

ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЦЕНКИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У НОВОРОЖДЕННЫХ

Дегтярева Е. В.¹, Лемешко Ю. И.², Шишко Г. А.²

*¹Учреждение здравоохранения «5-я городская клиническая больница»,
г. Минск, Республика Беларусь;*

*²Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия
последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. Эхокардиография является ведущим методом диагностики сердечно-сосудистой патологии во всех возрастных группах пациентов. Наличие большого количества вариантов ультразвуковых исследований позволяет получить точную анатомическую и гемодинамическую информацию. Анатомо-функциональные особенности системы кровообращения у новорожденных детей определяют склонность к развитию гемодинамических нарушений на фоне патологии перинатального периода, в том числе возможность быстрой декомпенсации. Раннее выявление и коррекция этих нарушений являются важнейшими задачами при проведении интенсивной терапии. В статье представлен обзор данных по применению метода функциональной эхокардиографии в неонатологии с использованием различных способов оценки центрального и системного кровотока, учитывая имеющиеся референтные значения показателей у новорожденных детей и возможности их использования врачом-неонатологом в urgentных условиях.

Ключевые слова: новорожденные, функциональная эхокардиография, гемодинамика.

Введение. Диагностика и лечение гемодинамических нарушений у новорожденного ребенка представляет целый ряд трудностей. Стандартная клиническая оценка общего состояния системы кровообращения является субъективной и не всегда достоверной. Физиологические особенности сердечно-сосудистой системы новорожденных детей, наличие транзиторной легочной гипертензии, функционирование фетальных коммуникаций могут усугублять течение различных заболеваний, характерных для этой категории пациентов. Клинические проявления гемодинамической нестабильности могут значительно запаздывать, что подчеркивает необходимость в объективных методах мониторинга [1].

Для определения адекватности кровообращения необходима комплексная оценка

следующих гемодинамических переменных: преднагрузка, сократимость миокарда, постнагрузка, перфузия органов-мишеней, капиллярная перфузия [2]. Основными принципами мониторинга гемодинамики являются доступность, точность, надежность, комплексность, наличие минимального количества осложнений, практичность и низкая стоимость. Основная задача любого мониторинга — анализ каждого показателя в динамике при наблюдении за пациентом и проведении интенсивной терапии [3].

Наиболее доступным и часто используемым маркером гемодинамических расстройств является среднее артериальное давление. Однако нормальное артериальное давление не всегда означает достаточный кровоток в органах-мишенях. Интегративную деятельность системы кровообращения

и дыхания, адекватность доставки кислорода к тканям отражают показатели кислотно-основного состояния крови. Но данные показатели отражают конечную цель, но не отвечают на вопрос, каким образом эта цель достигнута [1].

Эхокардиография (ЭхоКГ) представляет собой объективный метод, позволяющий оценить не только структуру и морфологию сердца, но и состояние гемодинамики. С помощью ЭХоКГ можно охарактеризовать четыре из пяти гемодинамических переменных, указанных выше (сократимость миокарда, преднагрузка, постнагрузка, перфузия органов) [4].

Современная ЭхоКГ в неотложной неонатологии основывается на двух основных принципах: 1) фокусность, или проблемная ориентированность (*focused ultrasound — FOCUS*); 2) максимальная приближенность к пациенту (*point-of-care ultrasound — POCUS*) [5]. Несмотря на множество положительных моментов ЭхоКГ имеет свои ограничения, в первую очередь оператор-зависимость. Согласно требованиям Американского общества эхокардиографии для достижения базового уровня экспертизы в эхокардиографии необходимо провести и проанализировать не менее 300 исследований, для достижения более высокого уровня требуется дополнительное проведение 200 исследований и анализ еще 200 результатов исследований, срок обучения при этом составляет до года [1].

Цель работы — изучение наиболее информативных и легко воспроизводимых в условиях неонатальной реанимации возможностей оценки гемодинамического статуса у

новорожденных детей с использованием ультразвуковых методов исследования.

