

Диагностическая точность теста с пассивным подъемом ног: систематический обзор и сетевой метаанализ

М.Я. Ядгаров¹, Л.Б. Берикашвили¹, И.В. Кузнецов¹, П.В. Рыжков¹, А.Г. Яворовский², А.А. Яковлев¹, В.В. Лихванцев¹

Для корреспонденции:

Валерий Владимирович Лихванцев,
lik0704@gmail.com

Поступила в редакцию 9 октября 2025 г.
Исправлена 14 октября 2025 г. Принята
к печати 18 февраля 2026 г.

Цитировать: Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б., Кузнецов И.В., Рыжков П.В., Яворовский А.Г., Яковлев А.А., Лихванцев В.В. Диагностическая точность теста с пассивным подъемом ног: систематический обзор и сетевой метаанализ. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2026;30(2):34-44.
<https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-2-34-44>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: В.В. Лихванцев, Л.Б. Берикашвили
Сбор и анализ данных: И.В. Кузнецов, П.В. Рыжков, М.Я. Ядгаров, Л.Б. Берикашвили
Статистическая обработка данных: М.Я. Ядгаров
Написание статьи: И.В. Кузнецов, Л.Б. Берикашвили, М.Я. Ядгаров, А.Г. Яворовский, А.А. Яковлев
Исправление статьи: В.В. Лихванцев
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID

М.Я. Ядгаров,
<https://orcid.org/0000-0003-3792-1682>
Л.Б. Берикашвили,
<https://orcid.org/0000-0001-9267-3664>
И.В. Кузнецов,
<https://orcid.org/0009-0000-7776-9537>
П.В. Рыжков,
<https://orcid.org/0009-0006-7107-7816>
А.Г. Яворовский,
<https://orcid.org/0000-0001-5103-0304>
А.А. Яковлев,
<https://orcid.org/0000-0002-8482-1249>
В.В. Лихванцев,
<https://orcid.org/0000-0002-5442-6950>

© Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б., Кузнецов И.В., Рыжков П.В., Яворовский А.Г., Яковлев А.А., Лихванцев В.В., 2026

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии», Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Тест с пассивным подъемом ног (passive leg raising, PLR-тест) представляет собой неинвазивный диагностический метод оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке, что является ключевым аспектом диагностики гипотензии в анестезиологии и интенсивной терапии. Несмотря на широко распространенное применение его, в настоящее время отсутствует единая сравнительная оценка прогностической точности различных показателей, измеряемых во время проведения PLR-теста.

Цель. Целью нашего исследования было оценить эффективность различных показателей, регистрируемых при проведении PLR-теста, для прогнозирования восприимчивости к инфузионной нагрузке.

Методы. Был проведен сетевой метаанализ, включивший проспективные исследования, изучавшие диагностическую точность PLR-теста для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке. Электронные базы данных были проанализированы до марта 2024 г., поиск дополнялся методом «снежного кома». Для определения уровня доказательств применялся подход Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE).

Результаты. Были включены 16 проспективных когортных исследований с участием 784 пациентов. Сетевой метаанализ показал, что параметры сердечного выброса, измеренные во время проведения PLR-теста, обладают наибольшей прогностической значимостью при оценке восприимчивости к инфузионной нагрузке в сравнении с другими параметрами (площадь под кривой суммарного ранжирования (SUCRA) score = 88,3). Использование показателей артериального кровотока обеспечивает умеренную прогностическую значимость PLR-теста (SUCRA = 72,0). Использование более традиционных параметров, таких как артериальное давление и диаметр нижней полой вены, снижает прогностическую точность до неудовлетворительного уровня (SUCRA score < 50).

Заключение. Использование параметров сердечного выброса при проведении PLR-теста обеспечивает максимальные значения диагностической точности. Следовательно, применение таких показателей, как артериальное давление и диаметр нижней полой вены, не рекомендуется для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке. Регистрационный номер: INPLASY (International Platform of Registered Systematic Review and Meta-analysis Protocols) 202460038.

Ключевые слова: венозный возврат; инфузионная терапия; мониторинг гемодинамики; положение тела; сердечный выброс; ударный объем



Diagnostic accuracy of passive leg raising test: systematic review and network meta-analysis

Mikhail Ya. Yadgarov¹, Levan B. Berikashvili¹, Ivan V. Kuznetsov¹, Pavel V. Ryzhkov¹, Andrey G. Yavorovskiy², Alexey A. Yakovlev¹, Valery V. Likhvantsev¹

Corresponding author: Valery V. Likhvantsev, lik0704@gmail.com

Received 9 October 2025. Revised 14 October 2025. Accepted 18 February 2026.

How to cite: Yadgarov M.Ya., Berikashvili L.B., Kuznetsov I.V., Ryzhkov P.V., Yavorovskiy A.G., Yakovlev A.A., Likhvantsev V.V. Diagnostic accuracy of passive leg raising test: systematic review and network meta-analysis. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2026;30(2):34-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-2-34-44>

Funding

The study did not have sponsorship.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: V.V. Likhvantsev, L.B. Berikashvili

Data collection and analysis: I.V. Kuznetsov, P.V. Ryzhkov, M.Ya. Yadgarov, L.B. Berikashvili

Statistical analysis: M.Ya. Yadgarov

Drafting the article: I.V. Kuznetsov, L.B. Berikashvili, M.Ya. Yadgarov, A.G. Yavorovskiy, A.A. Yakovlev

Critical revision of the article: V.V. Likhvantsev

Final approval of the version to be published: all authors

ORCID

M.Ya. Yadgarov, <https://orcid.org/0000-0003-3792-1682>

L.B. Berikashvili, <https://orcid.org/0000-0001-9267-3664>

I.V. Kuznetsov, <https://orcid.org/0009-0000-7776-9537>

P.V. Ryzhkov, <https://orcid.org/0009-0006-7107-7816>

A.G. Yavorovskiy, <https://orcid.org/0000-0001-5103-0304>

A.A. Yakovlev, <https://orcid.org/0000-0002-8482-1249>

V.V. Likhvantsev, <https://orcid.org/0000-0002-5442-6950>

© 2026 Yadgarov et al.



¹ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

² First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Introduction: The passive leg raising (PLR) test is a non-invasive diagnostic tool for assessing fluid responsiveness, a pivotal aspect in hypotension management. Despite its growing application, a unified comparative assessment of prognostic accuracy for various PLR test parameters is currently lacking.

Objective: Our study aimed to evaluate the efficacy of different PLR test indicators in predicting fluid responsiveness.

Methods: We conducted a network meta-analysis, analyzing prospective studies that explored diagnostic accuracy of PLR test for fluid responsiveness. Electronic databases were searched until March 2024; this search was supplemented by snowballing methods. The Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) approach was used to determine the certainty of evidence.

