного с помощью ТЭхоКГ, против катетера Свана-Ганца.

Референсными значениями считались 900-1300 $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$.

Формула перевода значений ЦВД из водного столба в ртутный была следующей:
 $0,74 \cdot \text{ЦВД}$ в мм вод.ст.

Полученные данные сформировали электронную базу данных.

Сравнение обеих методик проводилось с помощью корреляционного анализа Спирмена и построения диаграммы Бланда-Альтмана с помощью программы STATISTICA 8.0. При этом для оценки уровня систематических отклонений анализировалась разница между двумя измерениями, также сравнивались стандартные отклонения разностей измерений с величиной самого показателя и оценивалось отсутствие/наличие зависимости разности измерений от величины оцениваемого показателя. Хороший уровень воспроизводимости констатировали тогда, когда разности значений двух измерений попадали в зону $\pm 1,96$ стандартного отклонения средней разности измеренного показателя либо выходили из нее не чаще чем в 4% случаев.

Данное исследование (дизайн, сбор информации, анализ, интерпретация данных и т.д.) выполнялось в рамках Государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-

00712-24-04 от 02.04.2024, лаборатория инфаркт-ассоциированного шока.

Результаты

В общей сложности нами было выполнено 20 катетеризаций ЛА без осложнений и технических трудностей. Чаще всего измерения показателей центральной гемодинамики проводились 1 раз в сутки. У разных пациентов было выполнено от 1 до 4 измерений; чаще всего единственное измерение было связано с гибелью больного ко 2-м суткам исследования. Чаще всего каждому из пациентов выполнялось по 3 измерения. Окончательному анализу подверглось 61 параллельное измерение.

Далее мы провели корреляционный анализ с помощью критерия Спирмена среди одних и тех же показателей, снятых обеими методиками (табл. 2, 3).

Получена статистически значимая корреляция для всех сравниваемых параметров. Наиболее высокое значение коэффициента корреляции было получено для ударного объема, СВ, СИ, измеренных с помощью VTI, для обоих способов измерения ОПСС, что говорит о тесной линейной связи, однако для оценки согласованности этого недостаточно. Наиболее слабая корреляционная связь получена для ДЗЛА. Ниже

