



## ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ У НОВОРОЖДЕННЫХ

© И.В. Боронина<sup>1</sup>, Ю.С. Александрович<sup>2</sup>, И.Н. Попова<sup>3</sup>, Л.С. Ошанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», Минздрава России, Воронеж;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России;

<sup>3</sup>БУЗ ВО «Воронежская областная детская клиническая больница № 1», Воронеж

Для цитирования: Боронина И.В., Александрович Ю.С., Попова И.Н., Ошанова Л.С. Гемодинамический мониторинг при проведении интенсивной терапии у новорожденных // Педиатр. – 2017. – Т. 8. – № 5. – С. 74–82. doi: 10.17816/PED8574-82

Поступила в редакцию: 31.08.2017

Принята к печати: 16.10.2017

Развитие в последние десятилетия реаниматологии и интенсивной терапии способствует снижению перинатальной, ранней неонатальной и младенческой смертности. Гемодинамические нарушения сопровождают любую тяжелую патологию у пациентов всех возрастных групп, в том числе и новорожденных, существенно влияют на дальнейшее качество жизни пациентов, перенесших критические состояния. Клинические проявления нарушений гемодинамики у детей раннего возраста не являются специфическими, значительно запаздывают и, соответственно, не всегда вовремя распознаются. В статье рассмотрены особенности сердечно-сосудистой системы новорожденных, обуславливающие необходимость тщательного мониторингового контроля гемодинамического профиля с целью выявления изменений витальных функций на ранних стадиях, своевременного начала интенсивной терапии, ее качественного проведения. Современные методы определения параметров центральной гемодинамики можно разделить на инвазивные и неинвазивные. В статье рассмотрены некоторые особенности оценки гемодинамических показателей с помощью того или иного метода мониторинга, факторы, оказывающие влияние на результаты. Отмечен повышенный в последние годы интерес к инструментальным средствам неинвазивного мониторинга гемодинамического профиля, актуальность которых бесспорна в педиатрической и неонатальной практике. В статье подчеркнута, что основной задачей при проведении любого вида мониторинга являются анализ показателей в динамике, «отслеживание трендов» в процессе наблюдения за пациентом и проведением интенсивной терапии.

**Ключевые слова:** новорожденные; гемодинамика; неинвазивный мониторинг.

## HEMODYNAMIC MONITORING ON THE BACKGROUND OF INTENSIVE THERAPY IN NEWBORNS

© I.V. Boronina<sup>1</sup>, Y.S. Aleksandrovich<sup>2</sup>, I.N. Popova<sup>3</sup>, L.S. Oshanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

<sup>2</sup>St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

<sup>3</sup>Voronezh Regional Children's Teaching Hospital No 1, Russia

For citation: Boronina IV, Aleksandrovich YS, Popova IN, Oshanova LS. Hemodynamic monitoring on the background of intensive therapy in newborns. *Pediatrician (St Petersburg)*. 2017;8(5):74-82. doi: 10.17816/PED8574-82

Received: 31.08.2017

Accepted: 16.10.2017

The article deals with the problem of early neonatal and infant mortality. It is pointed out that recent advances in emergency and intensive care therapy have provided decline in early neonatal and infant mortality. Hemodynamic disorders are reported to be associated with any severe pathology in patients of all age groups including newborns, significantly influence quality of life of patients having experienced a critical condition. Clinical manifestations of hemodynamic disorders in infants are not considered to be specific; they are critically delayed and are not timely recognized. The article describes peculiarities of the cardio-vascular system of newborns that are responsible for the necessity of thorough

hemodynamic profile monitoring in order to provide detection of vital function alterations at the early stages, ensure timely onset of intensive therapy and its qualitative performance. Special attention is paid to current methods of determination of central hemodynamic parameters, which are stated to be divided into invasive and non-invasive. The paper also highlights some peculiarities of evaluation of hemodynamic findings using specific monitoring methods and factors influencing the outcome. The article specifies increased interest towards non-invasive monitoring tools of hemodynamic profile in recent years; their relevance is stated to be doubtless in both pediatric and neonatal practice. The main task of any monitoring procedure is reported to be hemodynamic findings analysis, "trend tracking" in the process of monitoring a patient and intensive therapy performance.

**Keywords:** neonates; hemodynamics; non-invasive monitoring.

Развитие реаниматологии и интенсивной терапии способствует снижению перинатальной, ранней неонатальной и младенческой смертности [1, 4, 8]. С увеличением выживаемости возрастает риск развития инвалидизирующих осложнений у выживших детей [1, 4].

Гемодинамические нарушения сопровождают тяжелую патологию у пациентов всех возрастных групп, в том числе и новорожденных [7, 16, 17, 28]. Даже незначительные, но не вовремя распознанные и некоррегированные изменения гемодинамического статуса могут привести к серьезным системным нарушениям с развитием шока и полиорганной недостаточности, которая не только удлинит время пребывания больных в ОРИТ (отделении реанимации и интенсивной терапии), но и может привести к летальному исходу [7, 16, 24].