Материалы и методы. Проведен анализ отечественной и зарубежной научных литературных источников по использованию функциональной ЭхоКГ у новорожденных детей, а также собственных исследований, выполненных в отделении анестезиологии и реанимации для новорожденных детей УЗ «5-я городская клиническая больница» г. Минска и практических занятий на базе учебного центра MedTrain г. Екатеринбурга. При проведении исследования использовался метод ЭхоКГ с оценкой качества и точности выполнения, времени достижения результата, повторяемости результатов для нескольких измерений, межисследовательской разницы полученных данных. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ StatSoft Statistica 10.0. При уровне значимости p менее 0,05 различия расценивались как статистически значимые.

Результаты и их обсуждение. 1. **Оценка систолической функции.** Данная оценка является важнейшей задачей при проведении ЭхоКГ, так как именно систолическая функция определяет способность сердца эффективно сокращаться. Наиболее часто определяемым параметром для оценки систолической функции сердца в детской кардиологии является *фракция укорочения (ФУ)*, которая представляет собой отношение конечно-диастолического к конечно-систолическому размеру левого желудочка (КДР ЛЖ и КСР ЛЖ соответственно), выраженное в процентах [5]. Определение ФУ в М-режиме по методу Тейхольца отражено на рисунке 1.

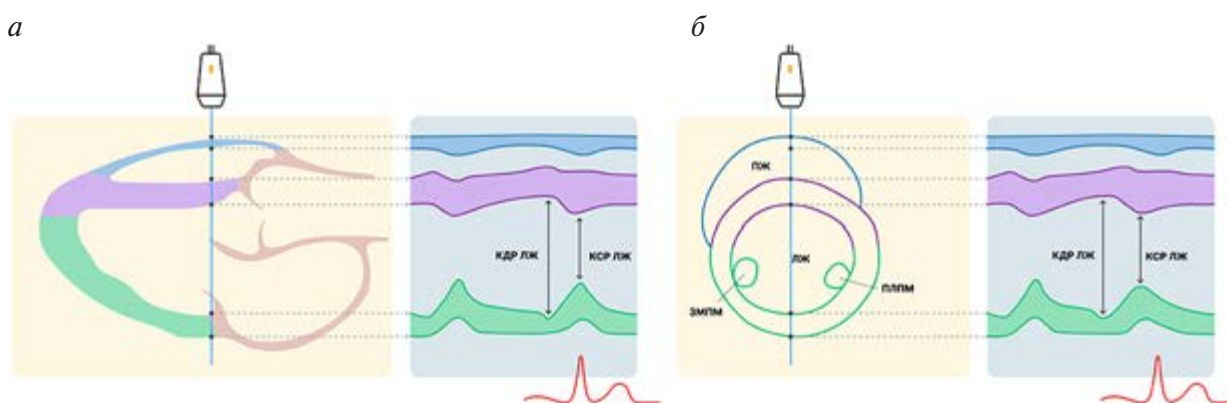


Рисунок 1 — Измерение ФУ по методу Тейхольца в М-режиме:
а — парастеральный доступ по длинной оси ЛЖ; **б** — по короткой оси ЛЖ

Так, ФУ, соответствующую 26–40 %, расценивают как нормальные значения. О снижении сократительной функции миокарда левого желудочка (ЛЖ) свидетельствует ФУ менее 26 %; о повышении сократительной функции миокарда ЛЖ — ФУ более 45 %. Метод Тейхольца можно использовать также для определения объемов ЛЖ (конечно-диастолического и конечно-систолического) и фракции выброса, подставляя полученные линейные значения в соответствующую формулу. Метод прост, воспроизводим и занимает немного времени. Уже в первый день обучения все обучающиеся смогли оценить ФУ, причем межисследовательская разница результатов составила менее 20 %. Среднее время оценки ФУ в исследовании составило 15 ± 3 с в первый день, 10 ± 1 с на 7-й день, для опытного специалиста данный показатель составляет не более 5–7 с. Возможность многократного повторения измерений на фоне проводимой терапии может дать представление о динамике размеров ЛЖ. Ограничения при вычислении объемов методом Тейхольца связаны с тем, что при расчете не учитывается сложная геометрия ЛЖ и возможность наличия нарушений локальной сократимости.

