



Волемический статус и прогнозирование ответа на инфузионную терапию

©О.В. Воробьева^{1*}, В.А. Аветисян¹, М.А. Джопуа¹, В.Ю. Воронков², В.А. Корячкин³

¹ Ильинская больница, Глухово, Россия

² Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова, Москва, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

* О.В. Воробьева, Ильинская больница, 143421, Московская обл., Красногорск, д. Глухово, ул. Рублевское предместье, 2, корп. 2, olgavorobyova163@gmail.com

Поступила в редакцию 20 октября 2025 г. Исправлена 7 ноября 2025 г. Принята к печати 20 ноября 2025 г.

Резюме

Актуальность: Ежегодно растущее число оперативных вмешательств во всём мире делает вопрос об адекватной периоперационной инфузионной терапии спорным. В условиях операционной пациента находится под воздействием различных анестезиологических и хирургических факторов, при этом гемодинамика пациента постоянно изменяется из-за хирургической травмы, кровопотери и других причин, поэтому вопрос о необходимости проведения инфузионной терапии в операционной остаётся наиболее острым.

Цель: Анализ различных методов определения волемического статуса пациента и прогнозирование его ответа на инфузионную терапию.

Материалы и методы: Поиск публикаций производился двумя независимыми исследователями в базах данных и электронных библиотеках PubMed (MEDLINE), Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary. В результате отбора было выявлено 40 наиболее информативных публикаций. Эти публикации легли в основу данного обзора.

Обсуждение: В обзоре описаны статические гемодинамические показатели, функциональные тесты (инфузионная мини-проба, тест с пассивным подъёмом ног и конечно-эспираторный окклюзионный тест) и динамические методы диагностики (вариабельность пульсового давления, систолического давления и ударного объёма, индекс растяжимости нижней полой вены, временной интеграл скорости кровотока в выносящем тракте левого желудочка, вариабельность пиковой скорости кровотока на сонной артерии при дыхании и скорректированное время потока на сонной артерии, индекс растяжимости внутренней яремной вены при дыхании). Многочисленные исследования доказали большую прогностическую ценность динамических методов по сравнению со статическими; однако на данный момент универсального метода диагностики не существует.

Выводы: Поиск идеальной комбинации методов определения волемического статуса пациента и прогнозирования его ответа на инфузионную терапию является предметом дальнейших исследований.

Ключевые слова: инфузионная терапия, чувствительность к инфузионной нагрузке, волемический статус

Цитировать: Воробьева О.В., Аветисян В.А., Джопуа М.А., Воронков В.Ю., Корячкин В.А. Волемический статус и прогнозирование ответа на инфузионную терапию. *Инновационная медицина Кубани.* 2026;11(1):132–139. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2026-11-1-132-139>

Volume Status and Prediction of Fluid Responsiveness

©Olga V. Vorobyova^{1*}, Vaagn A. Avetisian¹, Maksim A. Dzhopua¹, Vladislav Yu. Voronkov², Viktor A. Koriachkin³

¹ Ilyinskaya Hospital, Glukhovo, Russian Federation

² National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs named V.I. Shumakov, Moscow, Russian Federation

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

* Olga V. Vorobyova, Ilyinskaya Hospital, 2 Rublyovskoye Predmestye St., bldg.2, Glukhovo village, Krasnogorsk Urban Dist., Moscow Reg., 143421, Russian Federation, olgavorobyova163@gmail.com

Received: October 20, 2025. Received in revised form: November 7, 2025. Accepted: November 20, 2025.

Abstract

Background: The annually increasing number of surgical procedures worldwide makes the issue of adequate perioperative fluid therapy controversial. In the operating room, patients are exposed to various anesthetic and surgical factors, while their hemodynamics constantly change due to surgical trauma, blood loss, and other factors. Therefore, the question of the necessity of intraoperative fluid therapy remains particularly critical.



Objective: To analyze various methods for assessing a patient's volume status and predicting their response to fluid therapy.

Materials and methods: The publication search was conducted independently by two researchers using databases and electronic libraries, including PubMed (MEDLINE), Cochrane Library, Google Scholar, and eLibrary. Following the selection process, the 40 most informative publications were identified, which formed the basis of this review.

Results: This review describes static hemodynamic parameters, functional tests (mini-fluid challenge, passive leg raise, and end-expiratory occlusion test), and dynamic diagnostic methods (pulse pressure variation, systolic pressure variation and stroke volume variation, inferior vena cava collapsibility index, left ventricular outflow tract velocity time integral, respiratory variation of peak systolic velocity, corrected carotid flow time, and internal jugular vein distensibility index). Numerous studies have demonstrated the superior predictive value of dynamic methods compared to static parameters; however, no universal diagnostic method currently exists.

Conclusion: The search for the optimal combination of methods to assess a patient's volume status and predict their response to fluid therapy remains a subject for further research.