Results: Sixteen prospective cohort studies involving 784 patients were included. The network meta-analysis revealed that cardiac output parameters measured during the PLR test have the highest prognostic significance for assessing fluid responsiveness compared to other parameters (SUCRA score = 88.3). Utilizing arterial blood flow indicators results in a moderate prognostic value for the PLR test (SUCRA score = 72.0). The use of such conventional parameters as arterial blood pressure and inferior vena cava diameter reduces prognostic accuracy to unsatisfactory levels (SUCRA score < 50). The superiority of PLR test prognostic capability when using cardiac output parameters over arterial blood pressure indicators is supported by high-quality evidence.

Conclusion: Our network meta-analysis demonstrated that using PLR test with cardiac output parameters ensures maximum sensitivity and specificity. Consequently, the use of more straightforward and easily obtainable parameters (arterial blood pressure, inferior vena cava diameter) is not recommended for assessing fluid responsiveness.

Keywords: cardiac output; fluid therapy; hemodynamic monitoring; posture; stroke volume; venous return

Введение

Гипотензия остается серьезной проблемой в анестезиологии и интенсивной терапии, поскольку часто приводит к жизнеугрожающей гипоперфузии органов и тканей [1; 2]. Несмотря на то, что в настоящее время не существует общепринятого определения гипотензии [3], обычно принято выделять три основных причины ее возникновения: гиповолемия, снижение сердечного выброса и вазоплегия [4; 5]. В клинических

рекомендациях по ведению кардиальных пациентов в некардиальной хирургии подчеркивается ключевая роль оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке как первого шага в терапии гипотензии [5]. Такой подход все чаще рассматривается как более предпочтительный для выбора оптимальной стратегии.

Для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке существует множество тестов, однако многие из них имеют существенные ограничения [6]. К примеру, точная оценка вариабельности сердечного выбро-

са часто требует применения инвазивных методов гемодинамического мониторинга [7]. Кроме того, тесты, основанные на применении инфузии, несут риск избыточного накопления жидкости у пациентов, поскольку являются необратимыми [8].

В данном контексте тест с пассивным подъемом ног (passive leg raising, PLR-тест) рассматривается как значимая альтернатива [9]. Этот неинвазивный и обратимый метод имитирует аутотрансфузию, при которой за счет действия силы тяжести происходит перераспределение крови из нижних конечностей к сердцу [10]. Таким образом, PLR-тест представляет собой практичный и более безопасный вариант для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке [11]. Тем не менее в настоящее время не существует единого общепринятого показателя, изменения которого необходимо мониторировать во время проведения PLR-теста с целью оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке.

Целью нашего исследования было оценить прогностическую значимость различных показателей, регистрируемых во время проведения PLR-теста, для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке.

Методы

Данное исследование выполнено в соответствии с рекомендациями расширенного руководства по представлению систематических обзоров, включающих сетевые метаанализы вмешательств в здравоохранении (PRISMA-NMA) [12], и рекомендациями Cochrane Handbook [13]. Протокол исследования был зарегистрирован на международной платформе регистрации протоколов систематических обзоров и метаанализов (INPLASY, International Platform of Registered Systematic Review and Meta-analysis Protocols) под регистрационным номером INPLASY 202460038 (doi: 10.37766/inplasy2024.6.0038). Чек-лист PRISMA-NMA представлен в Доп. материалах, прил. 1.

Стратегия поиска

Для выявления релевантных исследований был проведен систематический поиск, охватывающий все доступные публикации от момента их появления до 18 марта 2024 г. В поисковую стратегию были включены базы данных PubMed, Medline и Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL). Поиск выполнялся двумя исследователями независимо друг от друга. Дополнительно применялись методы прямого и обратного «снежного кома» с использованием сервиса Litmaps [14] для выявления дополнительных релевантных публикаций. Мы не применяли языковых ограничений. Подробная стратегия поиска, включая конкретные запросы и параметры, представлена в Доп. материалах, прил. 2.

Критерии соответствия и отбор исследований

После автоматического исключения дубликатов два исследователя независимо друг от друга проводили отбор оставшихся исследований на основании их названий и аннотаций с использованием критериев PICOS: (P) взрослые пациенты, (I) билатеральный тест с пассивным подъемом ног (PLR-тест), (C) метод инфузионной нагрузки (Fluid Challenge, FC) для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке («золотой стандарт»), (O) площадь под ROC-кривой (AUROC), (S) проспективные когортные исследования (подробно представлено в Доп. материалах, прил. 2). Исследования исключались при наличии одного из следующих критериев:

- 1) являлись обзорными статьями, клиническими случаями или письмами в редакцию;
- 2) не содержали релевантных данных для сетевого метаанализа (NMA) (требовалось наличие как минимум двух тестируемых параметров с представленными данными AUROC);
- 3) использовалась вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация (VV-ECMO).

Любые разногласия в процессе отбора статей решались путем обсуждения с привлечением дополнительного эксперта до достижения консенсуса.

Извлечение данных и конечные точки

Для данного обзора была разработана специализированная форма для сбора данных. Основным исходом в данном сетевом метаанализе является площадь под ROC-кривой (AUROC) для PLR-теста.

Три автора независимо оценивали полные тексты статей, а также все дополнительные материалы включенных исследований для извлечения следующих данных:

- 1) общие сведения и характеристики пациентов: первый автор, когорта, объем выборки, средний возраст, пол, балл по шкале APACHE II, исходные значения сердечного выброса (CB), сердечного индекса (СИ), ударного объема (УО), тип используемого инфузионного раствора, исходное положение при проведении PLR-теста (угол подъема головного конца кровати), а также временной интервал для оценки PLR;
- 2) информация о PLR-тесте и эталонном методе: методика, параметр ($\Delta V_{УО}$ – изменение вариабельности ударного объема; $\Delta V_{ПД}$ – изменение вариабельности пульсового давления; $\Delta СИ$ – изменение сердечного индекса; $\Delta ИУО$ – изменение индекса ударного объема; $\Delta УО$ – изменение ударного объема; ΔV_{peak} – изменение пиковой скорости кровотока в артерии; ΔCB – изменение сердечного выброса; $\Delta ПД$ – измене-

ние пульсового давления; $\Delta EtCO_2$ – изменение конечной концентрации углекислого газа в конце выдоха; ΔVF – изменение объемного кровотока; ΔABF – изменение аортального кровотока; ΔCPI – изменение индекса сердечной мощности; $\Delta АДср$ – изменение среднего артериального давления; $\Delta PtcO_2$ – изменение транскутанного парциального давления кислорода; $\Delta АДсист$ – изменение систолического артериального давления; $\Delta ЧСС$ – изменение частоты сердечных сокращений и критерий (пороговое значение);

3) данные об исходах: количество респондеров и нереспондеров, значения AUROC (с указанием максимального значения AUROC при наличии нескольких), чувствительность и специфичность.

Кроме того, отдельные параметры были распределены по следующим группам:

1) показатели сердечного выброса: $\Delta СИ$ (%), $\Delta ИУО$ (индекс ударного объема) (%), $\Delta УО$ (%), $\Delta СВ$ (%), ΔABF (аортальный кровоток) (%);

2) показатели артериального кровотока: ΔV_{peak} в артерии (%), ΔVF (объемный кровоток) в артерии (%), Δ кровоток в сонной артерии (%);

3) показатели артериального давления: $\Delta ПД$ (пульсовое давление) (%), $\Delta АДср$ (%), $\Delta АДсист$ (%).

