

РОЛЬ УЛЬТРАЗВУКА В ОЦЕНКЕ ВОЛЕМИЧЕСКОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ В КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Д.О. Старостин¹, А.Н. Кузовлев²

¹ Филиал № 8 (пгт Селятино) «1586 ВКГ» Минобороны России, Селятино

² ФГБНУ «НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского» ФНКЦ РР, Москва

В настоящее время доступны различные методы оценки волемического статуса и чувствительности к инфузионной нагрузке у пациентов в критических состояниях. Значительным преимуществом ультразвуковых методов является их неинвазивность, простота в использовании и быстрый период обучения навыку, что делает их одними из наиболее перспективных в клинике. В данном обзоре литературы изложены основные принципы диагностики и оценки волемического статуса пациентов в критических состояниях. Освещена информативность центрального венозного давления, гемодинамических тестов (тест с быстрой инфузионной нагрузкой, тест с пассивным подъемом ног), а также инструментальных методов оценки волемического статуса, в частности ультразвуковых (оценка дыхательной модуляции нижней полой вены, коллабирование внутренней яремной вены, трансторакальная и транsezофагеальная эхокардиография).

- **Ключевые слова:** волемический статус, гиповолемия, ультразвук, тест с пассивным подъемом ног, сердечный выброс

Для корреспонденции: Кузовлев Артем Николаевич — д-р мед. наук, заведующий лабораторией клинической патофизиологии критических состояний ФГБНУ «НИИ общей реаниматологии им. В.А. Неговского» ФНКЦ РР, Москва; e-mail: artem_kuzovlev@mail.ru

Для цитирования: Старостин Д.О., Кузовлев А.Н. Роль ультразвука в оценке волемического статуса пациентов в критических состояниях. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018;4:42–50.

ROLE OF ULTRASOUND IN DIAGNOSING VOLUME STATUS IN CRITICALLY ILL PATIENTS

D.O. Starostin¹, A.N. Kuzovlev²

¹ Branch No. 8 (pgt. Selyatino) «1586 VKG» of the Ministry of Defense of Russia Moscow region

² V.A. Negovsky research institute of general reanimatology of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow

Currently, various methods are available for assessing volemic status and volume responsiveness in critically ill patients. A significant advantage of ultrasound methods is their non-invasiveness, ease of use, and a quick learning curve, which makes them probably the most promising in the clinical practice. This literature review outlines the basic principles of diagnosis and evaluation of the volemic status of critically ill patients. The informativity of central venous pressure, hemodynamic tests (volume loading tests, passive leg raising test), as well as instrumental methods for assessing volemic status, in particular ultrasound (assessment of respiratory modulation of the inferior vena cava, collapse of internal jugular vein, transthoracic and transesophageal echocardiography).

- **Keywords:** volemic status, hypovolemia, ultrasound, passive leg raising test, cardiac output

For correspondence: Artem N. Kuzovlev, MD, PhD, DrSci, head of the laboratory of clinical pathophysiology of critical states of the V.A. Negovsky research institute of general reanimatology Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow; e-mail: artem_kuzovlev@mail.ru

For citation: Starostin D.O., Kuzovlev A.N. Role of ultrasound in diagnosing volume status in critically ill patients. Alexander Saltanov Intensive Care Herald. 2018;4:42–50.

DOI: 10.21320/1818-474X-2018-4-42-50



За всю историю пролива Ла-Манш в нем не утонуло столько людей, сколько утонуло в реанимационных отделениях.

Питер Сафар

Введение

Гиповолемия — один из актуальных синдромов у пациентов в критических состояниях. Назначение инфузии — наиболее распространенный метод лечения в анестезиологии-реаниматологии. Инфузия будет эффективна только в том случае, если пациент нуждается в коррекции преднагрузки и увеличении органной перфузии. Слепое назначение инфузии может привести к ухудшению состояния пациента. Для анестезиолога-реаниматолога крайне важно корректно оценить волемический статус пациента в критическом состоянии. В этом могут помочь неинвазивные инструментальные методы.

Гиповолемия — состояние, характеризующееся дефицитом объема внутрисосудистой жидкости. Общее содержание жидкости в организме составляет около 60 % от массы тела у мужчин и 50 % у женщин. В критических состояниях, например при кровотечениях, перераспределяется большой объем жидкости и первичный физиологический ответ организма — централизация кровообращения. Для восполнения периферии и поддержки транскапиллярной перфузии тканей происходит задержка натрия и воды, как следствие активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС). Организм человека может потерять до 30 % жидкости и компенсировать данное состояние до тех пор, пока гиповолемия не станет клинически значимой. С одной стороны, при гиповолемии необходимо быстро начать введение большого объема жидкости с целью обратимого увеличения сердечного выброса (СВ) и доставки кислорода тканям. С другой стороны, известно, что перегрузка жидкостью имеет отрицательные последствия: увеличивает продолжительность респираторной поддержки и летальность, что особенно выражено у пациентов с сепсисом [1–3], острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС) [4–6], внутрибрюшной гипертензией [7] и острым повреждением почек (ОПП) [8–10].

В настоящее время существует много различных способов для оценки волемического статуса пациента. К базовым и общедоступным методикам оценки относятся общий анализ крови (признаки гемоконцентрации) [11], электролитов крови (содержание натрия) [12], общий анализ мочи (содержание натрия в моче < 100 ммоль/сут) [13, 14], рентгенография органов грудной клетки [15]. К инвазивным и достаточно дорогостоящим методам оценки волемического статуса пациента относятся транспульмональная термодилуция (ТПТД), анализ пульсовой волны с помощью монитора PICCOplus, анализ вариации пульсового давления (PPV) или ударного объема (SVV) и другие. Использование ТПТД является «золотым стандартом», но это дорого и инвазивно. Оценка PPV и SVV также инвазивна и чувствительна к различным видам аритмий,

использованию вазоактивных препаратов, наличию самостоятельного дыхания и изменениям внутригрудного давления [16–21]. Поэтому перспективно использование неинвазивных методов оценки СВ.

Достоверное измерение ударного объема (УО) в реальном времени на основе точного расчета СВ остается ключевым вопросом при определении волемического статуса пациента. Существует множество неинвазивных устройств для измерения СВ. Биоимпеданс, анализ контуров импульсов и анализ скорости пульсовой волны требуют технической поддержки и опыта работы. Методы эхокардиографии (ЭХО-КГ) на доплеровской основе, инвазивные (трансэзофагеальные) или неинвазивные (трансторакальные) методики дают оценку в режиме реального времени и имеют такую же точность, как и термодилуционные катетеры. В последние годы ультразвук все шире используется в анестезиологии-реаниматологии для оценки волемического статуса, степени повреждения легких и выраженности отека легких, катетеризации центральных вен и в регионарной анестезии. Несмотря на некоторые технические проблемы (опыт оператора, кривая обучения, точное выравнивание луча ультразвука), ультразвук — практически идеальный инструмент для оценки гиповолемии при критических состояниях [22–25].