Именно гемодинамические нарушения существенно влияют на дальнейшее качество жизни пациентов, перенесших критические состояния, а в группе новорожденных становятся основой формирования тяжелой неврологической патологии [9, 18, 24, 29, 31, 39].

Клинические проявления нарушений гемодинамики у детей раннего возраста не специфичны, значительно запаздывают и, соответственно, не всегда вовремя распознаются [9, 14].

Мониторный контроль параметров гемодинамики позволяет обнаружить минимальные изменения витальных функций организма на ранних стадиях, обеспечить своевременное начало интенсивной терапии, ее качественное проведение [11, 14] и способствует не только увеличению выживаемости, но и приводит к снижению инвалидизирующих нарушений у выживших.

## ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НОВОРОЖДЕННЫХ

Если структурно сердце ребенка сформировано к 6 неделям гестации, то созревание миофибрилл и волокон миокарда продолжается в течение первого года жизни. Неонатальный миокард характеризуется высокой концентрацией несократительных элементов. Миофибриллы короче, имеют большее

количество митохондрий, относительно хуже организованы [16, 27].

В регуляции работы сердечно-сосудистой системы участвуют симпатическая и парасимпатическая нервная системы, а также биологически активные вещества. В неонатальном периоде адренергическая система дифференцирована слабо. В процессе онтогенеза адренорецепторы периферических сосудов изменяются. Реакция на стимуляцию катехоламинами у новорожденных преимущественно выражается в виде спазма периферических сосудов, приводящего к увеличению постнагрузки. Симпатическая иннервация незрелого миокарда весьма ограничена [27]. Эта особенность характерна для новорожденных меньшего срока гестации. Баланс симпатической и парасимпатической нервной системы, характерный для взрослого человека, устанавливается приблизительно к возрасту 2 месяцев [2].

Соответственно миокард новорожденного (особенно недоношенного) обладает меньшей сократительной способностью и функционирует на пределе своих физиологических возможностей. Его реакция на дополнительный стресс, который создается увеличенными метаболическими потребностями, — например, в ответ на инфекцию, изменение волемической нагрузки, назначение инотропных препаратов, — может быть весьма ограничена [27].

С другой стороны, у новорожденных, в особенности у недоношенных, значительное повышение постнагрузки может привести к резкому снижению сократительной способности миокарда, даже несмотря на воздействие инотропных препаратов. Такая особенность новорожденных была названа «инотропно-постнагрузочный дисбаланс» [16]. Следует с большой осторожностью экстраполировать результаты исследований взрослых пациентов относительно дозозависимого эффекта кардиотонических и вазоактивных препаратов на популяцию новорожденных. Даже минимальная доза данных лекарственных средств может вызвать максимальный эффект у маленьких пациентов [27].

Необходимо отметить, что увеличение сердечно-го выброса за счет закона Франка–Старлинга менее эффективно у новорожденных, в особенности у не-

доношенных. Этим возможно объяснить низкую эффективность терапии болюсами жидкости артериальной гипотензии у новорожденных малого гестационного возраста. Для обеспечения перфузии органов новорожденные увеличивают частоту сердечных сокращений. Адекватность перфузии органов определяется сердечным выбросом (СВ) и общим периферическим сосудистым сопротивлением (ОПСС), произведение которых определяет уровень артериального давления (АД). Снижение СВ и изменение ОПСС приводят к снижению регионарного кровотока и перфузии органов [9, 25, 29].

Показатели АД полностью не отражают уровень органного кровотока и перфузию тканей. Так, гипоперфузия тканей, проявляющаяся снижением объемного кровотока, может наблюдаться и при нормальных показателях АД на фоне вазоспазма и повышенного сопротивления сосудистого русла. С другой стороны, АД может поддерживаться системным кровотоком на уровне нижней границы нормальных значений даже при снижении ОПСС, пока перфузионное давление способно обеспечивать необходимую перфузию органов. Таким образом, учитывая сложность этих взаимодействий, невозможно использовать АД в качестве единственного критерия оценки статуса циркуляции и тканевой перфузии [11, 42].

Незрелость сердечно-сосудистой системы и сложные процессы адаптации системы кровообращения к внеутробной жизни ограничивают возможность определения границы нормальных значений АД у новорожденных. Особенно это касается детей с малым гестационным сроком и очень низкой и/или экстремально низкой массой тела при рождении.

При этом точная оценка артериального давления у новорожденных имеет большое значение для лечения гипотонии и гипертензии, а также для предотвращения развития ряда неблагоприятных осложнений, таких как внутрижелудочковые кровоизлияния, недостаточность кровообращения и других [35]. Тем не менее определение критериев гипотонии и гипертензии у новорожденных остается спорным вопросом, так же как и определение порога артериального давления, при котором необходимо начинать терапию [23, 35].