В исследованиях, где данные были представлены в виде медиан, интерквартильных интервалов или 95 % доверительных интервалов, для их преобразования в среднее значение $\pm$ стандартное отклонение (SD) применялись общепризнанные статистические методы. Эти подходы основаны на техниках, предложенных Luo и соавт. [15] и Wan и соавт. [16], а также на рекомендациях Cochrane Handbook [13]. В случаях когда данные AUROC не были представлены, данный показатель оценивался по формуле

$$AUROC \approx (Se + Sp)/2,$$

где Se – чувствительность; Sp – специфичность.

Отсутствующие данные по SD восполнялись методом множественной импутации с использованием программы IBM SPSS Statistics, версия 28.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Анализ данных

Мы провели частотный сетевой метаанализ (NMA) с использованием модели случайных эффектов, применяя методологию и программное обеспечение

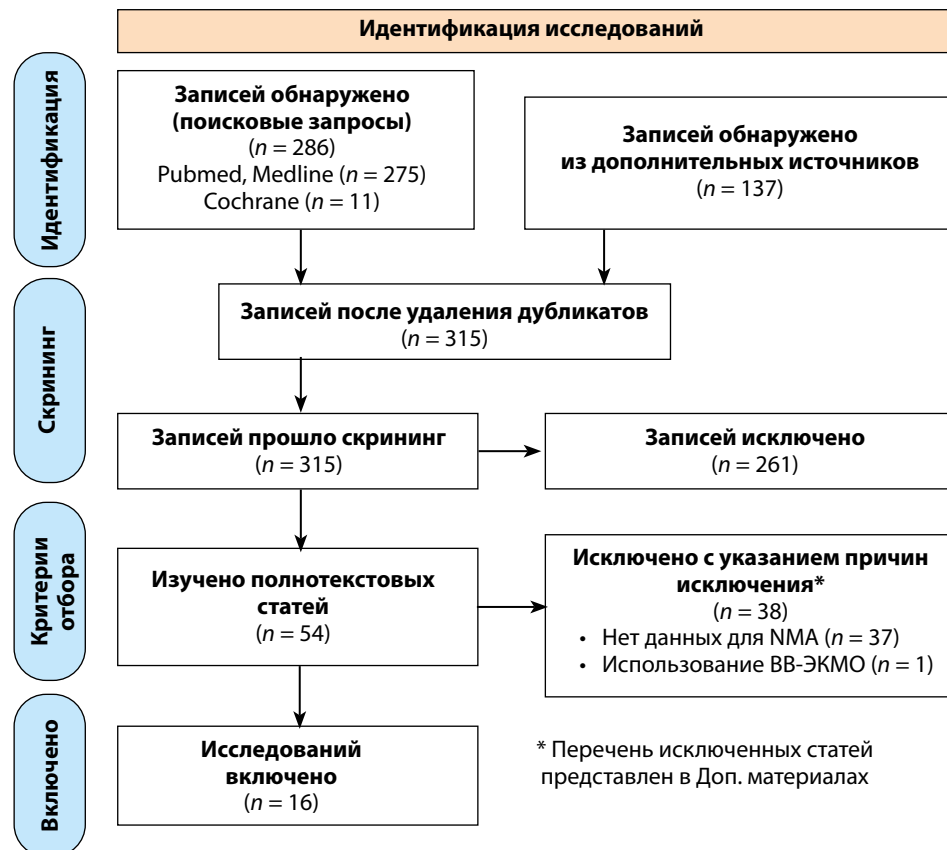


Рис. 1. Блок-схема отбора исследований

Примечание. ВВ-ЭКМО – вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация; NMA – сетевой метаанализ.

CINeMA (Confidence in Network Meta-Analysis; University of Bern, Bern, Switzerland). [17; 18]. Дополнительно был выполнен байесовский сетевой метаанализ со случайными эффектами с использованием веб-приложений ROB-MEN и MetalInsight [19; 20]. В NMA включались статьи, в которых сравнивалось два и более тестируемых параметра. Для показателя AUROC рассчитывалась средняя разница (MD) с соответствующим 95 % доверительным интервалом (CI). Результаты NMA были представлены с использованием сетевых диаграмм, сравнительных таблиц (league tables), таблиц вклада (contribution tables) и лесовидных диаграмм NMA. Для расчета вероятности того, что каждый из параметров окажется наиболее эффективным в прогнозировании восприимчивости к инфузионной нагрузке, были получены значения SUCRA (поверхность под кривой кумулятивного ранжирования) [21]. Для оценки межисследовательской гетерогенности был применен байесовский NMA с вычислением τ^2 . Значение τ^2 , превышающее клинически значимый размер эффекта ($MD \geq 0,1$), трактовалось как показатель существенной гетерогенности. Кроме того, мы оценивали несогласованность с использованием подхода CINeMA.

Внутренняя валидность и оценка риска систематической ошибки

Внутренняя валидность и риск систематической ошибки включенных исследований оценивались двумя независимыми исследователями с использованием инструмента Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2) [22]. Пояснение к оценке риска систематической ошибки представлено в Доп. материалах, в прил. 3. Публикационное смещение и эффекты малых исследований оценивались с помощью байесовской NMA-метарегрессии. Уровень достоверности доказательств определялся с использованием методологии Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE), интегрированной в подход CINeMA.

Кроме того, был проведен анализ чувствительности с использованием исследований с низким и умеренным риском систематической ошибки.

Результаты

Характеристики исследований

В ходе первоначального поиска было обнаружено 423 статьи. После этапа отбора по аннотациям для полнотекстовой оценки было выбрано 54 статьи. В результате анализа полных текстов 38 исследований были исключены (подробности приведены в Доп. материалах, табл. П2). Таким образом, в данный сетевой ме-

таанализ вошло 16 проспективных когортных исследований, опубликованных в период с 2006 по 2022 г. [23–38]. Блок-схема, отражающая процесс отбора исследований, представлена на рис. 1.

В сетевой метаанализ нами были включены данные 784 пациентов. Среди включенных исследований 10 были посвящены пациентам с шоком [23; 25–28; 31; 34–37]. Средний возраст участников варьировал от 53 лет до 71 года. В 10 исследованиях для проведения инфузионной нагрузки в качестве «золотого стандарта» использовались кристаллоидные растворы [23; 26; 28–35]. Для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке применялись 19 различных параметров (Доп. материалы, табл. П3). Объем вводимых растворов при тесте с инфузионной нагрузкой варьировал и включал 250 мл, 500 мл и 4–7 мл/кг. Временной интервал от начала проведения PLR до оценки гемодинамических параметров составлял от 1 до 5 минут. Доля пациентов, ответивших на инфузию, варьировала от 29 до 68 %. Сводная характеристика исследований, включенных в метаанализ, представлена в табл. 1 и Доп. материалах, табл. П3.