Тест с быстрой инфузионной нагрузкой

Thomas Aitchison Latta был первым человеком, который 200 лет назад впервые провел тест с быстрой инфузионной нагрузкой. Он стал известен всему миру после успешного применения методики соляных капельниц (saline drip) во времена, когда Британия была охвачена холерой [26]. Тест с быстрой инфузионной нагрузкой (проба с инфузионной нагрузкой) является «золотым стандартом» оценки волемии у пациента. Практическая сторона теста заключается во введении небольшого количества жидкости, как правило, 300–500 мл инфузионного раствора [27–29]. Целесообразно вводить раствор в течение 10–30 мин и выполнять расчет на идеальную массу тела, что составляет 5–10 мл на кг массы тела [30]. Состав жидкости (коллоидный или кристаллоидный) не имеет значения, в то время как важным аспектом является быстрое введение жидкости через центральный венозный катетер [31]. Если при повышении СВ на 0,25–0,3 л/мин параллельно возрастает и центральное венозное давление (ЦВД) на 2 мм рт. ст. (или давление заклинивания легочной артерии (ДЗЛА) на 3 мм рт. ст.), тест можно считать положительным, и пациент относится к группе fluid responder, т. е. отвечающим на инфузионную нагрузку. Таким пациентам следует назначить инфузию, что в дальнейшем, вероятно, приведет к положительному клиническому ответу в виде прироста СВ. Оценивать СВ необходимо после повышения ЦВД на 2 и более мм рт. ст. [32–38].

Основной недостаток данного теста заключается в его необратимости и инвазивности. Инвазивность заключается в том, что для достоверной оценки динамики ЦВД необходимо выполнить катетеризацию центральной вены.

Необратимость же заключается в том, что введенная жидкость может привести к развитию отека легких, для этого достаточно повышения СВ на пороговые значения до 10–15 % [27, 38]. Описано, что нет необходимости введения полного объема жидкости, и достаточно провести «мини-тест с инфузионной нагрузкой» объемом до 100 мл жидкости, чтобы снизить риск гипергидратации у тех пациентов, которые заведомо не отреагируют на этот тест и будут отнесены к группе fluid non-responder [29, 32, 34–41]. Особенность данного теста заключается в том, что его можно проводить несколько раз в сутки, что актуально для пациентов в критических состояниях. С помощью ультразвука можно оценить нарастание скорости кровотока в аорте, тем самым чувствительность теста значительно повышается [31, 42].

Тест с пассивным подъемом ног

Физиологическая основа теста с пассивным подъемом ног (PLR-тест) — использование собственного объема крови пациента (аутоотрансфузия) [27, 40]. Данный тест с высокой достоверностью может предсказать увеличение СВ в момент притока крови из вен нижних конечностей в правые отделы сердца, который составляет в среднем 300 мл [30–31, 37, 40–41, 43–45]. Особенность данного теста заключается в его абсолютной обратимости и возможности его выполнения как у пациентов с сохраненным самостоятельным дыханием, так и при проведении искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [46]. Нет противопоказаний к проведению теста с пассивным подъемом ног у пациентов с нарушениями ритма сердца, а также при проведении инотропной и/или вазопрессорной поддержки [40, 41, 46–49].

В работе Teboul J. и Monnet X. [50] доказано, что PLR-тест информативен для выявления пациентов, чувствительных к инфузионной нагрузке. По данным авторов, PLR-тест имеет чувствительность 97 % и специфичность 94 % [27]. В метаанализе Cherpanath T., Hirsch A. et al. отмечено, что для правильности использования теста необходимо оценивать СВ в режиме реального времени с помощью доступных методик (предпочтительно ультразвуковых) [29, 51]. Также необходимо учитывать, что при выполнении данного теста увеличивается венозный возврат к сердцу, что является всего лишь предиктором у тех пациентов, которые находятся на восходящей части кривой Франка—Старлинга [40–42]. При этом сердце не всегда может отвечать ростом преднагрузки в ответ на увеличения СВ. Это связано, прежде всего, с критическими состояниями, когда жидкость покидает сосудистое русло и стремится попасть в интерстиций на фоне повышенной проницаемости сосудов (феномен «капиллярной утечки»). Также важно отметить, что вследствие венозного депонирования часть объема жидкости, который был введен, может быть «потеряна» [52, 53]. В зависимости от динамики СВ при проведении данного теста пациентов можно разделить на две группы: реагирующие (responder) или не реагирующие (non-responder) на рост

преднагрузки [38, 41, 54–56]. По данным наиболее актуальных метаанализов [57–58], общая чувствительность PLR-теста составила 85 %, а общая специфичность — 91 %. Средний порог значения СВ, который одновременно обеспечивал наилучшую чувствительность и специфичность, составил увеличение СВ на 10 % или более [58–60].

Методика выполнения теста. Пациента укладывают на операционный стол или функциональную кровать. Головной конец, желательно с помощью автоматического привода, медленно приподнимается до угла 45 градусов [40–41, 59–60]. После правильной укладки ножной конец медленно приподнимают до угла 45 градусов. Головной конец должен быть опущен в исходное горизонтальное положение. В данном положении пациент удерживается в течение 30–90 с, после чего наступает максимальный эффект [40–41, 61–64]. Дискомфорт пациента, боль, кашель могут спровоцировать адренергические реакции, которые могут привести к неправильной трактовке результатов СВ. Должный результат — прирост СВ, который оценивают неинвазивными методиками.

По мнению Monnet X. et al., при проведении данного теста достигается повышение давления в аорте (регистрируемое по данным ультразвукового исследования), что в 10–12 % свидетельствует о росте преднагрузки в левых отделах сердца [59, 60, 62]. Методика неинвазивного измерения СВ должна обнаружить все изменения, в том числе и кратковременные, т. к. эффект может пройти через 1 мин [26].

Ряд авторов описывает также методику сочетания PLR-теста и измерения парциального давления CO_2 в конце выдоха (капнография): увеличение CO_2 в конце выдоха более чем на 5 % имеет чувствительность до 70 %, а специфичность достигает 100 %, что коррелирует со значениями СВ [59–61]. Важно отметить, что неинвазивное измерение СВ должно продолжаться и после приведения пациента в исходное положение.