Keywords: fluid therapy, fluid responsiveness, volume status

Cite this article as: Vorobyova OV, Avetisian VA, Dzhopua MA, Voronkov VYu, Koriachkin VA. Volume status and prediction of fluid responsiveness. *Innovative Medicine of Kuban*. 2026;11(1):132–139. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2026-11-1-132-139>

Введение

Ежегодно растущее число оперативных вмешательств во всём мире делает вопрос об адекватной периоперационной инфузионной терапии спорным. С одной стороны, гиповолемия приводит к снижению сердечного выброса, шоку и полиорганной недостаточности. С другой стороны, избыточное введение жидкости приводит к интерстициальному отёку и местному воспалению, повышая риск раневой инфекции и негерметичности анастомозов, а также гиперволемию грозит развитием острой дыхательной недостаточности [1, 2]. В условиях операционной пациент находится под влиянием различных анестезиологических и хирургических факторов, таких как действие анестетиков, искусственная вентиляция лёгких, положение тела на операционном столе, пневмоперитонеум и хирургические манипуляции; при этом гемодинамика пациента постоянно меняется из-за травмы, кровопотери и других причин, поэтому вопрос о том, есть ли необходимость проведения инфузионной терапии в операционной, стоит наиболее остро.

В современном медицинском сообществе основой инфузионной терапии является понятие чувствительности к волемической нагрузке или «fluid responsiveness», которое определяется как прирост сердечного выброса >10–15% в ответ на стандартную пробу [3].

Для определения чувствительности пациента к инфузионной нагрузке существуют различные методы, объединяемые в несколько групп: статические показатели гемодинамики, динамические методы измерения (инвазивные и неинвазивные), а также функциональные тесты.

Цель работы

Анализ различных методов определения волемического статуса пациента и прогнозирования его ответа на инфузионную терапию.

Методология поиска источников

Поиск публикаций, описывающих методы оценки волемического статуса пациента и прогнозирования

ответа на инфузионную нагрузку производился двумя независимыми исследователями в базах данных и электронных библиотеках PubMed (MEDLINE), Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary. Поисковые запросы включали следующие слова и словосочетания (на русском и английском языках): «инфузионная терапия», «динамические методы оценки гемодинамики», «волемический статус», «сердечный выброс», «ультразвук». Было выявлено 40 наиболее информативных публикаций. Эти публикации легли в основу данного обзора.

Статические гемодинамические показатели

К статическим гемодинамическим показателям относятся: центральное венозное давление, давление окклюзии легочной артерии, конечно-диастолический объём правого желудочка и конечно-диастолический объём левого желудочка. Эти параметры многие годы использовались для оценки преднагрузки и волемического статуса, хотя дают оценку объёма или давления в моменте, а способность сердца реагировать на преднагрузку зависит не от абсолютного значения объёма желудочков, а от того, как этот объём расположен на кривой Франка-Старлинга [4, 5]. Поэтому все большую популярность приобретают функциональные тесты и динамические методы.

Среди функциональных тестов чаще всего применяют: инфузионную мини-пробу, тест с пассивным подъёмом ног пациента и конечно-эспираторный окклюзионный тест.

Инфузионная мини-проба

Инфузионная мини-проба представляет собой улучшенную модификацию классического теста с нагрузкой жидкостью и заключается в быстром введении меньшего объёма жидкости, а именно 100 мл кристаллоидного или коллоидного раствора. Ограничением метода является наличие у пациента сердечной недостаточности или аритмии. В своём исследовании L. Muller и соавт. (2011) показали, что быстрое введение 100 мл коллоидов под контролем увеличения временного интеграла скорости (Velocity Time Integral, VTI) в аорте (>10%), определяемое

при эхокардиографии, позволяет с чувствительностью 95% и специфичностью 78% предсказать ответ на инфузионную нагрузку [6].

М. Viais и соавт. (2017) в условиях операционной исследовали изменение индекса ударного объёма (УО) при быстром введении 50 и 100 мл кристаллоидов методом анализа вариабельности пульсового давления (ВПД). Было выявлено, что изменение индекса УО более, чем на 6% («серая зона» 4–7%) при введении 100 мл кристаллоидов позволяет прогнозировать реакцию на инфузионную нагрузку с чувствительностью 93% (95% доверительный интервал (ДИ), от 77 до 99%) и специфичностью 85% (95% ДИ, от 73 до 93%). Болюсное введение 50 мл кристаллоидов оказалось клинически незначимым [7]. А. Messina и соавт. (2021) опубликовали результаты многоцентрового когортного исследования с участием 102 пациентов: площадь под ROC-кривой (AUC) изменений индекса УО (95% ДИ) после инфузионной мини-пробы составила 0,95 (0,88–0,98), чувствительность метода – 98% (89,5–99,6), а специфичность – 86,8% (75,1–93,4) при пороговом значении увеличения индекса УО 4% [8].

Таким образом, инфузионная мини-проба демонстрирует высокую прогностическую ценность, не требует много времени на проведение и, по сравнению с классической пробой, имеет меньший риск развития гипергидратации у пациента, но этот риск все же существует при частой повторяемости. К недостаткам метода можно отнести тот факт, что в связи с малым объёмом вводимой жидкости и кратковременным эффектом, проведение инфузионной мини-пробы подразумевает наличие метода быстрой и точной оценки изменений УО или сердечного выброса (СВ).

Тест с пассивным подъёмом ног пациента (Passive Leg Raising, PLR-тест)

Суть теста заключается в том, что исходно пациент находится с приподнятым на 45° головным концом кровати. Далее головной конец опускают, а ноги поднимают на 45°, при этом мобилизуется кровь из сосудов нижней половины туловища и нижних конечностей, что эквивалентно введению примерно 300 мл жидкости. Однако после 90 сек. гемодинамические изменения могут регрессировать даже у «респондеров» [5].