Для оценки глобальной систолической функции ЛЖ наиболее часто оценивается фракция выброса (ФВ), отражающая изменение объема ЛЖ в процессе перехода из диастолы в систолу, выраженное в процентах [5]. ФВ можно вычислить по формуле

$$\text{ФВ} = \frac{\text{КДО ЛЖ} - \text{КСО ЛЖ}}{\text{КДО ЛЖ}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Для точной оценки объемов и ФВ ЛЖ рекомендуется использовать биплановый метод Симпсона. Интерпретация значения ФВ приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Интерпретация значения фракции выброса

ФВ, %	Интерпретация
55–80	Норма
45–54	Слегка снижена
30–44	Умеренно снижена
Менее 30	Значительно снижена

Однако расчет ФВ по данной методике может представлять определенные методоло-

гические трудности. Так, на практических занятиях на базе учебного центра MedTrain только к 7 дню обучения был достигнут удовлетворительный уровень выполнения (качественная оценка куратором), причем среднее время, затраченное на оценку ФВ по данной методике, составило 35 ± 5 с, отмечалась высокая межисследовательская разница (более 50 % и более 40 % в первый и на 7-й день обучения соответственно), а повторяемость результатов исследования достигнута лишь к 10 дню обучения. Значения ФВ, вычисленные по методу Тейхольца и по методу Симпсона, значимо не отличались (до 1,5 %, $p > 0,05$). Следовательно, метод Тейхольца можно рекомендовать для оценки систолической функции левого желудочка в urgentных условиях.

Расчет скорости циркулярного укорочения волокон миокарда (VCF — velocity of circumferential fiber shortening) может быть проведен, используя значения, полученные в М- или В-режиме. Дополнительно применяют импульсно-волновой доплер для расчета времени выброса: $VCF = FS/LVET$, где FS — фракция укорочения волокон миокарда, LVET — время выброса. В норме показатель VCF равен более 1,1 [2].

Говоря о систолической функции сердца, традиционно подразумевается систолическая функция ЛЖ. Однако нарушение систолической функции правого желудочка (ПЖ) можно диагностировать раньше, еще до того, как разовьется дисфункция левого желудочка.

Фракция изменения площади правого желудочка (ФИП) является параметром, характеризующим глобальную сократительную функцию ПЖ. Для расчета этого параметра определяются конечно-диастолическая и площадь конечно-систолическая площадь поверхности ПЖ (КДП ПЖ и КСП ПЖ соответственно:

$$\text{ФИП ПЖ} = \frac{\text{КДП ПЖ} - \text{КСП ПЖ}}{\text{КДП ПЖ}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

В норме величина данного показателя более 36 % [5]. Метод также требует достаточного уровня практических навыков, но может быть весьма полезен, когда необходимо максимально рано диагностировать нарушение функции ПЖ в ситуациях ожидаемой повышенной нагрузки на него.

Систолическая экскурсия кольца трехстворчатого клапана (TAPSE-Tricuspid annular Systolic Excursion) и систолическая экскурсия кольца митрального клапана (MAPSE-Mitral annular Systolic Excursion). Во время систолы кольца митрального и трехстворчатого клапанов движутся в направлении верхушки сердца. Это движение соответствует продольному укорочению желудочков в систолу. Поскольку движение именно ПЖ в систолу проявляется главным образом продольным укорочением, к измерению этого укорочения прибегают для описания функции ПЖ. Измерения проводят в М-режиме из апикального доступа в четырехкамерном сечении, направляя ультразвуковой луч через латеральный сегмент кольца трехстворчатого клапана. Показатель зависит от абсолютного размера сердца, объема желудочков, глобальной сократительной функции сердца и для новорожденных детей должен составлять не менее 7 мм [5]. Методика измерения данного параметра проста и воспроизводима.

Систолическую экскурсию кольца митрального клапана (MAPSE) определяют аналогично TAPSE, однако в этом случае измерения проводят на уровне кольца митрального клапана. Методика не учитывает сложную геометрию сокращения ЛЖ, и в клинической практике данный параметр используется только в особых случаях. Нормативные значения у новорожденных детей 3,8–7,6 мм [5].