Оценка риска систематической ошибки

Оценка риска систематической ошибки для девяти включенных исследований показала низкий риск в шести работах, средний – в семи, высокий риск – в трех исследованиях (табл. 2, Доп. материалы, табл. П4). Основными источниками систематических ошибок были факторы, связанные с отбором пациентов, проведением и интерпретацией PLR и FC. Столбчатая диаграмма распределения риска представлена в Доп. материалах, на рис. П4. В данном NMA публикационного смещения или эффекта малых исследований выявлено не было. Несмотря на то, что межисследовательская дисперсия оказалась статистически незначимой, была выявлена существенная несогласованность результатов ($\chi^2 = 41,032$; 8 степеней свободы; $p < 0,001$).

Сетевой метаанализ

Сетевой график представлен на рис. 2.

Данные, использованные в сетевом метаанализе, включая характеристики NMA, сравнительные таблицы и матрицы вклада подробно представлены в Доп. материалах, табл. П4–П9.

Показатели сердечного выброса продемонстрировали значительное преимущество по эффективности по сравнению с изменением респираторного индекса нижней полой вены, параметрами артериального давления, вариабельностью пульсового давления и ударного объема (средние различия – от 0,15 до 0,54; рис. 3, Доп. материалы, табл. П6).

Табл. 1. Общие характеристики и описание 16 исследований, включенных в метаанализ

№	Исследование	Когорта	Тест- товый метод	Параметры теста	Метод «золотого стандарта»	Параметр «золотого стандарта»	Тип используемой жидкости	Объем вводимой жидкости	Объем выборки
1	Taccheri T. (2021) [30]	Прочие пациенты ОРИТ	PLR	ΔРеспираторный индекс нижней полой вены (абс. изменения), ΔВУО (%) ΔРеспираторный индекс нижней полой вены (%), ΔВПД (%)	FC	ΔСИ (%)	Кристаллоиды	500 мл	30
2	Zhao Z. (2022) [29]	Прочие пациенты ОРИТ	PLR	ΔВПД (%), ΔВУО (%), ΔСИ (%), ΔИУО (%)	FC	ΔСИ (%)	Кристаллоиды	500 мл	40
3	Wu J. (2018) [28]	Шок	PLR	ΔУО (%), ΔVpeak (%)	FC	ΔУО (%)	Кристаллоиды	250 мл	62
4	Lakhal K. (2010) [27]	Шок	PLR	ΔСВ (%), ΔПД (%)	FC	ΔСВ (%)	Коллоиды	500 мл	102
5	Monnet X. (2013) [26]	Шок	PLR	ΔПД (%), ΔСИ (%), ΔEtCO ₂ (%)	FC	ΔСИ (%)	Кристаллоиды	500 мл	40
6	Monge García M.I. (2012) [25]	Шок	PLR	ΔСВ (%), ΔEtCO ₂ (%), ΔПД (%)	FC	ΔСВ (%)	Коллоиды	500 мл	37
7	Ma G. (2020) [38]	Кардио- хирургическая ОРИТ	PLR	ΔУО (%), ΔВУО (%)	FC	ΔУО (%)	Коллоиды	500 мл	123
8	Krige A. (2016) [37]	Шок	PLR	ΔВУО (%), ΔСВ (%)	FC	ΔСВ (%)	Коллоиды	250 мл	33
9	Préau S. (2010) [36]	Шок	PLR	ΔУО (%), ΔVF (%), ΔПД (%)	FC	ΔУО (%)	Коллоиды	500 мл	34
10	Monnet X. (2006) [35]	Шок	PLR	ΔABF (%), ΔПД (%)	FC	ΔСИ (%)	Кристаллоиды	500 мл	71
11	Monnet X. (2009) [34]	Шок	PLR	ΔСИ (%), ΔПД (%)	FC	ΔИУО (%)	Кристаллоиды	500 мл	34
12	Saugel B. (2013) [33]	Прочие пациенты ОРИТ	PLR	ΔCPI (%), ΔАДсред (%), ΔСИ (%)	FC	ΔУО (%)	Кристаллоиды	7 мл/кг	24
13	Marik P.E. (2013) [32]	Прочие пациенты ОРИТ	PLR	ΔИУО (%), ΔКровоток в сонной артерии (%)	FC	ΔУО (%)	Кристаллоиды	500 мл	34
14	Xu J. (2017) [31]	Шок	PLR	ΔPtCO ₂ (%), ΔУО (%)	FC	ΔСВ (%)	Кристаллоиды	250 мл	34
15	Si X. (2018) [24]	Прочие пациенты ОРИТ	PLR	ΔУО (%), ΔСВ (%), ΔАДсист (%), ΔАДсред (%), ΔЧСС (%), ΔПД (%)	FC	ΔСИ (%)	Коллоиды	250 мл	40
16	Elsayed A.I. (2021) [23]	Шок	PLR	ΔСВ (%), ΔВПД (%)	FC	ΔСИ (%)	Кристаллоиды	4 мл /кг	46

Примечание. ΔАДсист – изменение систолического артериального давления; ΔАДсред – изменение среднего артериального давления; ΔВПД – изменение вариабельности пульсового давления; ΔВУО – изменение вариабельности ударного объема; ΔИУО – изменение индекса ударного объема; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ΔПД – изменение пульсового давления; ΔСВ – изменение сердечного выброса; ΔСИ – изменение сердечного индекса; ΔУО – изменение ударного объема; ΔЧСС – изменение частоты сердечных сокращений; ΔABF – изменение аортального кровотока; ΔCPI – изменение индекса сердечной мощности; ΔEtCO₂ – изменение концентрации углекислого газа в конце выдоха; FC – тест с инфузионной нагрузкой; PLR – тест с пассивным подъемом ног; ΔPtCO₂ – изменение транскутанного парциального давления кислорода; ΔVF – изменение объемного кровотока; ΔVpeak – изменение пиковой скорости кровотока в артерии.

Анализ SUCRA показал, что наибольший потенциал для прогнозирования восприимчивости к инфузионной нагрузке имеют показатели сердечного выброса (оценка 88,3). Далее в порядке убывания прогностической способности следовали ΔEtCO₂ (%) (оценка 84,8), показатели артериального кровотока (оценка 72,0), изменение индекса сердечной мощности (оценка 71,4)

и ΔPtCO₂ (%) (оценка 58,8). Для остальных параметров значение SUCRA не превышало 50 (рис. 3, Доп. материалы, рис. П1).

Анализ чувствительности

Основные результаты подтвердились при анализе исследований с низким и умеренным риском систематической ошибки (Доп. материалы, табл. П7, рис. П2).