Для оценки изменений СВ в результате проведения PLR-теста используются различные методы [9], однако наиболее высокая чувствительность теста отмечается при прямом и особенно при непрерывном измерении СВ [3].

Т. Cherpanath и соавт. (2016) опубликовали крупный систематический метаанализ, в который были включены 23 исследования более 1 тыс. пациентов. Анализ данных показал общую чувствительность теста 86% (95% ДИ, 79–92) и общую специфичность 92% (95% ДИ, 88–96) [9]. Значимым считалось

увеличение СВ на 10% и более. Эти результаты были схожи с результатами метаанализа Х. Monnet и соавт. (2016), где общая чувствительность составила 85% (81–88), а специфичность – 91% (88–93) [10].

К ограничивающим PLR-тест факторам и состояниям относятся: повышенное внутригрудное давление, тампонада сердца, инфаркт или недостаточность ПЖ, а также внутрибрюшная гипертензия выше 12 мм рт. ст. [11].

Преимущество же этого теста заключается в том, что он остается надёжным при спонтанном дыхании, низком дыхательном объёме (ДО) при искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) и низкой податливости лёгких, а также при аритмиях, то есть в условиях, при которых неэффективны методы, основанные на респираторных изменениях УО [12].

Таким образом, PLR-тест имеет хорошую прогностическую ценность, особенно при прямом измерении СВ, независим от респираторных изменений УО, достаточно прост в исполнении и безопасен, в связи с обратимостью волемиической нагрузки. Однако его применение ограничено в условиях операционной из-за невозможности изменения положения пациента на операционном столе во время хирургических манипуляций. Поэтому данный тест больше подходит для пациентов отделения интенсивной терапии (ОИТ).

Конечно-экспираторный окклюзионный тест (End-Expiratory Occlusion Test, ЕЕО-тест)

Суть теста заключается в прерывании ИВЛ в конце выдоха на 15–30 с и оценке изменений СВ. ИВЛ с положительным давлением в конце выдоха (ПДКВ) увеличивает внутригрудное давление, в результате чего уменьшается венозный возврат и преднагрузка на правое предсердие. При проведении ЕЕО-теста данный эффект нивелируется и преднагрузка на правые отделы сердца достигает максимума. Увеличение УО и СВ при этом может указывать на чувствительность пациента к преднагрузке. ЕЕО-тест подходит только для пациентов на ИВЛ без спонтанной дыхательной активности [13].

Ф. Gavelli и соавт. (2020) опубликовали метаанализ, в который было включено 13 исследований (9 из них были проведены в ОИТ, 4 – в операционной) с участием 530 пациентов. Данные показали, что изменения СВ при проведении ЕЕО-теста надёжно выявляют реакцию на преднагрузку с чувствительностью 85% (77–91%) и специфичностью 88% (83–91%). Расхождений в диагностической точности ЕЕО-теста при сравнении различных условий, настроек и методов мониторинга СВ не наблюдалось [14]. Однако большее внимание в данном метаанализе было уделено пациентам ОИТ; дискуссионным остаётся вопрос о справедливости этих выводов в отношении пациентов в операционной.

М. Mulder и соавт. (2025) провели систематический анализ 24 исследований с участием 1073 пациентов (588 в ОИТ и 485 в операционной). Обобщённая чувствительность (95% ДИ) составила 87% (81–92%), обобщённая специфичность – 90% (85–94%). В ходе анализа было выявлено, что эффективность теста в операционной значительно ниже, чем в ОИТ, что может быть обусловлено различиями в клиническом состоянии, уровне анестезии и стабильности пациентов в операционной [15].

Таким образом, ЕЕО-тест показывает схожую прогностическую точность с PLR-тестом, однако его применение подразумевает измерение СВ методом, способным регистрировать быстрые изменения показателей в течение 15–30 с, что ограничивает универсальность его применения. Кроме того ряд исследований свидетельствует о меньшей эффективности этого теста в условиях операционной, нежели в ОИТ, что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения ЕЕО-теста именно во время оперативных вмешательств.

К инвазивным методам оценки волемического статуса пациента относятся: вариабельность пульсового давления, систолического давления и ударного объёма (ВПД, ВСД и ВУО). Измерение этих показателей требует наличия инвазивного мониторинга гемодинамики, а в их основе лежат кардиореспираторные взаимодействия. ИВЛ с ПДКВ вызывает циклические изменения УО левого желудочка (ЛЖ), достигающие максимума во время вдоха и минимума во время выдоха. Величина изменения УО ЛЖ или его производных будет увеличиваться, если пациент зависит от преднагрузки [16].

Р. Marik и соавт. (2009) в крупном систематическом обзоре 29 исследований, включавшем 685 пациентов, сравнивали показатели ВПД, ВСД и ВУО для прогнозирования реакции на инфузионную терапию у пациентов, находящихся на ИВЛ. Площадь под ROC-кривой (AUC) составила 0,94, 0,84 и 0,86 соответственно [17].