Оценка систолической функции ЛЖ по скорости систолического смещения фиброзного кольца в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии (рисунок 2). Пиковая скорость (Sm) отражает функцию продольных волокон (эндокардиальный слой) и является более чувствительным показателем в отношении систолической дисфункции ЛЖ, так как именно эндокардиальный слой первым реагирует на неблагополучие. В норме данный показатель для взрослых составляет более 6 см/с, для детей референтные значения отсутствуют. Использование данной методики перспективно, так как уровень фиброзных колец всегда отчетливо виден даже при плохой визуализации (пневмония, пневмоторакс, тяжелый РДС) и он не зависит от геометрии ЛЖ, а для расчета используется только один линейный параметр, что уменьшает вероятность ошибки [5].

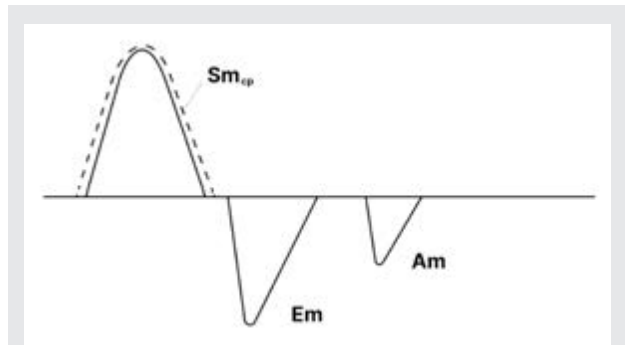


Рисунок 2 — Оценка скорости систолического смещения фиброзного кольца митрального клапана в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии

При исследовании систолической функции следует помнить о том, что миокард представляет собой сложную пространственную сеть уложенных в три слоя мышечных волокон. Благодаря такому строению желудочки сердца сокращаются в систолу не в каком-то одном направлении, а совершают сложное трехмерное движение: укорочение вдоль продольной оси, радиальное и циркулярное укорочение. Сокращение желудочков происходит настолько эффективно, что в систолу ЛЖ опорожняется на 60–70 %, хотя его отдельные саркомеры укорачиваются только на 15 %. Традиционные методики оценки систолической функции дают представление о циркулярном сокращении, тканевая доплерография может дать представление о продольном. Особенностью миокарда новорожденных детей является слабая организованность слоев, исходя из этого точная оценка систолической функции должна проводиться с использованием нескольких методик [1, 5].

2. **Оценка системного кровотока и сердечного выброса.** Сердечный выброс (СВ) — это количество крови, выброшенной сердцем за минуту и представляет собой произведение ударного объема ЛЖ и частоты сердечных сокращений. СВ является величиной, характеризующей системный кровоток. Как правило, под СВ подразумевают СВ левого желудочка. В неонатологии, учитывая функционирование фетальных коммуникаций, для точной оценки системного кровотока проводят измерение СВ левого и правого желудочков.

Ударный объем можно оценивать на основании измерений разницы конечно-диастолического и конечно-систолического объемов левого желудочка, однако он может быть переоценен при наличии клапанных регургитаций или септальных пороков. Более точную оценку эффективного ударного объема можно сделать на основании измерения площади под кривой средней скорости кровотока через выносящий отдел левого желудочка (VTI, velocity time integral — интеграл линейной скорости кровотока). Движение эритроцитов вдоль оси сосуда вызывает доплеровский сдвиг частот. Математический анализ этого изменения частот преобразует его в диаграммы зависимости скорости от времени. Расчетная площадь под кривой зависимости скорости кровотока от времени представляет собой интеграл линейной скорости кровотока (VTI). Если известна площадь поперечного сечения (ППС), можно рассчитать ударный объем ($УО = VTI \times ППС$). Поэтому оценку кровотока с помощью ЭхоКГ можно провести, применяя уравнение

$$\begin{aligned}
 \text{СВ (мл/кг/мин)} &= \\
 &= \frac{\pi \cdot (D/2)^2 (\text{см}^2) \cdot \text{VTI (см)} \cdot \text{ЧСС (мин)}}{\text{Масса тела (кг)}}, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где D — диаметр выходного отдела левого желудочка; число $\pi = 3,14$.

Данный метод представлен на рисунке 3.