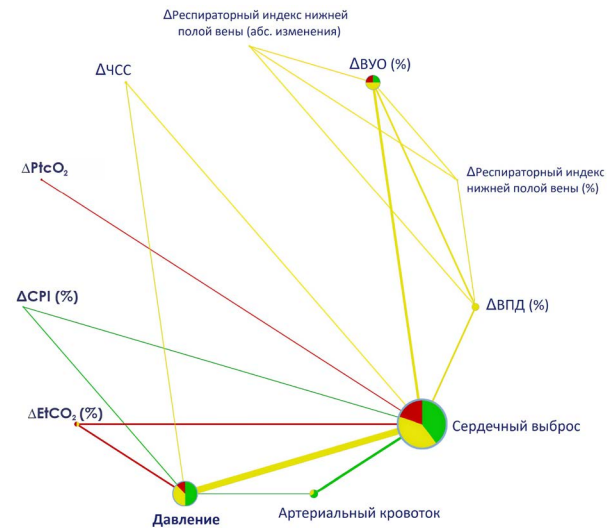
Табл. 2. Анализ риска систематической ошибки

№	Исследование	Тестовый параметр	Точка отсечения теста	Риск систематической ошибки (QUADAS-2)				Общая систематическая ошибка	Ограничения применимости (QUADAS-2)		
				P	I	R	FT		P	I	R
1	Taccheri T. (2021)	ΔРеспираторный индекс нижней полой вены (абс. изменения)	НД	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
2	Taccheri T. (2021)	ΔВУО (%)	-19,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
3	Taccheri T. (2021)	ΔРеспираторный индекс нижней полой вены (%)	-24,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
4	Taccheri T. (2021)	ΔВПД (%)	-20,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
5	Zhao Z. (2022)	ΔВПД (%)	НД	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
6	Zhao Z. (2022)	ΔВУО (%)	НД	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
7	Zhao Z. (2022)	ΔСИ (%)	9,8	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
8	Zhao Z. (2022)	ΔИУО (%)	11,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
9	Wu J. (2018)	ΔУО (%)	12,45	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
10	Wu J. (2018)	ΔVpeak (%)	10,6	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
11	Lakhal K. (2010)	ΔСВ (%)	7,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
12	Lakhal K. (2010)	ΔПД (%)	9,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
13	Monnet X. (2013)	ΔПД (%)	НД	×	×	✓	×	Высокий	✓	✓	✓
14	Monnet X. (2013)	ΔСИ (%)	10,0	×	✓	✓	×	Высокий	✓	✓	✓
15	Monnet X. (2013)	ΔEtCO ₂ (%)	5,0	×	✓	✓	×	Высокий	✓	✓	✓
16	Monge García M.I. (2012)	ΔСВ (%)	12,0	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
17	Monge García M.I. (2012)	ΔEtCO ₂ (%)	5,0	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
18	Monge García M.I. (2012)	ΔПД (%)	11,0	✓	×	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
19	Ma G. (2020)	ΔУО (%)	13,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
20	Ma G. (2020)	ΔВУО (%)	-4,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
21	Krige A. (2016)	ΔВУО (%)	НД	✓	×	×	✓	Высокий	✓	✓	✓
22	Krige A. (2016)	ΔСВ (%)	9,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
23	Préau S. (2010)	ΔУО (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
24	Préau S. (2010)	ΔVF (%)	8,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
25	Préau S. (2010)	ΔПД (%)	9,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
26	Monnet X. (2006)	ΔABF (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
27	Monnet X. (2006)	ΔПД (%)	12,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
28	Monnet X. (2009)	ΔСИ (%)	10,0	×	✓	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
29	Monnet X. (2009)	ΔПД (%)	11,0	×	✓	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
30	Saugel B. (2013)	ΔСРІ (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
31	Saugel B. (2013)	ΔАДсред (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
32	Saugel B. (2013)	ΔСИ (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
33	Marik P.E. (2013)	ΔИУО (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
34	Marik P.E. (2013)	ΔКровоток в сонной артерии (%)	20,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
35	Xu J. (2017)	ΔPtcO ₂ (%)	13,0	✓	×	×	✓	Высокий	✓	✓	✓
36	Xu J. (2017)	ΔУО (%)	10,0	✓	×	×	✓	Высокий	✓	✓	✓
37	Si X. (2018)	ΔУО (%)	12,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
38	Si X. (2018)	ΔСВ (%)	7,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
39	Si X. (2018)	ΔАДсис (%)	5,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
40	Si X. (2018)	ΔАДсред (%)	7,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
41	Si X. (2018)	ΔЧСС (%)	-5,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
42	Si X. (2018)	ΔПД (%)	5,0	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
43	Elsayed A.I. (2021)	ΔСВ (%)	6,5	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓
44	Elsayed A.I. (2021)	ΔВПД (%)	2,5	✓	✓	×	✓	Средний	✓	✓	✓

Примечание. ΔАДсис – изменение систолического артериального давления; ΔАДсред – изменение среднего артериального давления; ΔВПД – изменение вариабельности пульсового давления; ΔВУО – изменение вариабельности ударного объема; ΔИУО – изменение индекса ударного объема; НД – нет данных; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ΔПД – изменение пульсового давления; ΔСВ – изменение сердечного выброса; ΔСИ – изменение сердечного индекса; ΔУО – изменение ударного объема; ΔЧСС – изменение частоты сердечных сокращений; ΔABF – изменение аортального кровотока; ΔСРІ – изменение индекса сердечной мощности; ΔEtCO₂ – изменение концентрации углекислого газа в конце выдоха; FC – тест с инфузионной нагрузкой; FT – процесс и временные рамки; I – индексный тест; P – отбор пациентов; PLR – тест с пассивным подъемом ног; ΔPtcO₂ – изменение транскутанного парциального давления кислорода; R – эталонный стандарт; ΔVF – изменение объемного кровотока; ΔVpeak – изменение пиковой скорости кровотока в артерии; ✓ – низкий риск; × – высокий риск; ? – неопределенный риск.

Рис. 2. Сетевой график для PLR тестовых параметров, использованных для прогнозирования восприимчивости к инфузионной нагрузке. Размер узла соответствует размеру выборки, цвет узла отражает риск систематической ошибки. Толщина ребер соответствует количеству исследований, а цвет ребер отражает уровень риска систематической ошибки

Примечание. ΔВПД – изменение вариальности пульсового давления; ΔВУО – изменение вариальности ударного объема; ΔЧСС – изменение частоты сердечных сокращений; ΔСРІ – изменение индекса сердечной мощности; ΔEtCO₂ – изменение концентрации углекислого газа в конце выдоха; ΔPtcO₂ – изменение транскутанного парциального давления кислорода.



Оценка GRADE

Оценки по системе CIneMA представлены в Доп. материалах, на рис. ПЗ. Достоверность доказательств для изученных сравнений варьировала от очень низкой до высокой. Уровень доказательности, подтверждающий превосходство показателей сердечного выброса над параметрами артериального давления для прогнозирования восприимчивости к инфузионной нагрузке, был оценен как высокий.