Центральное венозное давление

Существует большое количество доказательств, что ЦВД обладает низкой чувствительностью относительно оценки волемического статуса пациента. Это было установлено рядом исследований и метаанализов [65–69]. Тем не менее ЦВД широко используется в реаниматологии. Исследование FENICE, проведенное в отделениях реанимации по всему миру, показало, что ЦВД продолжают использовать как маркер волемии [70]. В исследовании, посвященном гемодинамическому мониторингу у пациентов, перенесших операцию высокого риска, 73 % американских и 84 % европейских анестезиологов сообщили, что они использовали ЦВД как достоверный показатель волемии [71]. Eskesen T. et al. провели систематический обзор, включающий метаанализ 1148 отдельных наборов данных о ЦВД в качестве предиктора волемического статуса. Было доказано, что ЦВД обладает низкой прогностической способностью [72].

Ультразвук в оценке волемического статуса

Оценка волемического статуса пациента с помощью ультразвука является удобным, недорогим и неинвазивным методом.

Одной из главных задач врача анестезиолога-реаниматолога является обеспечение безопасности пациента при проведении оперативных вмешательств, сохранение витальных функций и систем жизнедеятельности организма. Согласно Приказу Минздрава России № 919н от 15.11.2012 «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю “анестезиология и реаниматология”» в отделениях анестезиологии и реанимации должен находиться портативный ультразвуковой диагностический аппарат с системой навигации для выполнения регионарной анестезии, пункции, катетеризации центральных и периферических сосудов, а также для оценки пациентов, находящихся в критическом состоянии. Технология ультразвука легкодоступна и проста в использовании. Результаты являются точными и доступными. Ультразвук дает возможность проведения неинвазивной оценки состояния органов, сосудов и других клинически значимых структур [73]. М-режим и доплер могут генерировать динамические измерения и быстро способствовать эффективному лечению. По мнению Vincent et al., эти преимущества сделали ультразвук близким к идеальной системе гемодинамического мониторинга [74].

Однако не стоит забывать, что ультразвуковая методика — оператор-зависимая. В настоящее время ультразвук по достоинству занимает одну из главных диагностических ниш в экстренной анестезиологии-реаниматологии [54, 55, 63, 64]. В последние годы широко распространились ультразвуковые обследования в отделениях интенсивной терапии, гемодинамический мониторинг, оценка повреждения легких, протоколы регионарной анестезии и катетеризации сосудов.

Исследование нижней полой вены с помощью ультразвука

Среди многочисленных методов мониторинга ультразвукографическая оценка нижней полой вены (НПВ) является одним из лучших предикторов волемии [75]. Даже неопытные клиницисты могут быстро научиться находить НПВ и воспроизводить ее изображение с приемлемой точностью после минимального обучения [76, 77]. Диаметр НПВ изменяется в момент дыхательного цикла (табл. 1). Измерив диаметр НПВ, можно предсказать волемический статус пациента [78, 28]. Однако измерение НПВ также имеет важные ограничения, включая технические (например, ограниченную визуализацию у пациентов с ожирением) и связанные с трудностями интерпретации результатов [78–80].

Для оценки диаметра НПВ используется фазированный секторный кардиодатчик, однако подходит и кон-

Таблица 1

Оценка дыхательной модуляции нижней полой вены

Диаметр нижней полой вены (см)	Дыхательные модуляции (%)	Давление в правом предсердии (см водн. ст.)
< 1	> 80 или полный коллапс	0–5
1–2	40–50	6–10
> 2	< 40–50	10–15
> 2,5	< 40–50	16–20

вексный. Осмотр производится на уровне печени и диафрагмы. Датчик располагается в эпигастральной области правее срединной линии, метка направлена вниз, к ногам пациента. В этой проекции удастся четко визуализировать печень, печеночную вену, диафрагму и НПВ. На дыхательную вариацию в нижней полой вене может влиять внутрибрюшное и внутригрудное давление [81–85]. Диаметр НПВ уменьшается при вдохе и увеличивается при выдохе. Волемический статус оценивается на основании размеров и степени коллабирования [86–96].

Ультразвуковая оценка диаметра НПВ была предложена в качестве прикроватного неинвазивного маркера волемии. Информативность этого метода была подтверждена во время гемодиализа и непрерывной ультрафильтрации у пациентов с септическим шоком. Было доказано, что вариация диаметра НПВ предсказывает волемию у пациентов на искусственной вентиляции, с септическим шоком и субарахноидальным кровоизлиянием (с предельной величиной 18 %).

Однако противоречивые результаты нескольких исследований указали на необходимость осторожного использования ультразвука. Muller et al. показали, что у пациентов с острой сердечно-сосудистой недостаточностью на самостоятельном дыхании высокие значения дыхательной модуляции НПВ (> 40 %) обычно связывали с наличием гиповолемии, однако значения ≤ 40 % не исключали ее. Corl et al. не подтвердили информативность оценки диаметра НПВ в оценке волемического статуса. Juhl-Olsen et al. не выявили корреляции между изменением диаметра НПВ и величиной гемодинамического ответа во время кроводачи у здоровых доноров крови [97–99].

Исследование внутренней яремной вены с помощью ультразвука

Коллабирование внутренней яремной вены (ВЯВ) может наблюдаться у здоровых людей и составляет от 25–30 %. У пациентов с гиповолемией стенки ВЯВ могут полностью смыкаться во время вдоха или более чем на 50 % [100–102]. При проведении плановых оперативных вмешательств чаще всего пациенты компенсированы по витальным функциям, соответственно, коллабирование ВЯВ в предоперационном периоде является маркером гиповолемии. Так же как и при выполнении PLR-теста, пациент должен лежать

на ровной поверхности. Кашель и беспокойство пациента могут привести к ошибочной интерпретации результатов. Диагностическая ценность данного исследования повышается при одновременной оценке фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) и ВЯВ [60]. Имеется четкая зависимость от полученных результатов: так, при коллабировании ВЯВ, ФВ ЛЖ должна повышаться до 80 %. В случае если же ВЯВ не спадается, а ФВ уменьшилась до 60 % и ниже, стоит в первую очередь исключить острую сердечно-сосудистую недостаточность.

Трансторакальная эхокардиография

Трансторакальная эхокардиография (ТТЭ) — еще один информативный и неинвазивный метод оценки волемического статуса пациента в критическом состоянии. В нескольких исследованиях сообщается о ценности ЭХО-КГ, в частности относительно оценки систолической и диастолической функции желудочков, преднагрузки, морфологии и функции клапанов, а также анатомии крупных сосудов сердца [103]. Несмотря на то что необходим значительный опыт использования ЭХО-КГ в полном объеме, в одном исследовании сообщалось, что обучение оценке функции ЛЖ может длиться не более 6 ч [104]. Проведение ТТЭ может быть затруднено у пациентов в отделении реанимации (повязки, дренажи, внешние устройства, которые не могут быть смещены, например желудочковые вспомогательные устройства, системы дренирования грудной клетки; сложная конституция тела; ограниченное сотрудничество с пациентом и др.).