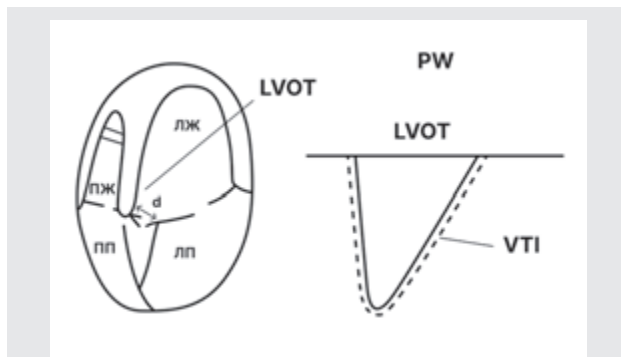


Рисунок 3 — Измерение эффективного ударного объема ЛЖ: LVOT — выходной отдел левого желудочка; VTI — интеграл объемной скорости кровотока

У детей величину сердечного выброса принято стандартизировать по площади поверхности тела. Сердечный выброс в пересчете на 1 м^2 поверхности тела пациента называется сердечным индексом. В норме его значение колеблется в пределах $3,5\text{--}5,5 \text{ л}/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$ [5].

Выброс правого желудочка. Оценку выброса правого желудочка можно провести, используя ту же формулу, что и при оценке выброса левого желудочка. Диаметр выходного тракта правого желудочка измеряется в левой парастеральной плоскости по длинной оси выводного отдела правого желудочка в месте прикрепления клапана легочной артерии; VTI определяют в этой же проекции или в парастеральной проекции по короткой оси на уровне основания сердца. При расчете нужно учитывать влияние сброса крови через артериальный проток на результат измерения.

Исследование кровотока в верхней полой вене. Работу сердечно-сосудистой системы можно сравнить с работой насоса в закрытом контуре циркуляции жидкости. Насос нагнетает лишь тот объем, который к нему притекает, а притекает к нему ровно столько, сколько он нагнетает, т. е. в замкнутом контуре приток равен оттоку. Кровоток в верхней полой вене представляет собой объем крови, проходящий через нее на уровне впадения в правое предсердие, и составляет $30\text{--}50 \%$ выброса правого желудочка. На $70\text{--}80 \%$ он представляет ту часть системного кровотока, которая собирает кровь от верхней половины туловища и головного мозга. Кровоток значительно возрастает в первые 48 ч жизни — от $70 \text{ мл}/\text{кг}/\text{мин}$ в возрасте 5 ч жизни до $90 \text{ мл}/\text{кг}/\text{мин}$ в возрасте 48 ч. Таким образом, нормальные значения составляют $40\text{--}120 \text{ мл}/\text{кг}/\text{мин}$. Критическое значение кровотока в ВПВ, повышающее вероятность неблагоприятных исходов, составляет $40 \text{ мл}/\text{кг}/\text{мин}$ [1, 2]. Измеряют минимальный и максимальный диаметр верхней полой вены, анализируя от 3 до 5 последовательных сердечных циклов, и среднее значение принимают за средний диаметр. Значения VTI также рекомендуется усреднить, чтобы свести к минимуму колебания, связанные с дыханием. Показатели кровотока через верхнюю полую вену могут использоваться как замена сердечного выборо-

са при оценке системного кровотока в случае наличия значительных по объему фетальных шунтов. Метод непрост для усвоения и может быть неточным. В проведенном исследовании 5 обучающихся имели сложности с выведением ВПВ даже к 10-му дню обучения, а межисследовательская разница показателя кровотока составила более 50 %.

Исследование кровотока в нисходящей аорте. Кровоток в нисходящей части аорты (НАо) ниже уровня артериального протока отражает системный кровоток в нижней части тела. В научной литературе описано использование этого показателя у недоношенных новорожденных детей [6]. При наличии открытого артериального протока характер кровотока через НАо может также давать информацию о величине сброса крови через проток. VTI для кровотока через НАо можно

оценивать из высокой парастернальной, так и из субкостальной сагитальной проекции, диаметр НАо измеряют в левой парастернальной проекции по длинной оси ЛЖ. Кровоток через НАо рассчитывается по формуле

$$\text{Кровоток через НАо (мл/кг/мин)} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{НАо}}/2)^2 \cdot VTI \cdot ЧСС}{\text{Масса тела (кг)}}, \quad (4)$$

где D_{НАо} — диаметр нисходящей аорты; VTI — объемная скорость кровотока в нисходящей аорте; число π = 3,14.