Ж. Hong и соавт. (2014) в метаанализе 19 исследований, включавших 850 пациентов, выявили высокую степень диагностической точности как ВУО, так и ВПД (95% ДИ): ВУО – чувствительность 82% (59–93%) и специфичность 84% (62–95%), ВПД – чувствительность 84% (62–95%) и специфичность 83% (58–94%). Значения площади под ROC-кривой (AUC), полученные в объединённом анализе, составили 0,84 (0,79–0,89) для ВУО и 0,88 (0,84–0,92) для ВПД [18].

В настоящее время показатель ВПД включён в современный стандарт мониторинга при проведении инфузионной терапии как в ходе оперативного вмешательства, так и у пациентов реанимационного профиля [19]. Показатель ВСД оказался немного менее надёжным, что, вероятно, связано с влиянием на него плеврального давления [4].

Однако измерение ВПД имеет ряд ограничений: спонтанная дыхательная активность, аритмии, повышенное внутрибрюшное давление, ИВЛ с низким ДО (<8 мл/кг), низкая податливость лёгких, открытая грудная клетка [16]. ВУО имеет те же ограничения и дополнительно требует специализированного мониторинга сердечного выброса (PiCCO, Vigileo/Flotrac и др.). Кроме того, в исследовании М. Cannesson и соавт. (2011) было выявлено, что 24% из оцениваемых пациентов находились в «серой зоне» для ВПД (от 9 до 13%), при которой невозможно достоверно предсказать реакцию на инфузионную терапию [20]. Однако Ж. Min и соавт. (2017) наблюдали увеличение ВПД за счёт временного повышения ДО при ИВЛ от 8 до 12 мл/кг, что привело к большей прогностической точности показателя. Анализ площади под ROC-кривой (AUC) для ВПД при ДО 12 мл/кг составил 0,935 (95% ДИ 0,805–0,989), чувствительность 95%, специфичность 72% [21].

Показатели ВСД, ВУО и, в особенности ВПД, ввиду своей высокой точности и надёжности, в настоящее время являются наиболее востребованными в операционной при оценке волемического статуса пациента. Несмотря на достаточное количество факторов, ограничивающих их применение и наличие так называемой «серой зоны», где прогнозирование представляется сомнительным, эти показатели широко используются, тем не менее, самым очевидным их недостатком является инвазивность, то есть необходимость постановки артериального катетера, что несёт за собой определённые риски.

Среди неинвазивных методов всё чаще уделяется внимание ультразвуковой диагностике.

Индекс растяжимости нижней полой вены (Inferior Vena Cava Collapsibility Index, IVC-CI)

Ультразвуковая оценка диаметра нижней полой вены (НПВ) была предложена в качестве прикроватного неинвазивного метода диагностики ввиду простоты исполнения и общедоступности. Диаметр НПВ изменяется во время дыхательного цикла, что может быть использовано для оценки волемического статуса пациента. Индекс растяжимости НПВ более 18% у пациентов на ИВЛ и более 45–50% при самостоятельном дыхании свидетельствует о гиповолемии и предполагает положительный ответ на инфузионную нагрузку [22].

Данный метод имеет ряд ограничений: тяжёлая трикуспидальная регургитация, правожелудочковая недостаточность, перикардальный выпот или тампонада, острая тромбоэмболия легочной артерии, внутрибрюшная гипертензия, включая беременность, обострение хронической обструктивной болезни лёгких, ИВЛ с высоким ПДКВ [23]. В последнее время была предложена комбинированная оценка состояния НПВ и вен других областей тела (VExUS) с целью

уменьшения интерпретационных недостатков и получения более полного представления о волевическом статусе пациента [23, 24].

В систематический обзор L. Cardozo и соавт. (2023) было включено 8 исследований с участием 497 пациентов. Чувствительность IVC-CI составила 63% (95% ДИ, 46–78%), а специфичность – 83% (95% ДИ, 76–87%). В большинстве включенных исследований наблюдался высокий риск смещения и высокая гетерогенность [24].

Измерение IVC-CI, согласно исследованиям, имеет невысокую точность в прогнозировании реакции на инфузионную терапию. В последнее время данный метод всё чаще используется в комплексе с ультразвуковой диагностикой печёночных, портальной и почечных вен (протокол VExUS) для оценки тяжести венозного застоя. Кроме того, измерение IVC-CI технически труднодоступно во время оперативного вмешательства в абдоминальной хирургии (открытая брюшная полость, пневмоперитонеум).

Временной интеграл скорости кровотока в выносящем тракте левого желудочка (Velocity Time Integral, VTI ВТЛЖ)

VTI ВТЛЖ – это эхокардиографический показатель, отражающий интеграл линейной скорости кровотока во времени через выносящий тракт левого желудочка за один сердечный цикл. При ламинарном потоке через ВТЛЖ было выявлено, что этот показатель хорошо коррелирует с СВ [25]. Ограничениями метода являются патологии ВТЛЖ, а также наличие аритмий, поскольку разное время наполнения приводит к вариативности VTI от ритма к ритму [26]. Кроме того, ультразвуковое измерение VTI ВТЛЖ является оператор-зависимым методом диагностики [27]. К. Kebed и соавт. (2020) провели исследование и выявили, что изменение VTI ВТЛЖ более, чем на 15% по сравнению с исходным значением, при неизменной систолической функции ЛЖ, отмечается в 22% измерений [28].