Возможно, определение артериальной гипотонии и гипертензии должно быть индивидуализированным, так как необходимо учитывать не только абсолютное значение среднего артериального давления, но и особенности конкретного пациента — гестационный возраст, массу тела, постнатальный возраст, индивидуальную степень зрелости регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы и, вероятно, саму причину гипотензии [10, 35].

Состояния, при которых у новорожденных детей развиваются гемодинамические нарушения, полиэтиологичны и разнообразны. Это проблемы, вызванные шунтированием крови через функционирующие фетальные коммуникации (персистирующая легочная гипертензия и гемодинамически значимый артериальный проток), артериальная гипотония в переходный от внутриутробной к внеутробной жизни период у детей с низкой и экстремально низкой массой тела [16], различные варианты шока (в том числе на фоне тяжелой гипоксии, перенесенной ante- и интранатально), артериальная гипертензия [6, 37].

### **МОНИТОРИНГ ГЕМОДИНАМИКИ. ОСОБЕННОСТИ У НОВОРОЖДЕННЫХ**

Приоритетная задача здравоохранения — выявление ранних признаков, предикторов угрожающих состояний, которые могут привести к необратимому поражению органов [3] и летальному исходу.

Так как перфузия органов представляет собой функцию сердечного выброса и общего периферического сосудистого сопротивления, необходима объективная оценка этих показателей, в том числе факторов, их определяющих.

Основными принципами мониторинга гемодинамики являются точность, надежность, комплексность, наличие минимального количества осложнений, практичность и низкая стоимость, а также доступность получаемой информации. Основная задача любого мониторинга — не получение абсолютных цифр однократно, а анализ каждого показателя в динамике, «отслеживание трендов» в процессе наблюдения за пациентом и проведением интенсивной терапии.

Методы определения параметров центральной гемодинамики можно разделить на инвазивные и неинвазивные [5, 15, 38].

«Золотым стандартом» инвазивного мониторинга сердечного выброса является его определение при помощи дилуции индикатора — препульмональной или транспульмональной термодилуции. Подход обеспечивает измерение сердечного выброса и других волюметрических параметров как с помощью катетера Сван–Ганца (препульмонально), так и без катетеризации легочной артерии (транспульмональная методика). Оценка сердечного выброса основана на измерении интенсивности (скорости) потока крови. При введении в кровоток индикатора происходит его разведение кровью. Скорость разведения (дилуции) индикатора будет пропорциональна интенсивности потока и, следовательно, значению сердечного выброса.

Существует ряд технических факторов (ошибки в объеме индикатора, отклонение температуры или скорости введения) и анатомических особенностей (наличие интра- или экстракардиальных шунтов, поражение клапанного аппарата сердца), влияющих на точность измерения СВ методом дилуции.

Рассмотренные методы дискретного инвазивного мониторинга определения СВ способствовали внедрению в практику алгоритмов непрерывного (автоматического) мониторинга этого показателя. Клиническое применение нашли две основных инвазивных технологии: полунепрерывная инвертированная термодилуция при помощи модифицированного катетера Сван–Ганца (требуется катетеризация легочной артерии) и непрерывный анализ артериальной пульсовой волны [11, 40].

При сравнении результатов непрерывного измерения СВ со значениями СВ, полученными методом дискретной термодилуции, установлена тесная корреляционная связь. Метод с успехом используется в педиатрической практике. Непрерывный анализ СВ делает возможным измерение показателя вариабельности ударного объема, который служит предиктором реакции СВ на инфузионную нагрузку.

К инвазивным методам относятся также инвазивный мониторинг артериального давления, измерение центрального венозного давления.

Инвазивный мониторинг АД — непосредственное измерение давления через артериальный катетер. Метод отличается точностью, возможностью динамического контроля, но его применение сопровождается рисками, характерными для любого инвазивного метода мониторинга и, соответственно, не всегда оправдано [6, 12].

Контроль центрального венозного давления (ЦВД) проводят с помощью катетера, введенного в подключичную или внутреннюю яремную вену, дистальный конец которого должен быть расположен у места впадения верхней полой вены в правое предсердие. Величина ЦВД примерно соответствует давлению в правом предсердии и косвенно позволяет судить о конечно-диастолическом объеме правого желудочка, то есть возможно приблизительно оценить преднагрузку у пациентов с интактной функцией сердца и легких, в отсутствие ИВЛ и вазопрессорной поддержки [11]. Показатель ЦВД достаточно неспецифичен, и более информативны, конечно, тренды динамики ЦВД, чем однократное измерение.

В последнее десятилетие наблюдается повышенный интерес к инструментальным средствам бескровного неинвазивного мониторинга насосной функции сердца [5, 38]. По данным метаанализа,

выполненного W.C. Shoemaker et al. [45], неинвазивные методы могут считаться допустимой альтернативой у пациентов ОРИТ в отсутствие инвазивной оценки СВ.