В норме у новорожденных детей выбросы желудочков составляют 150–300 мл/кг в минуту [1]. Референтные значения показателей системного кровотока у новорожденных детей приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Референтные значения показателей системного кровотока у новорожденных детей ($M \pm m$)

Показатель	Возраст после рождения			
	3–9 ч	24 ч	2-й день	7–14 дней
Выброс правого желудочка, мл/кг/мин				
Недоношенные	≥ 180	260 ± 90	270 ± 90	430 ± 100
Доношенные	≥ 170	255 ± 60	255 ± 60	255 ± 60
Выброс левого желудочка, мл/кг/мин				
Недоношенные	≥ 150	240 ± 60	260 ± 60	400 ± 75
Доношенные	≥ 150	220 ± 60	220 ± 60	220 ± 60
Кровоток в верхней полой вене, мл/кг/мин				
Недоношенные	60 ± 25	80 ± 20	90 ± 25	90 ± 30
Доношенные	75 ± 35	95 ± 30	100 ± 30	90 ± 30
Кровоток в нисходящей аорте, мл/кг/мин				
Недоношенные	160 ± 70	160 ± 70	160 ± 70	≥ 126
Доношенные	163 ± 75	163 ± 70	163 ± 70	≥ 126

Данная методика оценки кровотока имеет определенные особенности и ограничения. Поток крови измеряется в центре сосуда, где кровь движется с наиболее высокой скоростью. При этом не учитывается более медленное перемещение крови на периферии сосуда, вблизи его стенок. Это означает, что использование рассматриваемого метода для оценки сердечного выброса всегда будет приводить к завышению истинных значений. Нужно стремиться к минимизации угла между направлением потока крови и направлением доплеровского сигнала и с особой

тщательностью подходить к измерению выводящих отделов желудочков и сосудов.

Уровень сердечного выброса может оцениваться как нормальный (150–600 мл/кг/мин), низкий (< 150 мл/кг/мин), патологически низкий (< 120 мл/кг/мин), или высокий (> 600 мл/кг/мин). Выявлена связь между ростом уровня смертности и количеством осложнений при сердечном выбросе < 150 мл/кг/мин, кровотоком в верхней полой вене < 30 мл/кг/мин через 5 ч после рождения или < 40–45 мл/кг/мин в более поздние сроки [1].

3. **Оценка регионарного кровотока.** Нормальные показатели сердечного выброса не означают автоматически, что перфузия во всех тканях достаточна. Для интерпретации гемодинамических нарушений также необходимо учитывать регионарное кровообращение, оценка которого возможна при ультразвуковом исследовании. С помощью доплерографии можно выявить гипоперфузию внутренних органов, определяя стандартные количественные показатели артериального кровотока (пиковая систолическая скорость, конечная диастолическая скорость и индекс резистентности (ИР)) в передней мозговой артерии, верхней брыжеечной артерии, чревном стволе, а также в правой и левой магистральных почечных артериях [3, 4]. Признаками нарушения органного кровотока (гипоперфузия органа) считается $ИР \geq 0,8$ и динамическое снижение пиковой систолической скорости. Для воспроизведения методики необходимо получение продольных сечений исследуемых сосудов в стандартных позициях, что технически несложно при знании анатомии. Методика показала себя как легко воспроизводимая и имеющая низкую межисследовательскую разницу (менее 15 %), в то же время несущая ценную информацию, что может служить поводом для рекомендации к ее использованию не только при исследовании изолированных нарушений ренального, церебрального и мезентериального кровотоков, но и при нарушениях системной гемодинамики [4].

4. **Оценка внутрисосудистого объема жидкости.** Для создания достаточной преднагрузки на миокард необходимо наличие соответствующего внутрисосудистого объема жидкости. Увеличение внутрисосудистого объема жидкости часто используется в качестве первой линии терапии при нарушениях гемодинамики у новорожденных детей. В случае истинной гиповолемии инфузионная поддержка играет важную роль, однако избыточное введение жидкости связано с ростом смертности и числа осложнений [1, 6].

К факторам, влияющим на преднагрузку, относятся венозный возврат, внутригрудное давление, а также систолическая и диастолическая функции сердца [2].