Обсуждение

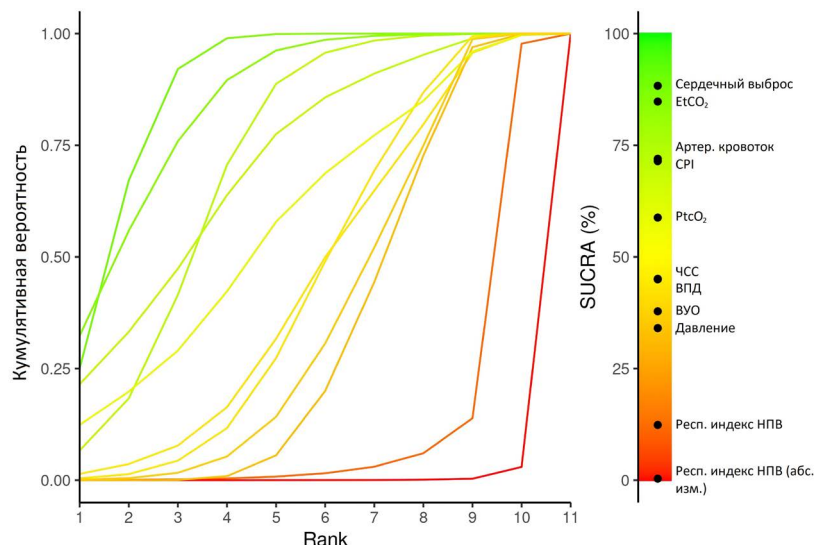
Ключевые результаты

Сетевой метаанализ показал, что наиболее надежными индикаторами для оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке при проведении PLR-теста являются параметры, отражающие изгнание крови из левого желудочка. Напротив, показатели, связанные с ва-

риабельностью характеристик сердечно-сосудистой системы, – такие как частота сердечных сокращений, вариальность пульсового давления и вариальность ударного объема – продемонстрировали значительно меньшую эффективность. Кроме того, параметры артериального давления уступали параметрам сердечного выброса (высокий уровень доказательности), что свидетельствует об их ограниченной ценности при проведении PLR-теста, несмотря на простоту измерения и широкую распространенность в условиях отделений интенсивной терапии. Более того, выявленное существенное различие между прогностической значимостью параметров сердечного выброса и оценки нижней полой вены оказалось неожиданным и указывает на непригодность оценки нижней полой вены в контексте проведения PLR-теста.

Рис. 3. Диаграмма ранжирования Litmus Rank-O-Gram. Более высокие значения площади под кривой суммарного ранжирования (SUCRA), а также кривые, расположенные ближе к верхнему левому углу, указывают на более высокую эффективность в прогнозировании восприимчивости к инфузионной нагрузке

Примечание. ВПД – вариальность пульсового давления; ВУО – вариальность ударного объема; НПВ – нижняя полая вена; ЧСС – частота сердечных сокращений; СРІ – индекс сердечной мощности; EtCO₂ – концентрация углекислого газа в конце выдоха; PtcO₂ – транскутанное парциальное давление кислорода.



Связь с предыдущими исследованиями

К аналогичному выводу пришли Alvarado Sánchez и соавт., показавшие, что выбор гемодинамических переменных существенно влияет на диагностическую точность PLR-теста. В их работе было продемонстрировано, что измерение аортального кровотока, сердечного выброса, ударного объема или их индексов повышает диагностическую точность. Напротив, использование суррогатных показателей сердечного выброса приводило к снижению прогностической ценности PLR-теста [39].

В исследовании Cherpanath и соавт., включившем в общей сложности 1013 пациентов, было показано, что изменения пульсового давления при проведении PLR-теста обладают более низкой прогностической значимостью, чем изменения показателей кровотока [40]. Monnet и соавт., выполняя подгрупповой анализ, пришли к аналогичному выводу: PLR-тест менее точно предсказывал реакцию на инфузионную нагрузку, если его эффекты оценивались по артериальному пульсовому давлению, а не по сердечному выбросу [41]. Наш сетевой метаанализ продемонстрировал, что изменения артериального давления при PLR предсказывают восприимчивость к инфузионной нагрузке значительно хуже, чем параметры сердечного выброса, что согласуется с результатами вышеупомянутых исследований. Возможно, это объясняется тем, что данные параметры зависят не только от ударного объема/сердечного выброса, но также и от сосудистого тонуса и эластичности артерий [42]. Однако Lakhal и соавт. в исследовании, включившем 112 пациентов, сделали вывод, что изменения систолического артериального давления при PLR достоверно выявляют пациентов, реагирующих на инфузионную нагрузку [43], что противоречит результатам нашего сетевого метаанализа.

Tascheri и соавт. показали, что процентные изменения вариабельности диаметра нижней полой вены, вызванные PLR и выраженные как процентное отклонение от исходного значения, достоверно предсказывали реакцию на предполагаемую инфузию [30]. Напротив, наш сетевой метаанализ показал, что параметры оценки нижней полой вены при PLR значительно уступают параметрам сердечного выброса и непригодны для определения восприимчивости к инфузионной нагрузке.

Значение результатов исследования

Значимость данного сетевого метаанализа заключается в следующих аспектах.

Во-первых, это исследование является первым сетевым метаанализом, в котором оценивались различные параметры, используемые при проведении PLR-теста, с их прямым сравнением и ранжированием по про-

гностической точности. Такой подход позволил сделать обоснованный вывод относительно оптимального параметра для измерения.

Во-вторых, сетевой метаанализ показал, что интракардиальные гемодинамические показатели существенно превосходят все остальные методы в предсказании восприимчивости к инфузионной нагрузке при проведении PLR-теста. Напротив, параметры, которые кажутся удобными и надежными, такие как артериальное давление или оценка нижней полой вены, значительно уступают показателям сердечного выброса.

Кроме того, данное исследование подтверждает более высокую информативность критериев, оценивающих изменения выброса левого желудочка, при проведении PLR-теста, а не других гемодинамических параметров.

Сильные стороны и ограничения

В нашем исследовании были применены передовые статистические методы, включая использование сетевого метаанализа, стандартных инструментов для оценки риска систематической ошибки и применение структуры GRADE, что усилило надежность полученных результатов. Намеренное ограничение анализа только проспективными исследованиями повысило качество включенных данных. Среди этих работ значительная часть (37,5 %) была отнесена к категории с низким риском систематической ошибки, а остальные исследования – к категории со средним (43,8 %) или высоким (18,7%) риском. Настоящий сетевой метаанализ имеет ряд ограничений, таких как различия в характеристиках пациентов и во времени проведения оценок. В 10 исследованиях PLR-тест проводился у пациентов в состоянии шока, тогда как в 6 – у пациентов без него. Кроме того, тип инфузионных растворов (коллоиды или кристаллоиды), использованных в качестве «золотого стандарта», различался между исследованиями, что могло потенциально повлиять на результаты. Также ограничением сетевого метаанализа является транзитивность, поскольку анализ включал косвенные сравнения различных тестовых параметров между исследованиями. Тем не менее с учетом анализа SUCRA можно утверждать, что использование параметров сердечного выброса является наилучшим выбором при проведении PLR-теста с целью оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке.

Дальнейшие исследования

Проведенный сетевой метаанализ предоставляет ценные данные, подчеркивая необходимость научных исследований в двух направлениях.