Наиболее распространенным способом оценки глобальной сократительной функции ЛЖ (ГСФЛЖ) является определение фракции выброса (ФВ).

Фракция выброса — объем крови, выбрасываемый в фазу систолы, заполняемый ЛЖ в фазу диастолы. В норме ФВ составляет 55–65 %. Для качественной оценки ФВ ЛЖ и интерпретации полученных результатов необходимо иметь фундаментальные знания о строении сердца, его функциях, физиологии и ориентироваться в основных алгоритмах расчета объема ЛЖ [105, 106]. На данный момент существует множество методов оценки ФВ ЛЖ, начиная от простого наблюдения и заканчивая оценкой в В-режиме и М-режиме. Ряд современных ультразвуковых аппаратов оснащен функцией оценки толщины стенок желудочков во время систолы и диастолы [107, 108], что актуально в экстренной ситуации.

Решение о начале инфузии или проведении инотропной/вазопрессорной поддержки нужно принимать быстро. По данным авторов, методика оценки ГСФЛЖ может дать такие же данные, как и при катетеризации легочной артерии [109–112]. Для точной интерпретации данных необходимо оценить степень сокращения стенок ПЖ, ЛЖ и межжелудочковой перегородки (МЖП). Если при исследовании видны минимальные сокращения во время расширенных камер сердца, то можно предположить о наличии низкой ФВ ЛЖ. Если же обнаружена высокая сократимость или даже гипердинамичность стенок серд-

ца, в сочетании с дыхательной модуляцией НПВ, то можно с достоверностью говорить о гиповолемии [89]. При состоянии, когда желудочки равномерно малонаполнены, папиллярные мышцы касаются друг друга, этот феномен называется *kissing papillaries*, его можно хорошо визуализировать в М-режиме, еще один, но менее достоверный признак гиповолемии [113–115]. Трансторакальная ЭХО-КГ обычно используется в отделении реанимации и дает возможность непрерывного измерения УО и СВ [116–119].

Ультразвук является достоверным методом оценки ФВ, а в периоперационном периоде позволяет клиницисту правильно назначить инфузию, оптимизировать и улучшить результаты лечения, значительно снизить послеоперационные осложнения и сократить время пребывания в больнице [120].

Трансэзофагеальная эхокардиография

Инвазивной альтернативой ТТЭ является трансэзофагеальная эхокардиография (ТЭЭХО-КГ), которая позволяет лучше визуализировать сердце, особенно его задние отделы для лучшей оценки ГСФ ЛЖ, преднагрузки, преднагрузки и волемического статуса.

В последнее время доступны миниатюрные зонды ТЭЭХО-КГ, которые сводят к минимуму риск травм и осложнений, а также уменьшают потребность в седации и анальгезии [121]. В последнее время было предложено измерение пиковой скорости кровотока в плечевой артерии ($VVpeak_{brach}$). Она легкодоступна с помощью доплеровского ультразвука, и измерение можно быстро выполнить у постели больного. Кроме того, доплеровский ультразвук может быть использован для оценки волемии путем мониторинга дыхательных вариаций пиковой скорости кровотока в плечевой артерии ($VVpeak_{brach}$), с чувствительностью 74 % и специфичностью 95 %. Плечевая артерия менее подвержена вазоконстрикции и, следовательно, может быть использована при оценке гиповолемии при шоке [122]. Сочетание ультразвуковой оценки $VVpeak_{brach}$ и PLR-теста может быть приемлемым методом для неинвазивной оценки волемии у пациентов с сепсисом или септическим шоком [123].

Выводы

Оценка волемического статуса и чувствительности пациента к инфузионной нагрузке — сложная, нерешенная проблема анестезиологии-реаниматологии. При проведении инфузионной терапии в периоперационном периоде всегда возникает необходимость балансировать между гиповолемией и гиперволемией. В настоящее время доступны различные методы оценки волемического статуса и чувствительности к инфузионной нагрузке у пациентов в критических состояниях. Значительным преимуществом ультразвуковых методов является их неинвазивность, простота в использовании и быстрый период обучения навыку, что делает их, вероятно, наиболее перспективными в клинике.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Старостин Д.О. — литературный поиск, подготовка обзора литературы, оформление в соответствии с правилами журнала; Кузовлев А.Н. — подготовка концепции обзора литературы, редактирование обзора литературы.