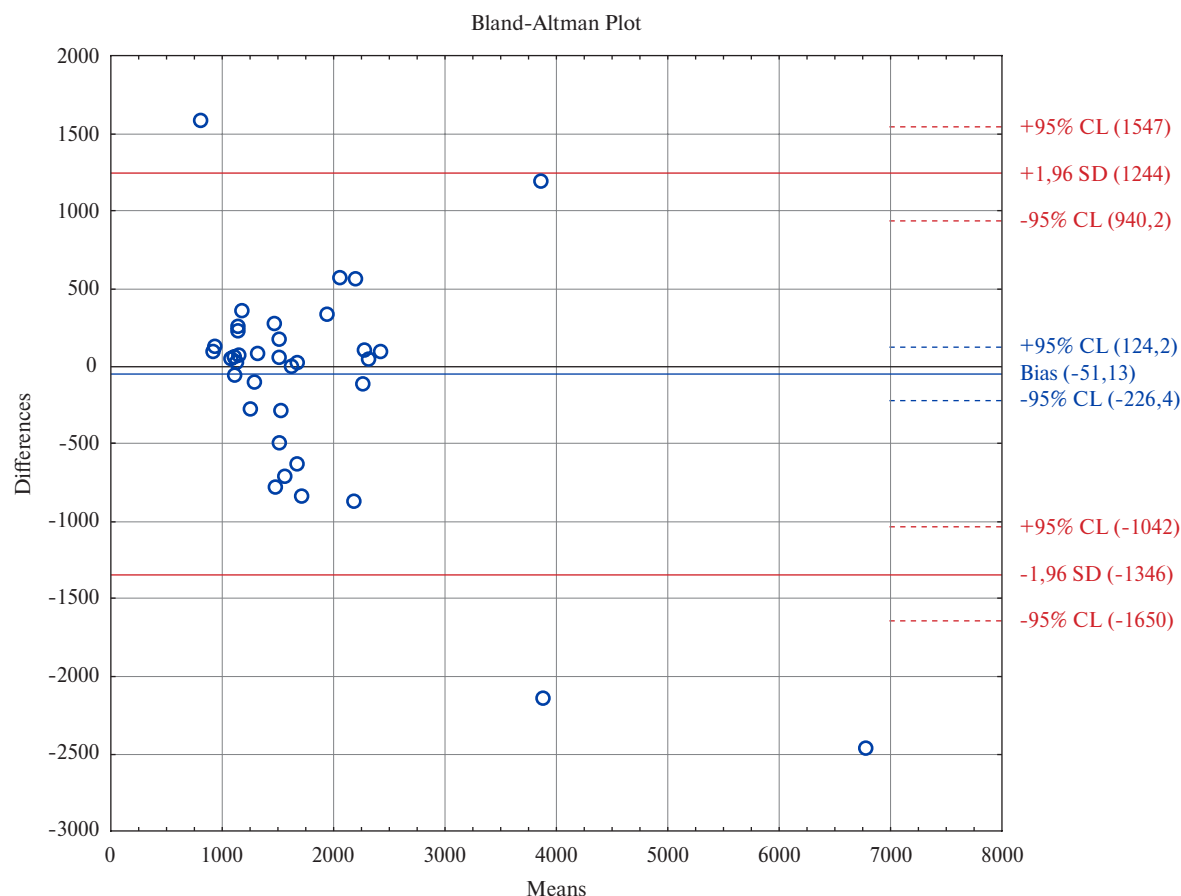


Рис. 4. Сравнение ОПСС, измеренного с помощью ТЭхоКГ по давлению вПП, против катетера Свана-Ганца.

с целью определения согласованности обеих методик приведены диаграммы Бланда-Альтмана по основным параметрам (рис. 1-5).

Обсуждение

В целом нами обнаружено довольно много согласованностей между показателями, снятыми двумя методиками у одного и того же пациента примерно в одно и то же время.

Однако разные показатели демонстрировали разную степень согласованности.

Так, значения ОПСС по давлению вПП не выявили согласования, в то время как по ЦВД — выявили. Отсюда мы делаем вывод, что использование объективного значения ЦВД более корректно.

Наши данные согласуются с мнением других авторов о том, что нет преимуществ в измерении ОПСС между ТЭхоКГ и катетеризацией ЛА [13].

СИ хорошо измеряется обеими методиками. В то же время мы полагаем, что у более широкого спектра пациентов более корректным будет измерение СИ посредством VTИ, поскольку в данном случае оценивается непосредственный выброс из ЛЖ в аорту, без оглядки на клапанные регургитации, в частности на митральном и аортальном клапанах.

Не показало согласованности методик измерение ДЗЛА. Мы считаем, что это связано с тем, что оценка диастолической функции, через которую впоследствии производится расчет, у реанимационных пациентов в режиме фокусного ТЭхоКГ может быть затруднена и недостаточно корректна. Для получения полноценных кривых необходимы более оптимальная визуализация и более параллельное ультразвуковому лучу направление потоков крови. Для получения четкой кривой движения фиброзного кольца митрального клапана при тканевой доплерографии также требуется более качественное изображение сердца.

В целом же мы считаем, что ТЭхоКГ можно использовать для мониторингирования СИ и ОПСС у пациентов с КШ [14].

Ограничения исследования. Катетеризация ЛА требует специальных навыков врача анестезиолога-реаниматолога, является инвазивной методикой с повышенными рисками перипроцедуральных и инфекционных осложнений по сравнению с ТЭхоКГ, является дополнительным травмирующим фактором для пациента, при этом довольно затратна финансово.

ТЭхоКГ ограничена окном локации; у некоторых пациентов в вынужденном положении на спине