Неинвазивность мониторинга при получении важной и достоверной информации особенно актуальна для педиатрической практики не только в связи с опасностями и осложнениями большинства инвазивных методик, но и с тем, что выполнение ряда инвазивных и даже малоинвазивных методик гемодинамического мониторинга технически затруднительно у детей, особенно раннего возраста и новорожденных [14].

К «условно инвазивным» и неинвазивным методам гемодинамического мониторинга относятся измерение сердечного выброса с помощью исследования содержания углекислого газа в конце выдоха (частично-реверсивное дыхание — монитор NICO), пульсоксиметрия, измерение артериального давления (аппаратным способом), измерение биоимпеданса грудной клетки с помощью специальных электродов в точке сердечного цикла, использование ультразвуковых методик.

Измерение сердечного выброса с помощью исследования содержания углекислого газа в конце выдоха (монитор NICO) построено на модифицированном методе Фика, который является его упрощенным и менее инвазивным вариантом. Измерения выполняемы при условии интубации трахеи и зависят от показателей вентиляции и газообмена.

Торакальный электрический биоимпеданс основан на определении изменений электрического сопротивления грудной клетки. Через кожные электроды пропускается переменный ток высокой частоты и малой силы. Изменения вольтажа принимаемых сигналов отражают циклически колеблющийся объем крови. Данная методика пока не рекомендована для принятия клинических решений и требует дальнейшего исследования [11].

Традиционными методами неинвазивного мониторинга состояния пациента являются измерение АД и пульсоксиметрия.

АД обычно измеряют с помощью ртутного или мембранного манометра не ранее 1,5 ч после кормления или лечебно-диагностического вмешательства. Обязательным условием является выбор манжетки, соответствующей размерам ручки ребенка. Манжетка должна перекрывать  $\frac{2}{3}$  длины сегмента и 75 % окружности [6].

Пульсоксиметрия (оксигеметрия, гемоксиметрия) — неинвазивный метод определения степени насыщения крови кислородом (сатурация артериальной крови — SpO<sub>2</sub>). Пульсоксиметры (SpO<sub>2</sub>-мониторы) кроме сатурации позволяют оценивать некоторые



гемодинамические показатели: ЧСС и по динамике амплитуды пульсовой волны — плетизмограмме, отражающей наполнение капилляров, состояние микроциркуляторного русла органов и тканей [9].

Перспективным неинвазивным методом измерения периферической перфузии выступает перфузионный индекс (ПИ, PI). ПИ — это отношение между сигналом на высоте пульсовой волны (DC) и по ее прошествии (AC):  $AC/DC \cdot 100$ . Оба сигнала (интенсивность инфракрасного света) считываются инфракрасным датчиком, а их отношение определяет амплитуду плетизмографической кривой. Изменения перфузии будет вызывать изменение этого отношения и отображаться на пульсоксиметре. Изменения ПИ зависят от ударного объема, вазомоторной функции, температуры кожных покровов. Меньшие показатели отображают меньший уровень перфузии.

Возможность измерения ПИ есть не у каждого  $SpO_2$ -монитора. Большинство исследований использовали метод расчета ПИ, предложенный Masimo (SET), который впервые предложил и описал этот метод. ПИ зависит от перфузии и отличается от  $SpO_2$ , которая не зависит от перфузии и двигательной активности [44].

Интересен также индекс варибельности пульсовой волны, или плетизмографической варибельности (PVI — индекс волемии) — вариации перфузионного индекса в ходе дыхательного цикла (технология Masimo Rainbow Pulse CO-Oximetry).

PVI — это точный неинвазивный показатель гемодинамического ответа на водную нагрузку у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких [19]. Имеются также данные о том, что варибельность амплитуды пульсовой волны отражает преднагрузку у пациентов на спонтанном дыхании [13, 22, 36].

Информативны и достаточно доступны методы, основанные на ультразвуковой эхолокации в сочетании с эффектом Доплера: транспищеводная («условно» инвазивный) и неинвазивная трансторакальная доплер-Эхо-кардиография.

Несомненными достоинствами как трансторакальной, так и транспищеводной доплер-Эхо-кардиографии являются малая инвазивность, возможность одновременной оценки анатомии и функции сердца [21]. В то же время нельзя не отметить, что результаты доплер-Эхо-кардиографии имеют определенную операторзависимость, обусловленную возможной неточностью в оценке интеграла скорости кровотока по отношению к площади поперечного сечения клапанов

в зависимости от угла инсонации датчика. При проведении транспищеводной доплерографии на результаты также влияет положение датчика в пищеводе [21].