ORCID авторов

Кузовлев А.Н. — 0000-0002-5930-0118

Старостин Д.О. — 0000-0002-5069-6080

Литература/References

1. Boyd J.H., Forbes J., Nakada T.A., et al. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Crit. Care Med.* 2011; 39(2): 259–265. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181feeb15.
2. Vincent J.L., Sakr Y., Sprung C.L., et al. Sepsis in European intensive care units: results of the SOAP study. *Crit. Care Med.* 2006; 34(2): 344–353. DOI: 10.1097/01.CCM.0000194725.48928.3A.
3. Micek S.T., McEvoy C., McKenzie M., et al. Fluid balance and cardiac function in septic shock as predictors of hospital mortality. *Crit. Care.* 2013; 17(5): 246. DOI: 10.1186/cc13072.
4. Murphy C.V., Schramm G.E., Doherty J.A., et al. The importance of fluid management in acute lung injury secondary to septic shock. *Chest.* 2009; 136(1): 102–109. DOI: 10.1378/chest.08–2706.
5. Rosenberg A.L., Dechert R.E., Park P.K., et al. Review of a large clinical series: association of cumulative fluid balance on outcome in acute lung injury: a retrospective review of the ARDSnet tidal volume study cohort. *J. Intensive Care Med.* 2009; 24(1): 35–46. DOI: 10.1177/0885066608329850.
6. Jozwiak M., Silva S., Persichini R., et al. Extravascular lung water is an independent prognostic factor in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care Med.* 2013; 41(2): 472–480. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31826ab377.
7. Kirkpatrick A.W., Roberts D.J., De Waele J., et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med.* 2013; 39(7): 1190–1206. DOI: 10.1007/s00134-013-2906-z.
8. Bouchard J., Soroko S.B., Chertow G.M., et al. Fluid accumulation, survival and recovery of kidney function in critically ill patients with acute kidney injury. *Kidney Int.* 2009; 76(4): 422–427. DOI: 10.1038/ki.2009.159.
9. Payen D., de Pont A.C., Sakr Y., et al. A positive fluid balance is associated with a worse outcome in patients with acute renal failure. *Crit. Care.* 2008; 12(3): 74. DOI: 10.1186/cc6916.
10. Benes J., Kirov M., Kuzkov V., et al. Fluid Therapy: Double-Edged Sword during Critical Care? *BioMed Research International.* 2015; 2015: 729075. DOI: 10.1155/2015/729075.
11. Beaumont V. Evaluation of hemoconcentration from hematocrit measurements. *Journal of Applied Physiology.* 1972; 32(5): 712–713. DOI: 10.1152/jappl.1972.32.5.712.
12. Liamis G., Filippatos T.D., Elisaf M.S. Correction of hypovolemia with crystalloid fluids: Individualizing infusion therapy. *Postgrad. Med.* 2015; 127(4): 405–412. DOI: 10.1080/00325481.2015.1029421.
13. Baron S., Courbebaisse M., Lepicard E.M., et al. Assessment of hydration status in a large population. *Br. J. Nutr.* 2015; 113(1): 147–158. DOI: 10.1017/S0007114514003213.
14. Gattinoni L., Carlesso E. Supporting hemodynamics: what should we target? What treatments should we use? *Crit. Care.* 2013; 17(1): 4. DOI: 10.1186/cc11502.
15. Kalantari K., Chang J.N., Ronco C., et al. Assessment of intravascular volume status and volume responsiveness in critically ill patients. *Kidney Int.* 2013; 83(6): 1017–1028. DOI: 10.1038/ki.2012.424.
16. Yang X., Du B. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Crit. Care.* 2014; 18(6): 650. DOI: 10.1186/s13054-014-0650-6.
17. Myatra S.N., Prabu N.R., Divatia J.V., et al. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a “tidal volume challenge” reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Crit. Care Med.* 2017; 45(3): 415–421. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002183.
18. Hadian M., Severyn D.A., Pinsky M.R. The effects of vasoactive drugs on pulse pressure and stroke volume variation in post-operative ventilated patients. *J. Crit. Care.* 2011; 26(3): 328. DOI: 10.1016/j.jcrc.2010.08.018.
19. Kupersztich-Hagege E., Teboul J.L., Artigas A., et al. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. *Br. J. Anaesth.* 2013; 111(6): 961–966. DOI: 10.1093/bja/aet282.
20. Peng Z.Y., Critchley L.A., Fok B.S. An investigation to show the effect of lung fluid on impedance cardiac output in the anaesthetized dog. *Br. J. Anaesth.* 2005; 95(4): 458–464. DOI: 10.1093/bja/aei206.
21. Critchley L.A., Calcroft R.M., Tan P.Y., et al. The effect of lung injury and excessive lung fluid, on impedance cardiac output measurements, in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2000; 26(6): 679–685.
22. Thiele R.H., Bartels K., Gan T.J. Cardiac output monitoring: a contemporary assessment and review. *Crit. Care Med.* 2015; 43(1): 177–185. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000608.
23. Sandham J.D., Hull R.D., Brant R.F., et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N. Engl. J. Med.* 2003; 348(1): 5–14. DOI: 10.1056/NEJMoa021108.
24. Richard C., Warszawski J., Anguel N., et al. Early use of the pulmonary artery catheter and outcomes in patients with shock and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2003; 290(20): 2713–2720. DOI: 10.1001/jama.290.20.2713.
25. Harvey S., Harrison D.A., Singer M., et al. Assessment of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomized controlled trial. *Lancet.* 2005; 366(9484): 472–477. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67061-4.
26. Latta T. Malignant cholera: documents communicated by the central board of health, London, relative to the treatment of cholera by the copious injection of aqueous and saline fluids into the veins. *Lancet.* 1832; 18(457): 274–280. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)80289-6.
27. Bunn F., Trivedi D. Colloid solutions for fluid resuscitation. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2012; (7): CD001319. DOI: 10.1002/14651858.CD001319.pub5.
28. Cecconi M., Singer B., Rhodes A. The Fluid Challenge. Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine. 2011; 10(8): 332–339. DOI: 10.1007/978-3-642-18081-1.
29. Marik P. Fluid therapy in 2015 and beyond: the mini-fluid challenge and mini-fluid bolus approach. *Br. J. Anaesth.* 2015; 115(3): 347–349. DOI: 10.1093/bja/aev169.
30. Malbrain M.L.N.G., Van Regenmortel N., Saugel B., et al. Principles of fluid management and stewardship in septic shock: it is time to consider the four D's and the four phases of fluid therapy. *Ann. Intensive Care.* 2018; 8(1): 66. DOI: 10.1186/s13613-018-0402-x.
31. Muller L., Toumi M., Bousquet P.J., et al. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: the mini-fluid challenge study. *Anesthesiology.* 2011; 115(3): 541–547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318229a500.
32. Морган-мл. Д., Михаил М., Марри М. Клиническая анестезиология. 4-е изд. Книга 2-я. Пер. с англ. под ред. А.М. Цейтлина. М.: БИНОМ, 2014. [Morgan D. Jr., Michael M., Marry M. Clinical anesthesiology. 4th ed. Book 2. Translation from English under the editorship of A. Tseitlin. Moscow: BINOM, 2014. (In Russ)]