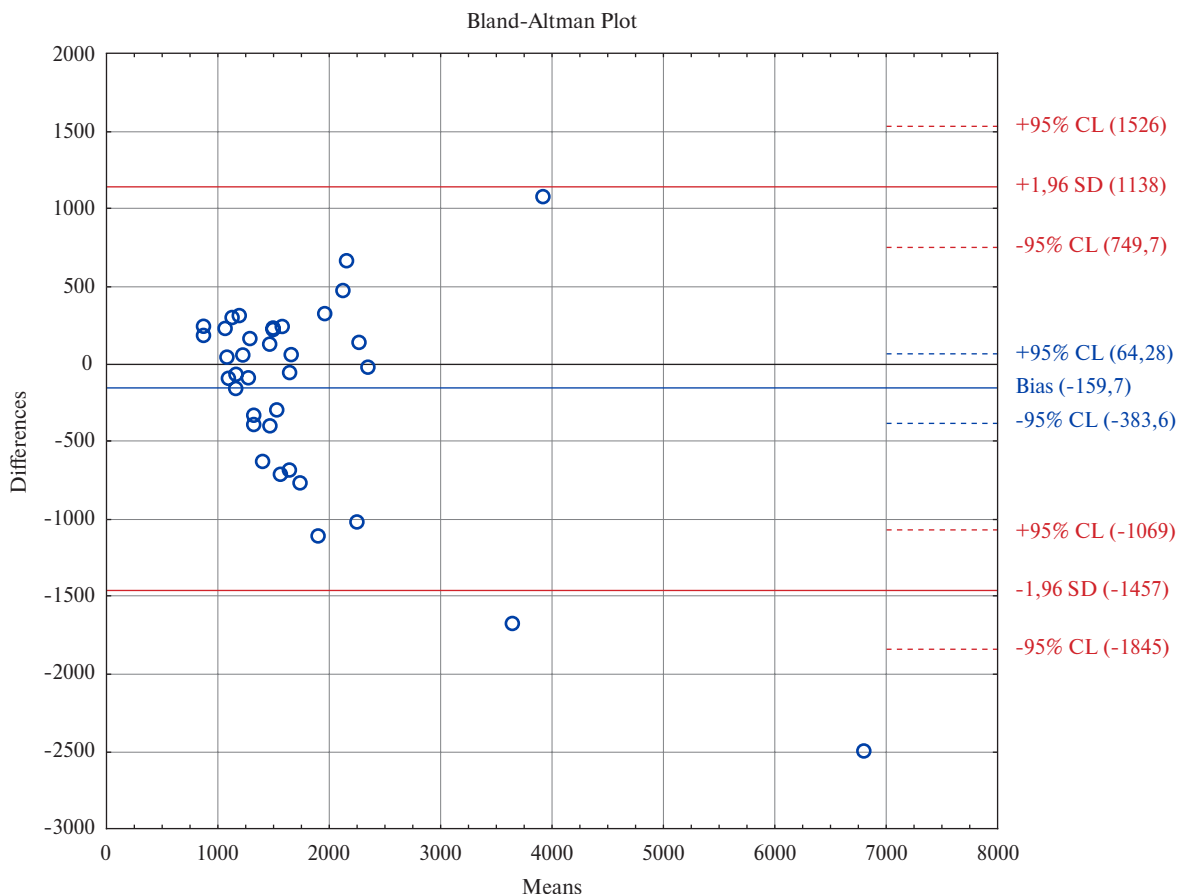


Рис. 5. Сравнение ОПСС, измеренного с помощью ТЭхоКГ по уровню ЦВД, против катетера Свана-Ганца.

и находящихся на искусственной вентиляции легких это особенно актуально.

Также ограничения связаны с особенностями расчетов. Так, наличие в формуле квадратной степени от диаметра ВОЛЖ, при некорректном измерении может значительно искажать реальные результаты. Некоторые клапанные патологии, например, выраженный стеноз и/или недостаточность клапана, также могут исказить спектральную кривую потока, на которой базируется расчет. СИ, рассчитанный исходя из различий КДО и КСО, в случае митральной регургитации, особенно выраженной, нуждается в поправках (расчете объема митральной регургитации).

Заключение

Мы считаем, что ТЭхоКГ можно применять для МЦГ в случаях удовлетворительной и умеренно сниженной визуализации изображений сердца.

Статистически согласованными являются как результаты измерений СИ с помощью формулы Бернулли, так и СИ, рассчитанного, исходя из разницы КДО и КСО, а также измерение ОПСС с помощью ЦВД.

Корреляционный коэффициент был значимо выше при измерении СИ посредством VTI, поэтому мы считаем этот способ предпочтительным.

Измерение ОПСС с помощью давления в ПП и измерение ДЗЛА не продемонстрировали согласованности разных методик.