1. Стандартизация PLR теста. Отсутствие единых рекомендаций указывает на необходимость проведения

проспективных когортных исследований, направленных на выработку стандартов выполнения PLR-теста, включая время измерений, исходный угол наклона головного конца, угол подъема ног и другие связанные параметры.

2. Стандартизация оценки сердечного выброса. В настоящее время не существует единого метода оценки сердечного выброса во время PLR-теста, что позволяет клиницистам использовать различные подходы – эхокардиографию, транспульмональную термодилуцию, анализ пульсовой волны артериального давления и торакальную импедансную кардиографию. Поскольку эти методы могут различаться по своей прогностической значимости для оценки реак-

ции на предполагаемую инфузию при PLR-тесте, необходимы дальнейшие исследования для определения оптимального способа оценки интракардиальных гемодинамических параметров.

Заключение

Данный сетевой метаанализ показал, что параметры сердечного выброса значительно превосходят все остальные показатели в оценке восприимчивости к инфузионной нагрузке при проведении теста с пассивным подъемом нижних конечностей. Следовательно, использование таких параметров, как артериальное давление и диаметр нижней полой вены, не рекомендуется для этой цели.

Список литературы / References

1. Durand F, Kellum J.A., Nadim M.K. Fluid resuscitation in patients with cirrhosis and sepsis: A multidisciplinary perspective. *J Hepatol.* 2023;79(1):240-246. PMID: 36868480. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2023.02.024>
2. Rivasi G., Fedorowski A. Hypertension, hypotension and syncope. *Minerva Med.* 2022;113(2):251-262. PMID: 33881284. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.21.07562-5>
3. Bijker J.B., van Klei W.A., Kappen T.H., van Wolfswinkel L., Moons K.G.M., Kalkman C.J. Incidence of intraoperative hypotension as a function of the chosen definition: literature definitions applied to a retrospective cohort using automated data collection. *Anesthesiology.* 2007;107(2):213-20. PMID: 17667564. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000270724.40897.8e>
4. Wieling W., Jardine D.L., De Lange F.J., Brignole M., Nielsen H.B., Stewart J., Sutton R. Cardiac output and vasodilation in the vasovagal response: An analysis of the classic papers. *Heart Rhythm.* 2016;13(3):798-805. PMID: 26598322; PMCID: PMC5234327. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.11.023>
5. Halvorsen S., Mehilli J., Cassese S., Hall T.S., Abdelhamid M., Barbato E., De Hert S., de Laval I., Geisler T., Hinterbuchner L., Ibanez B., Lenarczyk R., Mansmann U.R., McGreavy P., Mueller C., Muneretto C., Niessner A., Potpara T.S., Ristić A., Sade L.E., Schirmer H., Schüpke S., Sillesen H., Skulstad H., Torracca L., Tutarel O., Van Der Meer P., Wojakowski W., Zacharowski K. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J.* 2022;43(39):3826-3924. PMID: 36017553. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad270>
6. Monnet X., Marik P.E., Teboul J.L. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care.* 2016;6(1):111. PMID: 27858374; PMCID: PMC5114218. <https://doi.org/10.1186/s13613-016-0216-7>
7. Saugel B., Vincent J.L. Cardiac output monitoring: How to choose the optimal method for the individual patient. *Curr Opin Crit Care.* 2018;24(3):165172. PMID: 29621027. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000492>
8. Hasanin A. Fluid responsiveness in acute circulatory failure. *J Intensive Care.* 2015;3:50. PMID: 26594361; PMCID: PMC4653888. <https://doi.org/10.1186/s40560-015-0117-0>
9. Паромов К.В., Волков Д.А., Киров М.Ю. Восприимчивость к инфузионной нагрузке на фоне регионарной анестезии после коронарного шунтирования на работающем сердце. *Общая реаниматология.* 2023;19(5):31-38. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-5-2352>
10. Monnet X., Teboul J.L. Passive leg raising: five rules, not a drop of fluid! *Crit Care.* 2015;19(1):18. PMID: 25658678; PMCID: PMC4293822. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0708-5>
11. Monnet X., Shi R., Teboul J.L. Prediction of fluid responsiveness. What's new? *Ann Intensive Care.* 2022;12(1):46. PMID: 35633423; PMCID: PMC9148319. <https://doi.org/10.1186/s13613-022-01022-8>
12. Hutton B., Salanti G., Caldwell D.M., Chaimani A., Schmid C.H., Cameron C., Ioannidis J.P., Straus S., Thorlund K., Jansen J.P., Mulrow C., Catalá-López F., Gøtzsche P.C., Dickersin K., Boutron I., Altman D.G., Moher D. The PRISMA extension statement for reporting of systematic reviews incorporating network meta-analyses of health care interventions: checklist and explanations. *Ann Intern Med.* 2015;162(11):777-84. PMID: 26030634. <https://doi.org/10.7326/M14-2385>
13. Higgins J.P.T., Green S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions | Cochrane Training. *Handbook.* <https://training.cochrane.org/handbook> [accessed 11 ноябрь 2024 г.]
14. Literature Map Software for Lit Reviews & Research | Litmaps.
15. Luo D., Wan X., Liu J., Tong T. Optimally estimating the sample mean from the sample size, median, mid-range, and/or mid-quartile range. *Stat Methods Med Res.* 2018;27(6):1785-1805. PMID: 27683581. <https://doi.org/10.1177/0962280216669183>
16. Wan X., Wang W., Liu J., Tong T. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range. *BMC Med Res Methodol.* 2014;14:135. PMID: 25524443; PMCID: PMC4383202. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-135>
17. Nikolakopoulou A., Higgins J.P.T., Papakonstantinou T., Chaimani A., Giovane C. Del., Egger M., Salanti G. Cinema: An approach for assessing confidence in the results of a network meta-analysis. *PLoS Med.* 2020;17(4):e1003082. PMID: 32243458. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1003082>
18. Papakonstantinou T., Nikolakopoulou A., Higgins J.P.T., Egger M., Salanti G. CINeMA: Software for semiautomated assessment of the confidence in the results of network meta-analysis. *Campbell Syst Rev.* 2020;16(1):e1080. PMID: 37131978; PMCID: PMC8356302. <https://doi.org/10.1002/cl2.1080>
19. Chiochia V., Nikolakopoulou A., Higgins J.P.T., Page M.J., Papakonstantinou T., Cipriani A., Furukawa T.A., Siontis G.C.M., Egger M., Salanti G. ROB-MEN: a tool to assess risk of bias due to missing evidence in network meta-analysis. *BMC Med.*