33. Magder S., Georgiadis G., Cheong T. Respiratory variations in right atrial pressure predict the response to fluid challenge. *Journal of Critical Care*. 1992; 7(2): 76–85. DOI: 10.1016/0883-9441(92)90032-3.
34. Йовенко И, Кобеляцкий Ю, Царев А, и др. Гемодинамический мониторинг в практике интенсивной терапии критических состояний. *Медицина неотложных состояний*. 2016; 5(76): 42–46. [Yovenko I., Kobelyatsky Yu., Tsarev A., et al. Hemodynamic monitoring in the practice of intensive care of critical conditions. *Medicine of emergency*. 2016; 5(76): 42–46. (In Russ)]. DOI: 10.22141/2224-0586.5.76.2016.76433.
35. Cecconi M., Parsons A.K., Rhodes A. What is a fluid challenge? *Curr. Opin. Crit. Care*. 2011; 17(3): 290–295. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32834699cd.
36. Renner J., Scholz J., Bein B. Monitoring fluid therapy. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2009; 23(2): 159–171. DOI: 10.1016/j.bpa.2008.12.001.
37. Carsetti A., Cecconi M., Rhodes A. Fluid bolus therapy: monitoring and predicting fluid responsiveness. *Curr. Opin. Crit. Care*. 2015; 21(5): 388–394. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000240.
38. Boyd J.H., Forbes J., Nakada T.A., et al. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Crit. Care Med*. 2011; 39(2): 259–265. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181feeb15.
39. Smorenberg A., Cherpanath T.G.V., Geerts B.F., et al. A mini-fluid challenge of 150 mL predicts fluid responsiveness using Modelflow pulse contour cardiac output directly after cardiac surgery. *J. Clin. Anesth*. 2018; 46: 17–22. DOI: 10.1016/j.jclinane.2017.12.022.
40. Rivers E., Nguyen B., Havstad S., et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N. Engl. J. Med*. 2001; 345(19): 1368–1377. DOI: 10.1056/NEJMoa010307.
41. Farag E., Kurz A. *Perioperative Fluid Management*. Springer International Publishing Switzerland 2016. Can. J. Anesth. 2017; 64: 445–446. DOI: 10.1007/s12630-016-0790-z.
42. Marik P., Lemson J. Fluid Responsiveness: An Evolution of Our Understanding. *Br. J. Anaesth*. 2014; 112(4): 617–620. DOI: 10.1093/bja/aet590.
43. Monnet X., Rienzo M., Osman D., et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit. Care Med*. 2006; 34: 1402–1407. DOI: 10.1097/01.CCM.0000215453.11735.06.
44. Jabot J., Teboul J.L., Richard C., et al. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: importance of the postural change. *Intensive Care Med*. 2009; 35(1): 85–90. DOI: 10.1007/s00134-008-1293-3.
45. Antonelli M., Levyb M., Andrews P.J.D. Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. 8th International Consensus Conference in Intensive Care Medicine. *Réanimation*. 2007; 16: 414–427. DOI: 10.1016/j.reaurg.2007.07.011.
46. Boulain T., Achard J.M., Teboul J.L., et al. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. *Chest*. 2002; 121: 1245–1252. DOI: 10.1378/chest.121.4.1245.
47. Lafanechère A., Pène F., Goulenok C., et al. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients. *Crit. Care*. 2006; 10(5): 132. DOI: 10.1186/cc5044.
48. Xiang S., Muyun H., Juan C., et al. The value of passive leg raising test in predicting fluid responsiveness in patients with sepsis-induced cardiac dysfunction. 2015; 27(9): 729–734. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.09.006.
49. Backer D. Can passive leg raising be used to guide fluid administration? *Crit. Care*. 2006; 10(6): 170. DOI: 10.1186/cc5081.
50. Teboul J.L., Monnet X. Prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneous breathing activity. *Curr. Opin. Crit. Care*. 2008; 14(3): 334–349. DOI: 10.1097/MCC.0b013e3282fd6e1e.
51. Cherpanath T.G., Hirsch A., Geerts B.F., et al. Predicting Fluid Responsiveness by Passive Leg Raising: A Systematic Review and Meta-Analysis of 23 Clinical Trials. *Crit. Care Med*. 2016; 44(5): 981–991. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001556.
52. Vincent J.L., Weil M.H. Fluid challenge revisited. *Crit. Care Med*. 2006; 34: 1333–1337. DOI: 10.1097/01.CCM.0000214677.76535.A5.
53. Lakhal K., Ehrmann S., Runge I., et al. Central venous pressure measurements improve the accuracy of leg raising-induced change in pulse pressure to predict fluid responsiveness. *Intensive Care Med*. 2010; 36(6): 940–948. DOI: 10.1007/s00134-010-1755-2.
54. Кузьков В., Киров М. Инвазивный мониторинг гемодинамики в интенсивной терапии и анестезиологии: Монография. Архангельск: Северный государственный медицинский университет, 2008. [Kuzkov V., Kirov M. *Invasive monitoring of hemodynamics in intensive care and anesthesiology*: Monograph. Arkhangel'sk: Northern State Medical University, 2008. (In Russ)]
55. Fink M., Suter P., Sibbald W. *Intensive Care Medicine in 10 Years. Update in Intensive Care and Emergency Medicine*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. DOI: 10.1007/3-540-29730-8.
56. Hofer C., Rex S., Ganter M. Integrative approach for hemodynamic monitoring. In: *Perioperative Hemodynamic Monitoring and Goal Directed Therapy: From Theory to Practice*. Eds. Maxime Cannesson and Rupert Pears. 2014; 13: 107–119. Cambridge: Cambridge University Press.
57. Fakhari S., Bilehjani E., Farzin H., et al. The effect of passive leg-raising maneuver on hemodynamic stability during anesthesia induction for adult cardiac surgery. *Integr. Blood Press. Control*. 2018; 11: 57–63. DOI: 10.2147/IBPC.S126514.
58. Monnet X., Marik P., Teboul J.L. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016; 42(12): 1935–1947. DOI: 10.1007/s00134-015-4134-1.
59. Bowra J., McLaughlin R. Emergency Ultrasound Made Easy. *Ann. R. Coll. Surg. Engl*. 2008; 90(4): 356. DOI: 10.1308/003588408x286026b.
60. Нигматуллина А., Касаткин А. Влияние изменения положения тела человека на величину диаметра внутренних яремных вен. *Фундаментальные исследования*. 2015; 1(1): 120–123. [Nigmatullina A., Kasatkin A. The effect of changing the position of the human body on the diameter of the internal jugular veins. *Fundamental research*. 2015; 1(1): 120–123. (In Russ)]
61. Monnet X., Marik P., Teboul J.L. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann. Intensive Care*. 2016; 6: 111. DOI: 10.1186/s13613-016-0216-7.
62. Cecconi M., Backer D., Antonelli M., et al. *Intensive Care Med*. 2014; 40(12): 1795–1815. DOI: 10.1007/s00134-014-3525-z.
63. Pinsky M.R., Payen D. Functional Hemodynamic Monitoring. *Crit. Care*. 2005; 9(6): 566–572. DOI: 10.1186/cc3927.
64. Monnet X., Teboul J.L. Passive leg raising: five rules, not a drop of fluid! *Crit. Care*. 2015; 19(1): 18. DOI: 10.1186/s13054-014-0708-5.
65. Roberts D.J., Ball C.G., Kirkpatrick A.W. Increased pressure within the abdominal compartment: intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome. *Curr. Opin. Crit. Care*. 2016; 22(2): 174–185. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000289.
66. Bayer O., Reinhart K., Kohl M., et al. Fluid accumulation, survival and recovery of kidney function in critically ill patients with acute kidney injury. *Kidney Int*. 2009; 76(4): 422–427. DOI: 10.1038/ki.2009.159.
67. Payen D., de Pont A.C., Sakr Y., et al. Effects of fluid resuscitation with synthetic colloids or crystalloids alone on shock reversal, fluid balance, and patient outcomes in patients with severe sepsis: a prospective sequential analysis. *Crit. Care Med*. 2012; 40(9): 2543–2551. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318258fee7.
68. Bentzer P., Griesdale D.E., Boyd J., et al. Will this hemodynamically unstable patient respond to a bolus of intravenous fluids? *JAMA*. 2016; 316(12): 1298–1309. DOI: 10.1001/jama.2016.12310.