Оценка преднагрузки с помощью фокусной ЭхоКГ может осуществляться качественно и количественно. Качественная оценка

наполнения сердца и косвенно волевического статуса осуществляется путем определения размеров камер сердца, размера и степени коллабирования нижней полой вены (НПВ) при дыхании. Измерение размера и индекса коллабирования НПВ методологически несложно, но применимо только у новорожденных детей на самостоятельном дыхании [5]. При проведении искусственной вентиляции легких, повышении транспульмонального давления и катетеризации пупочной вены оценка НПВ может быть некорректна. При кардиогенном шоке и повышении давления в легочной артерии отмечается не только расширение и отсутствие коллабирования НПВ, но и резкое расширение печеночных вен [1]. В то же время уменьшение диаметра НПВ менее 3 мм у доношенных новорожденных детей свидетельствует в пользу гиповолемии.

Качественная визуальная оценка размеров полостей сердца проводится в стандартном парастернальном сечении по длинной оси ЛЖ. В норме в систолу передняя створка митрального клапана достигает межжелудочковой перегородки. Противоположной ситуацией является так называемый Kissing-миокард — явление, когда в систолу происходит полное сближение межжелудочковой перегородки и задней стенки ЛЖ [5].

Количественная оценка размеров ЛЖ (КДР и КСР) проводится посредством 2D-измерений или в М-режиме в апикальной или парастернальной позиции по длинной оси в конце диастолы и систолы соответственно. О рестриктивном наполнении ЛЖ свидетельствует снижение КДР ЛЖ менее двух стандартных отклонений по Z-score с учетом площади поверхности тела (ППТ) [2]. Важным количественным показателем является отношение размеров полостей сердца к площади поверхности тела. Снижение соотношения площадь ЛЖ к ППТ менее $5,5 \text{ см}^2/\text{м}^2$ указывает на вероятное гиповолемическое состояние.

Еще один количественный показатель объема циркулирующей крови — отношение диаметра левого предсердия к корню аорты [5]. Его получают при измерении из позиции по короткой оси аорты или парастернальной позиции по длинной оси ЛЖ в М-режиме. Снижение соотношения диаметров левого предсердия и аорты менее 1,1–1,0 может

считаться абсолютно достоверным признаком гиповолемии. Увеличение данного соотношения $\geq 1,5$ является критерием гиперволемии малого круга кровообращения.

Количественная оценка наполнения сердца (преднагрузки) также будет осуществляться путем определения выбросов желудочков, оценки объемного кровотока в нисходящей аорте и верхней полой вене.

5. Оценка постнагрузки. Постнагрузка представляет собой постоянное давление, оказываемое на стенку желудочка во время его активного сокращения. Напряжение стенки левого желудочка напрямую связано со средним артериальным давлением и диаметром полости левого желудочка и обратно пропорционально толщине его задней стенки [2].

Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) — это сопротивление сосудов току крови, обусловленное свойствами сосудов, тонусом сосудов и вязкостью крови [2]. ОПСС также определяет постнагрузку левого желудочка. Снижение ОПСС отмечается при периферической вазодилатации и является основной причиной артериальной гипотензии у недоношенных новорожденных детей при перестройке кровообращения в фазу ранней адаптации, а у доношенных — вследствие вазопареза под воздействием эндотоксинов [1]. Повышение постнагрузки ЛЖ отмечается как фаза кардиогенного шока или при переизбытке вазопрессорных препаратов. Значение ОПСС можно получить, используя формулу

$$\text{ОПСС} = \frac{\text{АД ср} \cdot 1332 / \text{УО (дин} \times \text{с} \times \text{см} - 5)}{\text{УО}}, \quad (5)$$

где АД ср — среднее артериальное давление; 1332 — коэффициент для перерасчета; УО — ударный объем.

Тренды изменений состояния периферического сопротивления на фоне вазопрессорной терапии важно и нужно оценивать, так как повышение постнагрузки неизбежно приводит к снижению систолической функции миокарда [3].