В последние годы все больший интерес вызывает функциональная доплер-Эхо-кардиография [26, 33] — как метод динамической оценки ряда показателей кровотока в критическом состоянии. Особенно это касается педиатрии и неонатологии. При этом желательно, чтобы методом функциональной доплер-Эхо-кардиографии владели не только специалисты ультразвуковой диагностики, но и врачи, которые круглосуточно находятся возле пациента — реаниматологи и неонатологи. Однако известно, что, например, согласно требованиям Американского колледжа кардиологов, Американской ассоциации сердца, Американского общества эхокардиографии, для достижения базового уровня экспертизы в эхокардиографии необходимо провести 150 исследований и проанализировать 150 результатов исследований (при этом соответствующих норме должно быть не более 20 %), обучение длится 4–6 месяцев. Для достижения продвинутого уровня должно быть дополнительно проведено 200 исследований и дополнительно проанализировано 200 результатов исследований, срок обучения при этом составляет от 9 до 12 месяцев [41].

Важно отметить, что при оценке данных, получаемых на основании ультразвуковых методов исследования, необходимо учитывать особенности, обусловленные анатомией кардиоваскулярной системы, у новорожденных и детей раннего возраста, а именно наличие физиологических (открытый артериальный проток и овальное окно) и патологических (врожденные пороки сердца) шунтов [9, 21].

Кроме того, актуальной является проблема сопоставимости данных, получаемых неинвазивными методами, с традиционно считающимися более точными инвазивными методами оценки гемодинамики. M.S. Chew et al. [20] опубликовали данные относительно измерения сердечного выброса у детей методикой доплер-Эхо-кардиографии. Была проведена оценка точности метода, систематической ошибки, воспроизводимости в сравнении с термоделирующей, методом Фика и разведением красителя. Систематическая ошибка при измерении сердечного выброса методом Доплера составила менее 10 % с достаточно значительным диапазоном колебаний (от –37 до +16 %); точность, определенная как разброс в двух стандартных отклонениях, составила 30 %. Варибельность результатов у одного исследо-

вателя колебалась в диапазоне от 2,1 до 22 %, а у разных исследователей от 3,1 до 21,7 %. При этом важно понимать, что измерение сердечного выброса у детей методикой доплер-Эхо-кардиографии актуально не столько для получения абсолютных цифр, сколько для отслеживания каждого показателя в динамике [20, 21].

Еще одним методом исследования гемодинамики, основанным на ультразвуковой эхолокации, служит определение кровотока в верхней полой вене. Любой насос в закрытом контуре циркуляции жидкости может нагнетать лишь тот объем, который к нему притекает, а притекает к нему то, что он нагнетает, то есть приток к насосу равен оттоку, что и происходит в сердце. С точки зрения физиологии шунты через фетальные коммуникации в кровоток в верхней полой вене погрешностей не вносят, и он представляет ту часть системного кровотока, которая собирает кровь от верхней половины туловища и головного мозга [33, 34]. Скорость кровотока в верхней полой вене при доплерографии — показатель, измеряемый в субкостальной позиции датчика. Кровоток в верхней полой вене не измеряли инвазивно, но он прошел подтверждение путем сравнения с доплерографическими измерениями выброса из левого желудочка у детей без шунтов. Необходимо отметить, что метод непрост для усвоения и зачастую вследствие этого может быть чреват неточностями [9].

Учитывая существующие сложности в проведении стандартной и функциональной доплер-Эхо-кардиографии, определении кровотока в верхней полой вене, идет постоянный поиск новых ультразвуковых методов неинвазивного мониторинга гемодинамики в режиме реального времени.

В 2001 г. был предложен монитор неинвазивного контроля параметров сердечного выброса — USCOM, принцип работы которого также основан на доплеровском измерении непрерывных ультразвуковых волн. Аппарат измеряет единственный показатель — скорость аортального и легочного кровотока по мере изгнания крови из сердца. При этом диаметр аортального клапана и клапана легочного ствола рассчитывается с помощью утвержденных внутренних алгоритмов на основании данных о росте и массе тела пациента. Зная площадь поперечного сечения сосуда и скорость кровотока, определяется объем крови, перекачиваемый за минуту, то есть сердечный выброс, на основании которого рассчитывается ряд гемодинамических параметров, при помощи которых можно оценивать сократимость сердца, преднагрузку и постнагрузку.

Для хорошей воспроизводимости результатов при определении гемодинамики аппаратом USCOM врачу, не имеющему опыта проведения доплерографии, достаточно выполнить от 15 до 20 измерений у взрослых пациентов и до 30 измерений у новорожденных [43].

Основное ограничение метода оценки гемодинамики с помощью аппарата USCOM заключается в том, что установка направления датчика, так же как и при доплер-Эхо-кардиографии, производится вслепую. Это может привести к возникновению ошибки вследствие отклонения угла инсонации датчика и вызвать значительные вариации показателей, получаемых разными операторами [21]. В ряде работ отмечается хорошая корреляция измеряемых показателей между исследователями, не знакомыми с результатами, полученными коллегой [32, 46].

Определение гемодинамики аппаратом USCOM привлекательно своей неинвазивностью, а также простотой измерения. С помощью данного аппарата врач без опыта выполнения доплерографии может оценить показатели у пациента, в том числе новорожденного, при проведении интенсивной терапии или при анестезиологическом обеспечении [30, 47, 48].