69. Marik P.E., Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit. Care Med.* 2013; 41(7): 1774–1781. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31828a25fd.
70. Cecconi M., Hofer C., Teboul J.L., et al. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: a global inception cohort study. *Intensive Care Med.* 2015; 41(9): 1529–1537. DOI: 10.1007/s00134-015-3850-x.
71. Cannesson M., Pestel G., Ricks C., et al. Hemodynamic monitoring and management in patients undergoing high risk surgery: a survey among North American and European anesthesiologists. *Crit. Care.* 2011; 15(4): 197. DOI: 10.1186/cc10364.
72. Eskesen T.G., Wetterslev M., Perner A. Systematic review including re-analyses of 1148 individual data sets of central venous pressure as a predictor of fluid responsiveness. *Intensive Care Med.* 2016; 42(3): 324–332. DOI: 10.1007/s00134-015-4168-4.
73. Cavallaro F., Sandroni C., Marano C., et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med.* 2010; 36(9): 1475–1483. DOI: 10.1007/s00134-010-1929-y.
74. Teboul J.L., Monnet X. Detecting volume responsiveness and unresponsiveness in intensive care unit patients: two different problems, only one solution. *Crit. Care.* 2009; 13(4): 175. DOI: 10.1186/cc7979.
75. Vincent J.L., Rhodes A., Perel A., et al. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring — a consensus of 16. *Crit. Care.* 2011; 15(4): 229. DOI: 10.1186/cc10291.
76. Kent A., Bahner D.P., Boulger C.T., et al. Sonographic evaluation of intravascular volume status in the surgical intensive care unit: a prospective comparison of subclavian vein and inferior vena cava collapsibility index. *J. Surg. Res.* 2013; 184(1): 561–566. DOI: 10.1016/j.jss.2013.05.040.
77. Stawicki S.P., Braslow B.M., Panebianco N.L., et al. Intensivist use of hand-carried ultrasonography to measure IVC collapsibility in estimating intravascular volume status: correlations with CVP. *J. Am. Coll. Surg.* 2009; 209(1): 55–61. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2009.02.062.
78. Stawicki S.P., Adkins E.J., Eiferman D.S., et al. Prospective evaluation of intravascular volume status in critically ill patients: does inferior vena cava collapsibility correlate with central venous pressure? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(4): 956–963; discussion 963–964. DOI: 10.1097/TA.0000000000000152.
79. Kelly N., Esteve R., Papadimos T.J., et al. Clinician-performed ultrasound in hemodynamic and cardiac assessment: a synopsis of current indications and limitations. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery.* 2015; 41(5): 469–480. DOI: 10.1007/s00068-014-0492-6.
80. Pasquero P., Albani S., Sitia E., et al. Inferior vena cava diameters and collapsibility index reveal early volume depletion in a blood donor model. *Crit. Ultrasound J.* 2015; 7: 17. DOI: 10.1186/s13089-015-0034-4.
81. Zhang Z., Xu X., Ye S., et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med. Biol.* 2014; 40(5): 845–853. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010.
82. Achar S.K., Sagar M.S., Shetty R. Respiratory variation in aortic flow peak velocity and inferior vena cava distensibility as indices of fluid responsiveness in anaesthetised and mechanically ventilated children. *Indian J. Anaesth.* 2016; 60(2): 121–126. DOI: 10.4103/0019-5049.176285.
83. Juhl-Olsen P., Frederiksen C.A., Sloth E. Ultrasound assessment of inferior vena cava collapsibility is not a valid measure of preload changes during triggered positive pressure ventilation: a controlled cross-over study. *Ultraschall Med.* 2012; 33(2): 152–159. DOI: 10.1055/s-0031-1281832.
84. Markou N., Grigorakos L., Myrianthefs P., et al. Venous pressure measurements in the superior and inferior vena cava: the influence of intra-abdominal pressure. *Hepatogastroenterology.* 2004; 51(55): 51–55.
85. Muller L., Toumi M., Bousquet P.J., et al. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: the mini-fluid challenge study. *Anesthesiology.* 2011; 115(3): 541–547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318229a500.
86. Harnsberg H., Osborn A., Ross J., et al. *Diagnostic and Surgical Imaging Anatomy: Brain, Head and Neck, Spine*. Published by Amirsys. Lippincott Williams & Wilkins; International edition, 2006.
87. Киллу К., Далчевски С., Коба В. УЗИ в отделении интенсивной терапии. Пер. с англ. под ред. Р.Е. Лахина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. [Killu K., Dalchevski S., Koba V. *Ultrasonography in the intensive care unit*. Translation from English under the editorship of R.E. Lakhin. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. (In Russ)]
88. Ма О., Матюэр Д., Блэйвес М. Ультразвуковое исследование в неотложной медицине. Пер. со 2-го англ. издания А.В. Сохор и Л.Л. Болотовой. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. [Ma O., Matier D., Blaves M. *Ultrasound research in emergency medicine*. Translation from the 2nd English Edition by A.V. Sokhor and L.L. Bolotova. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2013. (In Russ)]
89. Joynt G.M., Ho K.M., Tan P., et al. A comparison of central venous pressure (CVP) in the superior vena cava and common iliac vein in critically ill patients. *Crit. Care.* 1997; 1(1): 120. DOI: 10.1186/cc93.
90. Нобль В., Нельсон Б., Сутинго А. УЗИ при неотложных и критических состояниях. М.: Медицинская литература, 2009. [Noble V., Nelson B., Sutingko A. *Ultrasonography in urgent and critical conditions*. Moscow: Medical literature, 2009. Translated from English Vershinin P., Pleshkov F. (In Russ)]
91. Finnerty N.M., Panchal A.R., Boulger C. Inferior Vena Cava Measurement with Ultrasound: What Is the Best View and Best Mode? *West J. Emerg. Med.* 2017; 18(3): 496–501. DOI: 10.5811/westjem.2016.12.32489.
92. Lyon M.L., Verma N. Ultrasound Guided Volume Assessment Using Inferior Vena Cava. *Medical College of Georgia, Augusta, Georgia, USA. The Open Emergency Medicine Journal.* 2010; 3: 22–24. DOI: 10.2174/1876542401003010022.
93. Weekes A.J., Tassone H.M., Babcock A. Comparison of serial qualitative and quantitative assessments of caval index and left ventricular systolic function during early fluid resuscitation of hypotensive emergency department patients. *Acad. Emerg. Med.* 2011; 18(9): 912–921. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2011.01157.x.
94. Mackenzie D.K., Noble V.E. Assessing volume status and fluid responsiveness in the emergency department. *Clin. Exp. Emerg. Med.* 2014; 1(2): 67–77. DOI: 10.15441/ceem.14.040.
95. Carmody K., Christopher L., Kopman D. *Handbook of Critical Care and Emergency Ultrasound*. McGraw-Hill Education. Medical, 2011.
96. Oord M., Olgers T.J., Doff-Holman M., et al. Ultrasound and NICOM in the assessment of fluid responsiveness in patients with mild sepsis in the emergency department: a pilot study. *BMJ Open.* 2017; 7: e013465. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-013465.
97. Cherix E.C., Leunissen K.M., Janssen J.H., et al. Echography of the inferior vena cava is a simple and reliable tool for estimation of dry weight in haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1989; 4(6): 563–568.
98. Kusaba T., Yamaguchi K., Oda H. Echography of the inferior vena cava for estimating fluid removal from patients undergoing hemodialysis. *Jpn. J. Nephrol.* 1996; 38: 119–123.
99. Muller L., Bobbia X., Toumi M., et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Crit. Care.* 2012; 16(5): 188. DOI: 10.1186/cc11672.
100. Arntfield R.T., Millington S.J. Point of Care Cardiac Ultrasound Applications in the Emergency Department and Intensive Care. *Curr. Cardiol. Rev.* 2012; 8(2): 98–108. DOI: 10.2174/157340312801784952.