Комплексное использование клинических данных, значений артериального дав-

ления, частоты сердечных сокращений и информации, полученной при эхокардиографии, позволяет оценить гемодинамический статус новорожденного ребенка и определить патофизиологические процессы, лежащие в основе нарушений в каждом конкретном случае [6]. Своевременное начало лечебных мероприятий дает возможность предотвратить повреждение тканей и улучшить клинический исход.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Функциональная ЭхоКГ — рациональный и неинвазивный метод, который может играть важную роль в комплексной оценке гемодинамических нарушений у новорожденного ребенка и лечебной тактике.

2. Существует множество методик по определению различных составляющих гемодинамического статуса, которые требуют понимания поставленной задачи, тщательности и методичности выполнения, имеют свои особенности и ограничения. Точность определения показателей возрастает с увеличением количества исследований.

3. Метод измерения линейных размеров левого желудочка в М-режиме является наиболее простым и воспроизводимым. Владея информацией об изменении размеров левого желудочка в систолу и в диастолу, можно получить представление о его объемах, систолической функции, сердечном выбросе, преднагрузке и постнагрузке. Доступность метода дает возможность отслеживания трендов и анализа показателей в динамике в процессе осуществления интенсивной терапии.

4. С целью дополнительной оценки волемического статуса определяется диаметр нижней полой вены, а фокусная оценка органного кровотока в передней мозговой, верхней брыжеечной и почечных артериях позволяет оценить состояние периферического кровообращения. Вычисление TAPSE может быть рекомендовано в качестве скрининговой оценки функции ПЖ.

5. Определение объемных показателей кровотока, новые методы оценки сложной механики сокращения миокарда позволяют более точно оценить данные параметры, но требуют более высокого уровня профессиональной подготовки в эхокардиографии.

Список цитированных источников

1. Де Буде Виллем, П. Роль эхокардиографии, выполненной неонатологом, при оценке и лечении шока у новорожденных / Де Буде Виллем, П., ван дер Ли, Робин // Неонатология: новости, мнения, обучение. — 2018. — Т. 6, № 4. — С. 86–101.
2. Рудакова, А. А. Возможности и ограничения применения эхокардиографии врачом интенсивной терапии в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных / А. А. Рудакова // Неонатология: новости, мнения, обучение. — 2022. — Т. 10, № 4. — С. 54–62.
3. Боронина, И. В. Гемодинамический мониторинг при проведении интенсивной терапии у новорожденных / И. В. Боронина, Ю. С. Александрович // Педиатрия. — 2017. — Т. 8. — Вып. 5. — С. 74–82.
4. Иванова, А. В. Мониторинг гемодинамики с применением ультразвуковых методов у новорожденных в критическом состоянии / А. В. Иванова, А. В. Голомидов // Сибирский медицинский журнал. — 2015. — № 4. — С. 37–41.
5. Клайдайтер, У. Детская эхокардиография / У. Клайдайтер, Р. Далла Поцца, Н. А. Хаас. — М. : МЕДпресс-информ, 2022. — 420 с
6. Elsayed, Y. new physiologic-based integrated algorithm in the management of neonatal hemodynamic instability [Electronic resource] / Y. Elsayed, Y. Abdul Wahab Elsayed // Eur. J. Pediatr. — 2022. — № 18. — P. 1277–1291. — Mode of access: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00431-021-04307-5#citeas>. — Date of access: 11.05.2023.

Possibilities of ultrasound assessment of hemodynamic disorders in newborns

Degtyareva E. V.¹, Lemeshko Y. I.², Shishko J. A.²

1st City Clinical Hospital, Minsk, Republic of Belarus;

2 Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

Echocardiography is the leading method for diagnosing cardiovascular pathology in patients of all age groups. The availability of a wide range of ultrasound examinations allows to obtain precise anatomical and hemodynamic information. The functional characteristics of the circulatory system in newborns determine their predisposition to developing hemodynamic disorders against the background of perinatal pathology, including the potential for rapid decompensation. Previously detected cardiovascular disorders and the in are the most important tasks in intensive therapy. This article provides an overview of the application of functional echocardiography in neonatology, utilizing various methods for assessing central and systemic blood flow, taking into account the available reference values for indicators in newborns and the potential for their utilization by neonatologists in urgent conditions

Keywords: newborns, functional echocardiography, hemodynamics.

Поступила 19.06.2023