S. Saji и соавт. (2025) опубликовали систематический обзор 3-х исследований с участием 199 пациентов. Оптимальные пороговые значения VTI для ВТЛЖ варьировались от >7% до 16%, чувствительность – 78–96%, специфичность – 91–100%, а площадь под ROC-кривой (AUC) – 0,84–0,99 [29].

Измерение VTI ВТЛЖ имеет отличную прогностическую ценность при условии достаточного навыка у врача в проведении эхокардиографии (частота ошибки измерения >20%). Впрочем, даже у опытного ультразвукового диагноста могут возникнуть трудности при определении акустического окна у пациента (пневмоторакс, эмфизема, ожирение и т. д.). Кроме того, трансторакальное измерение VTI ВТЛЖ невозможно при открытой грудной клетке, а транспищеводное измерение требует дополнительного оборудования и опять же специального навыка.

Вариабельность пиковой скорости кровотока на сонной артерии при дыхании (respiratory variation of peak systolic velocity, ΔV_{peak}) и скорректированное время потока на сонной артерии (corrected carotid flow time, FTc / ccFT)

Вариабельность пиковой скорости кровотока на сонной артерии при дыхании – это относительное изменение максимальной систолической скорости кровотока в общей сонной артерии в зависимости от фаз дыхательного цикла. Измерение проводится в режиме импульсно-волнового доплера, расчёт по следующей формуле: $(MaxCDPV - MinCDPV) / [(MaxCDPV + MinCDPV) / 2] \times 100$, где CDPV – carotid Doppler peak velocity (пиковая скорость каротидного кровотока при доплеровском сканировании) [30]. Этот метод неприменим к пациентам со спонтанным дыханием, аритмиями, клапанными пороками, значимой сердечной недостаточностью и стенозом общей сонной артерии [31].

Скорректированное время потока на сонной артерии рассчитывается по формуле $FTc = flow\ time / \sqrt{cycle\ time}$, где flow time – систолическое время, определяемое на кривой импульсно-волновой доплерометрии от начала подъёма скорости потока до диастолической выемки (в мс), cycle time – время сердечного цикла от зубца R до зубца R либо время между двумя пиками систолической скорости (в секундах). Формула аналогична формуле Базетта для расчёта скорректированной продолжительности интервала QT [31, 32]. Пороговое значение – 300–350 мс [32]. Ограничения метода – аритмии, клапанные пороки и стеноз сонной артерии, однако данный метод может быть использован при спонтанном дыхании [31].

В систематический обзор и метаанализ D. Singla и соавт. (2023) было отобрано 10 исследований при участии 438 пациентов. Обобщённая чувствительность FTc составила 76% (95% ДИ [68, 82]), обобщённая специфичность – 88% (95% ДИ [82, 93]), площадь под ROC-кривой (AUC) для FTc 0,9092 при значении Q 0,8412. Обобщённая чувствительность для ΔV_{peak} составила 83% (95% ДИ [76, 88]), обобщённая специфичность – 81% (95% ДИ [74, 86]), площадь под ROC-кривой (AUC) 0,8941 при значении Q=0,8250 [33].

В систематический обзор L. Veier и соавт. (2020) было включено 17 публикаций с 956 пациентами. Данные FTc в этих исследованиях значительно различались: чувствительность от 60 до 73%, специфичность – от 82 до 92%, а площадь под ROC-кривыми (AUC) – от 0,75 до 0,88. Для ΔV_{peak} чувствительность составила от 73 до 86%, специфичность – от 78 до 86%, площадь под ROC-кривыми (AUC) – от 0,81 до 0,91 [34].

Диапазон значений чувствительности и специфичности данных параметров в различных исследованиях может быть обусловлен наличием или отсутствием достаточного опыта и навыков в проведении

ультразвукового исследования у, так называемого, врача-оператора. Именно к такому выводу пришли А. Abbasi и соавт. (2020) в своем исследовании, где 3 начинающих врача проводили ультразвуковую оценку параметров на сонных артериях у 112 пациентов [35]. D. Kim и соавт. (2018) при оценке эффективности ΔV_{peak} и FTc в прогнозировании ответа на инфузионную нагрузку обратили внимание на межэкспертную воспроизводимость и оценивали ее путем расчёта коэффициента внутриклассовой корреляции (intra-class correlation coefficient, ICC) и коэффициента вариации (coefficient of variation, CV). Были получены следующие результаты: межисследовательская воспроизводимость оценки FTc была отличной, с ICC 0,90 (95% ДИ: 0,86–0,93) и CV 1,4%; межисследовательская воспроизводимость для оценки V_{peak} была приемлемой, с ICC 0,66 (95% ДИ: 0,54–0,76) и коэффициент вариации 15,3% [36].

Показатели FTc и V_{peak} на сонной артерии демонстрируют хорошую чувствительность и специфичность в исследованиях и, что немаловажно, приемлемую межэкспертную воспроизводимость, что говорит об удобстве их использования в практической деятельности. Кроме того, по сравнению с другими ультразвуковыми методами оценки волемиического статуса пациента, область проведения измерения FTc и V_{peak} доступна почти при любых видах хирургических вмешательств, но эти методы также требуют наличия определенных навыков проведения ультразвуковой диагностики.