101. Быков М. Ультразвуковые исследования в обеспечении инфузионной терапии в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Тверь: ООО «Издательство "Триада"», 2011. [Bykov M. Ultrasound studies in providing infusion therapy in the intensive care units and intensive care. Tver: Triada Publishing House LLC, 2011. (In Russ)]
102. Michalke J.A. An overview of emergency ultrasound in the United States. *World J. Emerg. Med.* 2012; 3(2): 85–90. DOI: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.001.
103. Poelaert J.I., Schüpfer G. Hemodynamic monitoring utilizing transesophageal echocardiography: the relationships among pressure, flow, and function. *Chest.* 2005; 127(1): 379–390. DOI: 10.1378/chest.127.1.379.
104. Melamed R., Sprengle M.D., Ulsstad V.K., et al. Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography. *Chest.* 2009; 135(6): 1416–1420. DOI: 10.1378/chest.08-2440.
105. Шиллер Н., Осипов М. Клиническая эхокардиография. М.: МЕДпресс-информ, 2018. [Schiller N., Osipov M. Clinical echocardiography. Moscow: MEDpress-inform, 2018. (In Russ)]
106. Henningsen C., Kuntz K., Youngs D. Clinical Guide to Sonography: Exercises for Critical Thinking. Mosby, 2013; 2: 528.
107. Mueller X., Stauffer J.C., Jaussi A., et al. Subjective visual echocardiographic estimate of left ventricular ejection fraction as an alternative to conventional echocardiographic methods: comparison with contrast angiography. *Clin. Cardiol.* 1991; 14(11): 898–902. DOI: 10.1002/clc.4960141108.
108. Amico A.F., Lichtenberg G.S., Resiner S.A., et al. Superiority of visual versus computerized echocardiographic estimation of radionuclide left ventricular ejection fraction. *Am. Heart J.* 1989; 118(6): 1259–1265. DOI: 10.1016/0002-8703(89)90018-5.
109. Stamm R.B., Carabello B.A., Mayers D.L., et al. Two-dimensional echocardiographic measurement of left ventricular ejection fraction: prospective analysis of what constitutes an adequate determination. *Am. Heart J.* 1982; 104(1): 136–144. DOI: 10.1016/0002-8703(82)90651-2.
110. Foster E., Schiffer N.B. The Role of Transesophageal Echocardiography in Critical Care: UCSF Experience. 1992; 5(4): 368–374.
111. Rose J., Bair A., Mandavia D., et al. The UHP ultrasound protocol: a novel ultrasound approach to the empiric evaluation of the undifferentiated hypotensive patient. *Am. J. Emerg. Med.* 2001; 19: 299–302. DOI: 10.1016/S0894-7317(14)80269-1.
112. Jones A.E., Tayal V.S., Sullivan D.M., et al. Randomized, controlled trial of immediate versus delayed goal-directed ultrasound to identify the cause of nontraumatic hypotension in emergency department patients. *Crit. Care Med.* 2004; 32(8): 1703–1708. DOI: 10.1097/01.CCM.0000133017.34137.82.
113. Kaul S., Stratienko A.A., Pollack S.G., et al. Value of two-dimensional echocardiography for determining the basis of hemodynamic compromise in critically ill patients: a prospective study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1994; 7(6): 598–606.
114. Backer D., Fagnoul D. Intensive Care Ultrasound: VI. Fluid Responsiveness and Shock Assessment. *Annals of the American Thoracic Society.* 2013; 11(1): 129–136. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201309-320OT.
115. Mazraeshahi R.M., Farmer J.C., Porembka D.T. A suggested curriculum in echocardiography for critical care physicians. *Crit. Care Med.* 2007; 35(8): 431–433. DOI: 10.1097/01.CCM.0000270280.65365.AA.
116. Cikes M., Solomon S.D. Beyond ejection fraction: an integrative approach for assessment of cardiac structure and function in heart failure. *Eur. Heart J.* 2016; 37(21): 1642–1650. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv510.
117. Vieillard-Baron A., Mayo P.H., Vignon P., et al. International consensus statement on training standards for advanced critical care echocardiography. *Intensive Care Med.* 2014; 40(5): 654–666. DOI: 10.1007/s00134-014-3228-5.
118. Wetterslev M., Møller-Sørensen H., Johansen R.R., et al. Systematic review of cardiac output measurements by echocardiography vs. thermodilution: the techniques are not interchangeable. *Intensive Care Med.* 2016; 42(8): 1223–1233. DOI: 10.1007/s00134-016-4258-y.
119. Myatra S.N., Prabu N.R., Divatia J.V., et al. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a "tidal volume challenge" reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Crit. Care Med.* 2017; 45(3): 415–421. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002183.
120. Roche A.M., Miller T.E., Gan T.J. Goal-directed fluid management with trans-oesophageal Doppler. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2009; 23(3): 327–334. DOI: 10.1016/j.bpa.2009.03.001.
121. Stec S., Zaborska B., Sikora-Frac M., et al. First experience with microprobe transoesophageal echocardiography in non-sedated adults undergoing atrial fibrillation ablation: feasibility study and comparison with intracardiac echocardiography. *Europace.* 2011; 13(1): 51–56. DOI: 10.1093/europace/euq349.
122. Monge G.M., Gil C.A., Monrove J.C. Brachial artery peak velocity variation to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. *Crit. Care.* 2009; 13(5): 142. DOI: 10.1186/cc8027.
123. Wu J., Wang Z., Wang T., et al. Evaluation of the fluid responsiveness in patients with septic shock by ultrasound plus the passive leg raising test. *J. Surg. Res.* 2018; 224: 207–214. DOI: 10.1016/j.jss.2017.12.014.

Поступила 08.10.2018