## ВЫВОДЫ

1. Показатель артериального давления не является объективным критерием, позволяющим определять тактику гемодинамической поддержки при интенсивной терапии у новорожденных в критическом состоянии.
2. Основная задача мониторинга гемодинамики — «отслеживание» трендов и анализ показателей в динамике в процессе осуществления интенсивной терапии, а не однократное получение абсолютных значений отдельных параметров.
3. Мониторинг показателей центральной гемодинамики, церебральной оксигенации и мозгового кровотока при проведении интенсивной терапии у новорожденных детей позволит улучшить результаты лечения и повысить качество жизни пациентов, перенесших критические состояния.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байбарина Е.Н., Дегтярев Д.Н., ред. Избранные клинические рекомендации по неонатологии. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. [Bajbarina EN, Degtyarev DN, eds. Selected clinical guidelines in neonatology. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. (In Russ.)]
2. Белозеров Ю.М. Детская кардиология. — М.: МЕДпресс-информ, 2004. [Belozerov YuM. Pediat-

- ric cardiology. Moscow: MEDpress-inform; 2004. (In Russ.)]
3. Володин Н.Н., ред. Неонатология. Национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. [Volodin NN, ed. Neonatology. National guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2008. (In Russ.)]
4. Володин Н.Н., ред. Неонатология. Национальное руководство. Краткое руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. [Volodin NN, ed. Neonatology. National guidelines. Brief guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2013. (In Russ.)]
5. Грачев С.С., Евтушенко С.В. Возможность неинвазивного мониторинга показателей центральной гемодинамики в отделении интенсивной терапии и реанимации // Медицинский журнал. – 2013. – № 2. – С. 76–79. [Grachev SS, Evtushenko SV. Central haemodynamic noninvasive monitoring possibility in the intensive care unit. *Medical Journal*. 2013;(2):76-79. (In Russ.)]
6. Делягин В.М. Артериальная гипертензия у новорожденных и детей грудного возраста // Педиатрия. – 2010. – № 2. – С. 39–40. [Delyagin VM. Arterial hypertension in newborns and infants. *Pediatrics*. 2010;(2):39-40. (In Russ.)]
7. Зильбер А.П. Этюды критической медицины. – М.: МЕДпресс-информ, 2006. [Zil'ber AP. Essays of critical care medicine. Moscow: MEDpress-inform; 2006. (In Russ.)]
8. Иванов Д.О., Александрович Ю.С., Орел В.И., Прометной Д.В. Младенческая смертность в Российской Федерации и факторы, влияющие на ее динамику // Педиатр. – 2017. – Т. 8. – № 3. – С. 5–14. [Ivanov DO, Aleksandrovich YuS, Orel VI, Prometnoj DV. Infant mortality in Russian Federation and influence on its dynamic factors. *Pediatr*. 2017;8(3):5-14. (In Russ.)]. doi: 10.17816/PED835-14.
9. Клайман Ч., Сери И. Гемодинамика и кардиология. Проблемы и противоречия в кардиологии. – М.: Логосфера, 2015. [Klajman CH, Seri I. Hemodynamics and cardiology. Challenges in cardiology. Moscow: Logosfera; 2015. (In Russ.)]
10. Крючко Д.С. Артериальная гипотония у новорожденных. Механизмы развития, дифференцированная терапия, прогноз: Автореф. дис.... д-ра мед. наук. – М., 2016. [Kryuchko DS. Arterial hypotonia in newborns. Mechanisms of development, differentiated therapy, prognosis: [dissertation] Moscow; 2016. (In Russ.)]
11. Кузьков В.В., Киров М.Ю. Инвазивный мониторинг гемодинамики в интенсивной терапии и анестезиологии. – Архангельск: Северный гос. мед. университет, 2015. [Kuz'kov VV, Kirov MYu. Invasive monitoring of hemodynamics in intensive therapy and anesthesiology. Arhangel'sk: Severnyj gos. med. universitet; 2015. (In Russ.)]
12. Лебединский К.М., ред. Кровообращение и анестезия. – СПб.: Человек, 2015. [Lebedinskij KM, ed. Circulation and anesthesia. Saint Petersburg: Chelovek; 2015. (In Russ.)]
13. Сальников В.Г., Ширинбеков Н.Р., Красносельский К.Ю., Александрович Ю.С. Фотоплетизмография и пульсовая оксиметрия. Место в практической и научной медицине. Доступно по: <http://xn-e1afbf1jsem6k.xn-p1ai/pdf/platizmogradiya.pdf>. Ссылка активна на 02.02.2017. [Sal'nikov VG, Shirinbekov NR, Krasnosel'skij KYu, Aleksandrovich YuS. Photoplethysmography and pulse oximetry. Its place in scientific medicine. Available from: <http://xn-e1afbf1jsem6k.xn-p1ai/pdf/platizmogradiya.pdf>. Accessed February 2, 2017. (In Russ.)]
14. Степаненко С.М., Афуков И.И., Ситникова М.И. Мониторинг гемодинамики в выборе интенсивной терапии у оперированных новорожденных детей // Анестезиология и реаниматология. – 2016. – Т. 61. – № 1. – С. 33–36. [Stepanenko SM, Afukov II, Sitnikova MI. [Hemodynamic monitoring and choice of intensive therapy in operated newborns. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2016;61(1):33-36. (In Russ.)]
15. Alhashemi JA, Cecconi M, Hofer CK. Cardiac output monitoring: an integrativ perspective. *Critical Care*. 2011;15:214. doi: 10.1186/cc9996.
16. Barrington KJ. Common Hemodynamic Problems in the Neonate. *Neonatology*. 2013;103:335-340. doi: 10.1159/000349933.
17. Borch K, Lou HC, Greisen G. Cerebral white matter blood flow and arterial blood pressure in preterm infants. *Acta Paediatr*. 2010;99(10):1489-92. doi: 10.1111/j.1651-2227.2010.01856.x.
18. Buonocore G, Bracci R, Weindling M. Neonatology. A Practical Approach to Neonatal Diseases. Italia: Springer-Verlag; 2012.
19. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *British Journal of Anaesthesia*. 2008;101(2):200-206. doi: 10.1093/bja/aen133.
20. Chew MS, Poelaert J. Accuracy and repeatability of pediatric cardiac output measurement using Doppler: 20-year review of the literature. *Intensive Care Med*. 2003;29:1889-94. doi: 10.1007/s00134-003-1967-9.
21. De Boode W. Cardiac output monitoring in newborns. *Seminar Perinatol*. 2010;174-88. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2010.01.032.
22. Delorme S, Renault R. Variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude induced