Таким образом, ТЭхоКГ можно использовать для мониторингирования СИ и ОПСС у пациентов с КШ.

Отношения и деятельность. Государственное задание на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-00712-24-04 от 02.04.2024, лаборатория инфаркт-ассоциированного шока.

Литература/References

1. Berg DD, Bohula EA, Morrow DA. Epidemiology and causes of cardiogenic shock. *Curr Opin Crit Care*. 2021;27(4):401-8. doi:10.1097/MCC.0000000000000845.
2. Kuz'kov VV, Kirov MY. Invasive hemodynamic monitoring in intensive care and anesthesiology. Arkhangelsk: Northern State Medical University, 2015. P. 392. (In Russ.) Кузьков В.В., Киров М.Ю. Инвазивный мониторинг гемодинамики в интенсивной терапии и анестезиологии. Архангельск: Северный государственный медицинский университет, 2015. 392 с. ISBN: 978-5-91702-180-5.
3. Zeymer U, Bueno H, Granger BCh, et al. Acute Cardiovascular Care Association position statement for the diagnosis and treatment of patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: A document of the Acute Cardiovascular Care Association of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2020;9(2):183-97. doi:10.1177/2048872619894254.
4. Yovenko IA, Kobelyatskiy YY, Tsarev AV, et al. Hemodynamic monitoring in the practice of critical care. *Meditina neotlozhnykh sostoyaniy*. 2016;5(76):42-6. (In Russ.) Йовенко И.А., Кобеляцкий Ю.Ю., Царев А.В. и др. Гемодинамический мониторинг в практике интенсивной терапии критических состояний. *Медицина неотложных состояний*. 2016;5(76):42-6. doi:10.22141/2224-0586.5.76.2016.76433.
5. Syrkina AG, Ryabov VV. Monitoring of central hemodynamics in patients with cardiogenic shock. *Therapeutic archive*. 2021;93(4):502-8. (In Russ.) Сыркина А.Г., Рябов В.В. Мониторинг центральной гемодинамики у пациентов с кардиогенным шоком. *Терапевтический архив*. 2021;93(4):502-8. doi:10.26442/00403660.2021.04.200688.
6. McLean AS. Echocardiography in shock management. *Crit Care*. 2016;20:275. doi:10.1186/s13054-016-1401-7.
7. Papadimitriou L, Georgiopolou VV, Kort S, et al. Echocardiography in Acute Heart Failure: Current Perspectives. *J Card Fail*. 2016;22(1):82-94. doi:10.1016/j.cardfail.2015.08.001.
8. Simeoli PS, Moscardelli S, Urbani A, et al. Use and Implications of Echocardiography in the Hemodynamic Assessment of Cardiogenic Shock. *Curr Probl Cardiol*. 2023;48(11):101928. doi:10.1016/j.cpcardiol.2023.101928.
9. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(3):107-38. (In Russ.) Четвертое универсальное определение инфаркта миокарда (2018). *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(3):107-38. EDN ZAQSQP.
10. Kapur NK, Kanwar M, Sinha SS, et al. Criteria for Defining Stages of Cardiogenic Shock Severity. *J Am Coll Cardiol*. 2022;80(3):185-98. doi:10.1016/j.jacc.2022.04.049.
11. Bootsma IT, Boerma EC, de Lange F, et al. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 1: placement and waveform analysis. *J Clin Monit Comput*. 2022;36:5-15. doi:10.1007/s10877-021-00662-8.
12. Bootsma IT, Boerma EC, Scheeren TWL, et al. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 2: measurements, limitations, and clinical applications. *J Clin Monit Comput*. 2022;36:17-31. doi:10.1007/s10877-021-00673-5.
13. Gaubert M, Resseguier N, Thuny F, et al. Doppler echocardiography for assessment of systemic vascular resistances in cardiogenic shock patients. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2020;9(2):102-7. doi:10.1177/2048872618795514.
14. Muñoz-Rodríguez R, García-González MJ, Jorge-Pérez P, et al. Ultrasound Assessment in Cardiogenic Shock Weaning: A Review of the State of the Art. *J Clin Med*. 2021;10(21):5108. doi:10.3390/jcm10215108.