Индекс растяжимости внутренней яремной вены при дыхании (Internal jugular distensibility index, IJV-DI)

Измерения максимального и минимального диаметра внутренней яремной вены (ВЯВ) проводятся во время вдоха и выдоха одного и того же дыхательного цикла, а индекс растяжимости рассчитывается по формуле $IJVDI = \frac{D_{\text{min}} - D_{\text{max}}}{D_{\text{min}}} \times 100\%$, где D_{max} – максимальный диаметр ВЯВ (обычно на вдохе при ИВЛ), D_{min} – минимальный диаметр (обычно на выдохе при ИВЛ) [37].

F. Guagacino и соавт. (2014) исследовали 50 пациентов с сепсисом. Растяжимость ВЯВ $>18\%$ прогнозировала $\Delta CV \geq 15\%$ с чувствительностью 80% и специфичностью 95%, AUC 0,915 (ДИ 0,801–0,975) [38]. G. Ma и соавт. (2018) изучали prognostическую ценность вариабельности диаметра ВЯВ и IVC-CI среди кардиохирургических пациентов и дополнительно изучили внутриисследовательскую и межисследовательскую вариабельность измерения ВЯВ у 30 пациентов. Результаты показали хорошее соответствие между оценками ВЯВ двумя исследователями со средним смещением $-0,01$ и пределами согласованности [39].

Ограничениями метода являются тромбоз ВЯВ, самостоятельное дыхание или ИВЛ с низким ДО, высокое значение ПДКВ, правожелудочковая недостаточность и фибрилляция предсердий [40].

Измерение IJV-DI является одним из самых простых и доступных в исполнении среди ультразвуковых методов, а также показывает хорошую prognostическую точность, однако данные ограничены исследованиями на относительно малых выборках и требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Несмотря на многообразие методов оценки волемиического статуса пациента и прогнозирования его ответа на инфузионную терапию, вопрос о необходимости инфузионной терапии и её объёма в каждом конкретном случае представляет определённые трудности в клинической практике. Нет универсального метода диагностики, который с высокой чувствительностью и специфичностью помогал бы решить эту проблему в большинстве случаев. Каждый из методов имеет свои недостатки и преимущества, а также ограничения применения, которые должен учитывать практикующий врач при выборе, и только совокупность нескольких методов позволяет предположить ответ на терапию. Предпочтение следует отдавать динамическим методам, а не статическим показателям. Кроме того, всё большее внимание привлекает ультразвуковая диагностика, благодаря её доступности и неинвазивности. Поиск идеальной комбинации методов диагностики остаётся предметом дальнейших исследований.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна: О.В. Воробьева, В.А. Корячкин, В.А. Аветисян, М.А. Джоупа, В.Ю. Воронков
Сбор, анализ и интерпретация данных: О.В. Воробьева, В.А. Аветисян, М.А. Джоупа
Подготовка текста: О.В. Воробьева, В.Ю. Воронков
Редактирование текста: В.А. Корячкин, В.А. Аветисян, М.А. Джоупа, О.В. Воробьева, В.Ю. Воронков

Author contributions

Concept and design: Vorobyova, Koriachkin, Avetisian, Dzhopua, Voronkov
Acquisition, analysis, or interpretation of data: Vorobyova, Avetisian, Dzhopua
Manuscript drafting: Vorobyova, Voronkov
Manuscript revising: Koriachkin, Avetisian, Dzhopua, Vorobyova, Voronkov

Литература/References

1. Voldby AW, Brandstrup B. Fluid therapy in the perioperative setting—a clinical review. *J Intensive Care*. 2016;4:27. PMID: 27087980. PMID: PMC4833950. <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0154-3>
2. Жихарев В.А., Малышев Ю.П., Шанина Л.Г., Песчанская О.И., Роговик Д.В., Ситник С.Д. Связь волемиической поддержки с развитием острой послеоперационной дыхательной

недостаточности после торакальных онкологических операций. *Инновационная медицина Кубани*. 2017;8(4):12–20.

Zhikharev VA, Malyshev YuP, Shanina LG, Peschanskaya OI, Rogovik DV, Sitnik SD. Relation of volemic support to acute post-operative respiratory insufficiency development following thoracic oncological surgery. *Innovative Medicine of Kuban*. 2017;8(4):12–20. (In Russ.)

3. Monnet X, Marik PE, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1):111. PMID: 27858374. PMID: PMC5114218. <https://doi.org/10.1186/s13613-016-0216-7>

4. Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness. *Minerva Anesthesiol*. 2008;74(4):123–135. PMID: 18212731

5. Kirov MY, Kuzkov VV, Saugel B. Advanced Hemodynamic Monitoring: Basics and New Horizons. *Springer International Publishing*; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71752-0>

6. Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, 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. PMID: 21792056. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318229a500>

7. Biais M, de Courson H, Lanchon R, et al. Mini-fluid Challenge of 100 ml of Crystalloid Predicts Fluid Responsiveness in the Operating Room. *Anesthesiology*. 2017;127(3):450–456. PMID: 28640019. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001753>