- 2021;19(1):304. PMID: 34809639; PMCID: PMC8609747.
<https://doi.org/10.1186/s12916-021-02166-3>
20. Owen R.K., Bradbury N., Xin Y., Cooper N., Sutton A. MetaInsight: An interactive web-based tool for analyzing, interrogating, and visualizing network meta-analyses using R-shiny and netmeta. *Res Synth Methods*. 2019;10(4):569-581. PMID: 31349391; PMCID: PMC6973101. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1373>
21. Nevill C.R., Cooper N.J., Sutton A.J. A multifaceted graphical display, including treatment ranking, was developed to aid interpretation of network meta-analysis. *J Clin Epidemiol*. 2023;157:83-91. PMID: 36870376.
<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2023.02.016>
22. Whiting P.F., Rutjes A.W., Westwood M.E., Mallett S., Deeks J.J., Reitsma J.B., Leeflang M.M., Sterne J.A., Bossuyt P.M.; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011;155(8):529-36. PMID: 22007046.
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
23. Elsayed A.I., Selim K.A., Zaghlal H.E., Mowafy H.E., Fakher M.A. Comparison of changes in PPV using a tidal volume challenge with a passive leg raising test to predict fluid responsiveness in patients ventilated using low tidal volume. *Indian J Crit Care Med*. 2021;25(6):685-690. PMID: 34316150; PMCID: PMC8286417.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23875>
24. Si X., Cao D.Y., Chen J., Wu J.F., Liu Z.M., Xu H.L., Chen M.Y., Liu Y.J., Guan X.D. Effect of Systolic Cardiac Function on Passive Leg Raising for Predicting Fluid Responsiveness: A Prospective Observational Study. *Chin Med J (Engl)*. 2018;131(3):253-261. PMID: 29363638; PMCID: PMC5798044.
<https://doi.org/10.4103/0366-6999.223841>
25. Monge García M.I., Gil Cano A., Gracia Romero M., Monterroso Pintado R., Pérez Madueño V., Díaz Monrové J.C. Non-invasive assessment of fluid responsiveness by changes in partial end-tidal CO₂ pressure during a passive leg-raising maneuver. *Ann Intensive Care*. 2012;2:9. PMID: 22449292; PMCID: PMC3327636. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-9>
26. Monnet X., Bataille A., Magalhaes E., Barrois J., Le Corre M., Gosset C., Guerin L., Richard C., Teboul J.L. End-tidal carbon dioxide is better than arterial pressure for predicting volume responsiveness by the passive leg raising test. *Intensive Care Med*. 2013;39(1):93-100. PMID: 22990869.
<https://doi.org/10.1007/s00134-012-2693-y>
27. Lakhal K., Ehrmann S., Runge I., Benzekri-Lefevre D., Legras A., Dequin P.F., Mercier E., Wolff M., Regnier B., Boulain T. 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):940-8. PMID: 20111858. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1755-2>
28. Wu J., Wang Z., Wang T., Yu T., Yuan J., Zhang Q., Lu W., Zhang X. 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. PMID: 29506842.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.12.014>
29. Zhao Z., Zhang Z., Lin Q., Shen L., Wang P., Zhang S., Xia Z., Li F., Xing Q., Zhu B. Changes in the Cardiac Index Induced by Unilateral Passive Leg Raising in Spontaneously Breathing Patients: A Novel Way to Assess Fluid Responsiveness. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:862226. PMID: 35479952; PMCID: PMC9035785.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.862226>
30. Taccheri T., Gavelli F., Teboul J.L., Shi R., Monnet X. Do changes in pulse pressure variation and inferior vena cava distensibility during passive leg raising and tidal volume challenge detect preload responsiveness in case of low tidal volume ventilation? *Crit Care*. 2021;25(1):110. PMID: 33736672; PMCID: PMC7972024.
<https://doi.org/10.1186/s13054-021-03515-7>
31. Xu J., Peng X., Pan C., Cai S., Zhang X., Xue M., Yang Y., Qiu H. Fluid responsiveness predicted by transcutaneous partial pressure of oxygen in patients with circulatory failure: a prospective study. *Ann Intensive Care*. 2017;7(1):56. PMID: 28536944; PMCID: PMC5442033. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0279-0>
32. Marik P.E., Levitov A., Young A., Andrews L. The use of bioresistance and carotid Doppler to determine volume responsiveness and blood flow redistribution following passive leg raising in hemodynamically unstable patients. *Chest*. 2013;143(2):364-370. PMID: 22910834. <https://doi.org/10.1378/chest.12-1274>
33. Saugel B., Kirsche S.V., Hapfelmeier A., Phillip V., Schultheiss C., Schmid R.M., Huber W. Prediction of fluid responsiveness in patients admitted to the medical intensive care unit. *J Crit Care*. 2013;28(4):537.e1-9. PMID: 23142517.
<https://doi.org/10.1016/j.jccr.2012.10.008>
34. Monnet X., Osman D., Ridet C., Lamia B., Richard C., Teboul J.L. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care Med*. 2009;37(3):951-6. PMID: 19237902.
<https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181968fe1>
35. Monnet X., Rienzo M., Osman D., Anguel N., Richard C., Pinsky M.R., Teboul J.L. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*. 2006;34(5):1402-7. PMID: 16540963.
<https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000215453.11735.06>
36. Préau S., Saulnier F., Dewavrin F., Durocher A., Chagnon J.L. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med*. 2010;38(3):819-25. PMID: 20016380.
<https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181c8fe7a>
37. Krige A., Bland M., Fanshawe T. Fluid responsiveness prediction using Vigileo FloTrac measured cardiac output changes during passive leg raise test. *J Intensive Care*. 2016;4:63. PMID: 27721980; PMCID: PMC5052799. <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0188-6>
38. Ma G.G., Tu G.W., Zheng J.L., Zhu D.M., Hao G.W., Hou J.Y., Su Y., Luo J.C., Liu K., Luo Z. Changes in Stroke Volume Variation Induced by Passive Leg Raising to Predict Fluid Responsiveness in Cardiac Surgical Patients With Protective Ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;34(6):1526-1533. PMID: 31753747.
<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.10.002>
39. Alvarado Sánchez J.I., Caicedo Ruiz J.D., Diaztagle Fernández J.J., Cruz Martínez L.E., Carreño Hernández F.L., Santacruz Herrera C.A., Ospina-Tascón G.A. Variables influencing the prediction of fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27(1):361. PMID: 37730622; PMCID: PMC10510289.
<https://doi.org/10.1186/s13054-023-04629-w>
40. Cherpanath T.G., Hirsch A., Geerts B.F., Lagrand W.K., Leeflang M.M., Schultz M.J., Groeneveld A.B. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: A systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials. *Crit Care Med*. 2016;44(5):981-91. PMID: 26741579.
<https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001556>
41. 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. PMID: 26825952.
<https://doi.org/10.1007/s00134-015-4134-1>
42. Shahoud J.S., Sanvictores T., Aeddula N.R. *Physiology, Arterial Pressure Regulation*. 2023 Aug 28. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. PMID: 30860744.
43. Lakhal K., Ehrmann S., Benzekri-Lefevre D., Runge I., Legras A., Dequin P.F., Mercier E., Wolff M., Regnier B., Boulain T. Brachial cuff measurements of blood pressure during passive leg raising for fluid responsiveness prediction. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2012;31(5):e67-72. PMID: 22464162.
<https://doi.org/10.1016/j.annfar.2012.01.032>