- by passive leg raising in spontaneously breathing volunteers. *Am J Emerg Med*. 2007;25(6):637-42. doi: 10.1186/s13049-016-0298-0.
23. Dempsey EM, Barrington KJ. Evaluation and treatment of hypotension in the preterm infant. *Clin Perinatol*. 2009;36(1):75-85. doi: 10.1016/j.clp.2008.09.003.
24. Doyle LW. Cardiopulmonary outcomes of extreme prematurity. *Semin Perinatol*. 2008;32(1):28-34. doi: 10.1053/j.semperi.2007.12.005.
25. Evans N. Which inotrope for which baby? *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. 2006;91:213-220. doi: 10.1136/adf.2005.071829.
26. Finan E, Sehgal A. Targeted Neonatal Echocardiography Services. *J Ultrasound Med*. 2014;33:1833-1841. doi: 10.7863/ultra.15.06037.
27. Giesinger RE, McNamara PJ. Hemodynamic instability in the critically ill neonate: An approach to cardiovascular support based on disease pathophysiology. *Semin Perinatol*. 2016;40(3):174-88. doi: 10.1053/j.semperi.2015.12.005.
28. Groves AM, Kuschel CA, Knight DB, Skinner JR. Relationship between blood pressure and blood flow in newborn preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2008;93:29-32. doi: 10.1136/adf.2006.109520.
29. Gupta S, Donn SM. Neonatal hypotension: dopamine or dobutamine? *Semin Fetal Neonatal Med*. 2014;19:54-59. doi: 10.1016/j.siny.2013.09.006.
30. Hui D, He S, et al. Time for spontaneous closure of ductus arteriosus and dynamic changes with cardiac index, peripheral vascular resistances, blood pressure of different gestational age neonates. *Chin J Appl Clin Pediatr*. 2015;30(14):123-125. doi: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2015.14.006.
31. Hunt RW, Evans N, Rieger I, Kluckow M. Low superior vena cava flow and neurodevelopment at 3 years in very preterm infants. *J Pediatr*. 2004;145:588-592. doi: 10.1016/j.jpeds.2004.06.056.
32. Kager CCM, Dekker GA, Stam MC. Measurement of cardiac output in normal pregnancy by a non-invasive two-dimensional independent Doppler device. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 2009;49:142-144. doi:10.1111/j.1479-828X.2009.00948.x.
33. Kluckow M, Evans N. Superior vena cava flow. A novel marker of systemic blood flow. *Arch Dis Child*. 2000;82:182-187. PMID: 10794783.
34. Kluckow M, Seri I, Evans N. Functional Echocardiography: An Emerging Clinical Tool for the Neonatologist. *J Pediatr*. 2007;150:125-30. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2010.01.030.
35. Lalan SP, Warady BA. Discrepancies in the normative neonatal blood pressure reference ranges. *Blood Pressure Monitoring*. 2015;20:171-177. doi: 10.1097/MBP.0000000000000116.
36. Latini G, Dipaola L, De Felice C. First Day of Life reference values for pleth variability index in spontaneously breathing term newborns. *Neonatology*. 2012;101:179-182. doi: 10.1159/000331774.
37. Louw J, Brown S. Neonatal circulatory failure due to acute hypertensive crisis: clinical and echocardiographic clues. *Cardiovascular journal of Africa*. 2013;24(3):72-75. doi: 10.5830/CVJA-2013-003.
38. Marik PE. Noninvasive Cardiac Output Monitors: a state-of the art review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013;27(1):121-34. doi: 10.1053/j.jvca.2012.03.022.
39. Martens SE, Rijken M, Stoelhorst GM. Follow-up project on prematurity TN. Is hypotension a major risk factor for neurological morbidity at term age in very preterm infants? *Early Hum Dev*. 2003;75:79-89. PMID:14652161.
40. Mathews L, Singh KR. Cardiac output monitoring. *Ann Card Anaesth*. 2008;11:56-58. PMID: 18182765.
41. Mertens L, Seri I. Targeted Neonatal Echocardiography in the Neonatal Intensive Care Unit: Practice Guidelines and Recommendations for Training. *European Journal of Echocardiography*. 2011;12:715-736. doi: 10.1093/ejechocardiography/ejr181.
42. Osborn DA, Evans N, Kluckow M. Clinical detection of low upper body blood flow in very premature infants using blood pressure, capillary refill time and central – peripheral temperature difference. *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. 2004;89:168-173. doi: 10.1136/adf.2002.023796.
43. Patel N, Dodsworth M, Mills JF. Cardiac output measurement in newborn infants using the ultrasonic cardiac output monitor: an assessment of agreement with conventional echocardiography, repeatability and new user experience. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2010;96(3):206-211. doi: 10.1136/adf.2009.170704.
44. Piasek CZ, Van Bel F, Sola A. Perfusion index in newborn infants: a noninvasive tool for neonatal monitoring. *Acta Paediatrica*. 2014;103:468-473. doi: 10.1111/apa.12574.
45. Shoemaker WC, Belzberg H, et al. Multicenter study of noninvasive monitoring systems as alternatives to invasive monitoring of acutely ill emergency patients. *Chest*. 1998;114:1643-1652. PubMedID: 9872201.
46. Tiralongo GM, et al. Assessment of total vascular resistance and total body water in normotensive women during the first trimester of pregnancy. A key for the prevention of preeclampsia. *An International Journal of Womens Cardiovascular Health*. 2015;5(2):193-197. doi: 10.1016/j.preghy.2015.02.001.