8. Messina A, Lionetti G, Foti L, et al. Mini fluid challenge and End-expiratory occlusion test to assess fluid responsiveness in the operating room (MANEUVER study): A multicentre cohort study. *Eur J Anaesthesiol*. 2021;38(4):422–431. PMID: 33399372. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001406>

9. Cherpanath TG, Hirsch A, Geerts BF, 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. PMID: 26741579. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001556>

10. Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016;42(12):1935–1947. PMID: 26825952. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4134-1>

11. Minini A, Abraham P, Malbrain MLNG. Predicting fluid responsiveness with the passive leg raising test: don't be fooled by intra-abdominal hypertension!. *Ann Transl Med*. 2020;8(12):799. PMID: 32647724. PMID: PMC7333095. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.12.14>

12. Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising: five rules, not a drop of fluid!. *Crit Care*. 2015;19(1):18. PMID: 25658678. PMID: PMC4293822. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0708-5>

13. Gavelli F, Teboul JL, Monnet X. The end-expiratory occlusion test: please, let me hold your breath!. *Crit Care*. 2019;23(1):274. PMID: 31391083. PMID: PMC6686261. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2554-y>

14. Gavelli F, Shi R, Teboul JL, Azzolina D, Monnet X. The end-expiratory occlusion test for detecting preload responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):65. PMID: 32449104. PMID: PMC7246264. <https://doi.org/10.1186/s13613-020-00682-8>

15. Mulder MP, Potters JW, van Loon LM, et al. Context-specific clinical applicability of the end-expiratory occlusion test to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Anaesthesiol*. 2025;42(8):737–746. PMID: 40260456. PMID: PMC12237134. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000002181>

16. Myatra SN, Monnet X, Teboul JL. Use of 'tidal volume challenge' to improve the reliability of pulse pressure variation. *Crit*

Care. 2017;21(1):60. PMID: 28320434. PMID: PMC5359814. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1637-x>

17. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med*. 2009;37(9):2642–2647. PMID: 19602972. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e3181a590da>

18. Hong JQ, He HF, Chen ZY, et al. Comparison of stroke volume variation with pulse pressure variation as a diagnostic indicator of fluid responsiveness in mechanically ventilated critically ill patients. *Saudi Med J*. 2014;35(3):261–268. PMID: 24623206

19. Ильина Я.Ю., Фот Е.В., Изотова Н.Н. и др. Динамические тесты для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке при септическом шоке. *Анестезиология и реаниматология*. 2018;63(2):108–112.

Ilyina YY, Fot EV, Izotova NN, et al. Dynamic tests for assessing susceptibility to infusion load in septic shock. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2018; 63(2): 108–112. (In Russ.)

20. Cannesson M, Le Manach Y, Hofer CK, et al. Assessing the diagnostic accuracy of pulse pressure variations for the prediction of fluid responsiveness: a «gray zone» approach. *Anesthesiology*. 2011;115(2):231–241. PMID: 21705869. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318225b80a>

21. Min JJ, Gil NS, Lee JH, Ryu DK, Kim CS, Lee SM. Predictor of fluid responsiveness in the 'grey zone': augmented pulse pressure variation through a temporary increase in tidal volume. *Br J Anaesth*. 2017;119(1):50–56. PMID: 28974059. <https://doi.org/10.1093/bja/aex074>

22. Киров М.Ю., Горобец Е.С., Бобовник С.В., и др. Принципы периоперационной инфузионной терапии взрослых пациентов. *Анестезиология и реаниматология*. 2018;(6):82–103. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology201806182>

Kirov MYu, Gorobets ES, Bobovnik SV, et al. Principles of perioperative infusion therapy in adults. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2018;(6):82–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology201806182>

23. Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *J Clin Med*. 2023;12(6):2217. PMID: 36983218. PMID: PMC10053997. <https://doi.org/10.3390/jcm12062217>

24. Cardozo Júnior LCM, Lemos GSD, Besen BAMP. Fluid responsiveness assessment using inferior vena cava collapsibility among spontaneously breathing patients: Systematic review and meta-analysis. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2023;47(2):90–98. PMID: 36272909. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2021.12.018>

25. Tan C, Rubenson D, Srivastava A, et al. Left ventricular outflow tract velocity time integral outperforms ejection fraction and Doppler-derived cardiac output for predicting outcomes in a select advanced heart failure cohort. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):18. PMID: 28673293. PMID: PMC5496262. <https://doi.org/10.1186/s12947-017-0109-4>

26. Blanco P. Rationale for using the velocity-time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J*. 2020;12(1):21. PMID: 32318842. PMID: PMC7174466. <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00170-x>

27. Asogwa N, Assaad M, Ling J, Wahbah Makhoul G, El Hage H. The Utility of Echocardiography in Estimating Fluid Responsiveness. *J Clin Med Res*. 2024;16(4):129–132. PMID: 38715562. PMID: PMC11073387. <https://doi.org/10.14740/jocmr5114>

28. Kebed K, Sun D, Addetia K, Mor-Avi V, Markuzon N, Lang RM. Measurement errors in serial echocardiographic

assessments of aortic valve stenosis severity. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2020;36(3):471-479. PMID: 31865497. PMCID: PMC7135919. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01745-z>