47. Zhen-zhu Yu, Xiao-hong Liu. The clinical value of dynamic measurement of cardiac output in early shock neonates. *J Chin Pediatr.* 2010;28(1):21-23. Available from: <http://www.uscom.com.au/index.html>. Accessed March 01, 2017.
48. Zheng ML, Sun X, Zhong J, et al. Clinical study of neonatal cardiac output measurement methods. *Zhonghua Er Ke Za Zhi. Chinese journal of paediatrics.* 2013;51(1):58-63. doi: 10.3760/cma.j.isn.0578-1310.2013.01.011.

---

◆ Информация об авторах

*Ирина Владимировна Боронина* — канд. мед. наук, заведующая кафедрой анестезиологии и реаниматологии. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж. E-mail: [irinaboronina@bk.ru](mailto:irinaboronina@bk.ru).

*Юрий Станиславович Александрович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: [Jalex1963@mail.ru](mailto:Jalex1963@mail.ru).

*Ирина Николаевна Попова* — канд. мед. наук, заведующая центром анестезиологии и реанимации. БУЗ ВО «Воронежская областная детская клиническая больница № 1», Воронеж. E-mail: [irinapopova07@rambler.ru](mailto:irinapopova07@rambler.ru).

*Людмила Сергеевна Ошанова* — аспирант, кафедра анестезиологии и реаниматологии. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж. E-mail: [kiwi\\_smile@mail.ru](mailto:kiwi_smile@mail.ru).

---

◆ Information about the authors

*Irina V. Boronina* — MD, PhD, Head, Chair of Anesthesiology and Resuscitation. Federal State Financed Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko of Ministry of Health of Russia, Voronezh, Russia. E-mail: [irinaboronina@bk.ru](mailto:irinaboronina@bk.ru).

*Yury S. Aleksandrovich* — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head, Chair of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency in Pediatrics, Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education. St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia. E-mail: [Jalex1963@mail.ru](mailto:Jalex1963@mail.ru).

*Irina N. Popova* — MD, PhD, Head of the Center of Anesthesiology and Intensive Care. Voronezh Regional Children's Teaching Hospital No 1, Voronezh, Russia. E-mail: [irinapopova07@rambler.ru](mailto:irinapopova07@rambler.ru).

*Ludmila S. Oshanova* — Postgraduate Student, Chair of Anesthesiology and Resuscitation. Federal State Financed Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko of Ministry of Health of Russia, Voronezh, Russia. E-mail: [kiwi\\_smile@mail.ru](mailto:kiwi_smile@mail.ru).