29. Saji SZ, Murga O, Khurana S, et al. Utilization of left ventricular outflow tract velocity time integral in the assessment of fluid responsiveness in adult patients with sepsis or septic shock – a systematic review. *J Ultrasound*. 2025;28(4):823-833. PMID: 40849404. PMCID: PMC12675858. <https://doi.org/10.1007/s40477-025-01072-1>

30. Ibarra-Estrada MÁ, López-Pulgarín JA, Mijangos-Méndez JC, Díaz-Gómez JL, Aguirre-Avalos G. Respiratory variation in carotid peak systolic velocity predicts volume responsiveness in mechanically ventilated patients with septic shock: a prospective cohort study. *Crit Ultrasound J*. 2015;7(1):29. PMID: 26123610. PMCID: PMC4485670. <https://doi.org/10.1186/s13089-015-0029-1>

31. Ma IWY, Caplin JD, Azad A, et al. Correlation of carotid blood flow and corrected carotid flow time with invasive cardiac output measurements. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1):10. PMID: 28429291. PMCID: PMC5398973. <https://doi.org/10.1186/s13089-017-0065-0>

32. Зозуля М.В., Ленкин А.И. Оценка органной перфузии и волемического статуса с помощью ультразвука. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;(1):27-34. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2023-1-27-34>

Zozulya MV, Lenkin AI. Evaluation of organ perfusion and intravascular volume status by ultrasound. *Pacific Medical Journal*. 2023;(1):27-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2023-1-27-34>

33. Singla D, Gupta B, Varshney P, Mangla M, Walikar BN, Jamir T. Role of carotid corrected flow time and peak velocity variation in predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Korean J Anesthesiol*. 2023;76(3):183-193. PMID: 36377330. PMCID: PMC10244609. <https://doi.org/10.4097/kja.22385>

34. Beier L, Davis J, Esener D, Grant C, Fields JM. Carotid Ultrasound to Predict Fluid Responsiveness: A Systematic Review. *J Ultrasound Med*. 2020;39(10):1965-1976. PMID: 32314817. <https://doi.org/10.1002/jum.15301>

35. Abbasi A, Azab N, Nayeemuddin M, et al. Change in Carotid Blood Flow and Carotid Corrected Flow Time Assessed by Novice Sonologists Fails to Determine Fluid Responsiveness in Spontaneously Breathing Intensive Care Unit Patients. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(10):2659-2666. PMID: 32747073. PMCID: PMC7771259. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.001>

36. Kim DH, Shin S, Kim N, Choi T, Choi SH, Choi YS. Carotid ultrasound measurements for assessing fluid responsiveness in spontaneously breathing patients: corrected flow time and respirophasic variation in blood flow peak velocity. *Br J Anaesth*. 2018;121(3):541-549. PMID: 30115251. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.12.047>

37. Elsaeed AMR, Nor El-Din BME, El Taher WAM, et al. Internal jugular vein distensibility variation and inferior vena cava collapsibility variation with fluid resuscitation as an indicator for fluid management in spontaneously breathing septic patients. *Ain-Shams J Anesthesiol*. 2022;14-26. <https://doi.org/10.1186/s42077-022-00226-1>

38. Guarracino F, Ferro B, Forfori F, Bertini P, Magliacano L, Pinsky MR. Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness

in septic patients. *Crit Care*. 2014;18(6):647. PMID: 25475099. PMCID: PMC4301660. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0647-1>

39. Ma GG, Hao GW, Yang XM, et al. Internal jugular vein variability predicts fluid responsiveness in cardiac surgical patients with mechanical ventilation. *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):6. PMID: 29340792. PMCID: PMC5770347. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0347-5>

40. Broilo F, Meregalli A, Friedman G. Right internal jugular vein distensibility appears to be a surrogate marker for inferior vena cava vein distensibility for evaluating fluid responsiveness. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27(3):205-211. PMID: 26465243. PMCID: PMC4592113. <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20150042>

Сведения об авторах

Воробьева Ольга Владимировна, врач – анестезиолог-реаниматолог, Ильинская больница (Глухово, Россия). <https://orcid.org/0009-0002-6523-6789>

Воронков Владислав Юрьевич, врач – анестезиолог-реаниматолог, Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0009-0002-7398-4701>

Джопуа Максим Астамурович, к. м. н., врач анестезиолог-реаниматолог, Ильинская больница (Глухово, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9950-2814>

Аветисян Ваагн Ашотович, к. м. н., врач – анестезиолог-реаниматолог, заведующий отделением анестезиологии, Ильинская больница (Глухово, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-6555-7369>

Корячкин Виктор Анатольевич, д. м. н. профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии им. проф. В.И. Гордеева, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Olga V. Vorobyova, Anesthesiologist-Intensivist, Ilyinskaya Hospital (Glukhovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0002-6523-6789>

Vladislav Yu. Voronkov, Anesthesiologist-Intensivist, National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs named V.I. Shumakov (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0002-7398-4701>

Maksim A. Dzhopua, Cand. Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Ilyinskaya Hospital (Glukhovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9950-2814>

Vaagn A. Avetisian, Cand. Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Head of Anesthesiology Department, Ilyinskaya Hospital (Glukhovo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-6555-7369>

Victor A. Koriachkin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Anesthesiology, Resuscitation, and Emergency Pediatrics named after V.I. Gordeev, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>

Conflict of interest: none declared.