



Тест с пассивным подъемом нижних конечностей – оптимальная методика проведения. Систематический обзор и мета-анализ (обзор литературы)

Л. Б. БЕРИКАШВИЛИ, И. В. КУЗНЕЦОВ, П. А. ПОЛЯКОВ, М. Я. ЯДГАРОВ, П. В. РЫЖКОВ, А. А. ЯКОВЛЕВ, Е. М. КОРОЛЕНКО, В. В. ЛИХВАНЦЕВ*

Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 23.10.2024 г.; дата рецензирования 16.11.2024 г.

РЕЗЮМЕ

Введение. Тест с пассивным подъемом нижних конечностей (PLR-тест) – один из наиболее распространенных диагностических тестов для оценки реакции на инфузионную нагрузку. Однако не существует общепринятой методики, описывающей детали его проведения.

Цель – определить критерии выполнения PLR-теста, основываясь на диагностической точности различных вариантов.

Материалы и методы. Проведен систематический обзор и метаанализ проспективных когортных исследований, изучающих диагностическую точность различных вариантов проведения PLR-теста. Первичная конечная точка – площадь под ROC-кривой (AUROC). Поиск публикаций проводился до марта 2024 г. и был дополнен методом «снежного кома». Для оценки влияния ковариат использовалась одномерная метарегрессия. Риск систематической ошибки оценивали с помощью QUADAS-2, уровень доказательств – с помощью подхода GRADE.

Результаты. В метаанализ включено 33 проспективных когортных исследования, 1607 пациентов реанимационного профиля. AUROC (PLR-тест) = 0,882 [0,849; 0,916] (средний уровень доказательств). Трансторакальная, трансэзофагеальная эхокардиография, транспульмональная термодилуция и анализ контура пульсовой волны сопоставимы как методы оценки сердечной гемодинамики при проведении PLR-теста, $p = 0,253$ (средний уровень доказательств). Оценка показателей сердечной гемодинамики в течение первых 2 мин от начала проведения PLR-теста увеличивает диагностическую точность (высокий уровень доказательств). Начальное положение тела (низкое положение Фаулера, горизонтальное положение на спине) при проведении PLR-теста не влияет на диагностическую точность (низкий уровень доказательств). Базовые ковариаты (возраст, пол) не влияют на диагностическую точность PLR-теста у реанимационных пациентов (высокий уровень доказательств).

Заключение. Для оценки восприимчивости реанимационных пациентов к инфузионной нагрузке рекомендуется проведение PLR-теста с оценкой изменений показателей внутрисердечной гемодинамики любым из основных методов в течение 2 мин от начала теста. Предпочтительным исходным положением тела при проведении PLR-теста является низкое положение Фаулера.

Ключевые слова: восприимчивость к инфузионной нагрузке, тест с пассивным подъемом ног, метаанализ

Для цитирования: Берикашвили Л. Б., Кузнецов И. В., Поляков П. А., Ядгаров М. Я., Рыжков П. В., Яковлев А. А., Короленок Е. М., Лихванцев В. В. Тест с пассивным подъемом нижних конечностей – оптимальная методика проведения. Систематический обзор и мета-анализ (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 129–150. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-1-129-150>.

Passive leg raising test – optimal methodology. A systematic review and meta-analysis (literature review)

LEVAN B. BERIKASHVILI, IVAN V. KUZNETSOV, PETR A. POLYAKOV, MIKHAIL YA. YADGAROV, PAVEL V. RYZHKOV, ALEXEY A. YAKOVLEV, ELIZAVETA M. KOROLENOK, VALERY V. LIKHVANTSEV*

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation, Moscow, Russia

Received 23.10.2024; review date 16.11.2024

ABSTRACT

Introduction. The passive leg raising (PLR test) test is a widely used diagnostic test for assessing fluid responsiveness. However, there is no generally accepted methodology describing the details of its implementation.

The objective was to establish criteria for conducting the PLR test based on the diagnostic accuracy of various variations.

Materials and methods. A systematic review and meta-analysis included prospective cohort studies that evaluated the diagnostic accuracy of different PLR test variations. The primary endpoint was the area under the ROC curve (AUROC). The search was conducted up to March 2024 and included «snowball» method. The covariate influence was assessed via univariate meta-regression. The risk of bias was evaluated using QUADAS-2, and evidence certainty was assessed with GRADE.

Results. The meta-analysis included 33 prospective cohort studies, 1,607 critically ill patients. The AUROC for the PLR test was 0.882 [0.849; 0.916] (moderate certainty of evidence). Transthoracic and transesophageal echocardiography, transpulmonary thermodilution, and pulse contour analysis showed comparable results for assessing cardiac hemodynamics during PLR test, $p = 0.253$ (moderate certainty of evidence). Evaluating hemodynamic changes within the first two minutes of the PLR test increased diagnostic accuracy (high certainty of evidence). The starting body position (low Fowler's position or supine) during the PLR test did not impact diagnostic accuracy (low certainty of evidence). Baseline covariates (age and gender) had no effect on diagnostic accuracy of the PLR test in critically ill patients (high certainty of evidence).

Conclusion. For assessing fluid responsiveness in critically ill patients, the PLR test should include intracardiac hemodynamic assessment within two minutes using any common method. Low Fowler's position is preferable starting position of the body for PLR test.

Keywords: fluid responsiveness, passive leg raising test, meta-analysis

For citation: Berikashvili L. B., Kuznetsov I. V., Polyakov P. A., Yadgarov M. Ya., Ryzhkov P. V., Yakovlev A. A., Korolenok E. M., Likhvantsev V. V. Passive leg raising test – optimal methodology. A systematic review and meta-analysis (literature review). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, Vol. 22, № 1, P. 129–150. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-1-129-150>.

Введение

Инфузионная терапия (ИТ) – едва ли не самый распространенный метод лечения в интенсивной терапии [73]. Гипотензия различного генеза, нарушения водно-электролитного состояния, шоки – вот далеко не полный перечень состояний, коррекция которых требует применения инфузионной терапии. Однако бесконтрольное применение ИТ чревато развитием объемной перегрузки сердца, манифестирующей отеком легких и гипотензией [27, 77].

Именно поэтому согласно большинству современных клинических рекомендаций для начала обсуждаемого лечения следует определить «восприимчивость (responsiveness) к инфузионной нагрузке», которая определяется как способность сердечно-сосудистой системы пациента увеличивать сердечный выброс в ответ на инфузию жидкости [23, 57]. Данный термин, безусловно, тесно связан с понятием «гиповолемия», однако однозначного соответствия между ними нет. Так, пациент может быть респондером, находясь в состоянии нормоволемии, равно как и пациент в относительной гиповолемии не всегда отвечает увеличением сердечного выброса в ответ на объемную нагрузку [24].

Одним из недостатков теста с объемной нагрузкой является его необратимость: введенный объем не так просто вывести из организма в случае возникновения осложнения. Классическим примером является развитие отека легких при минимальной объемной нагрузке у пациентов с латентной или незамеченной сердечной недостаточностью [74]. Поэтому исследователями разработан ряд методов оценки восприимчивости пациентов к инфузионной терапии без непосредственной объемной нагрузки [6, 29, 40, 80]. Наиболее простым из них является тест с пассивным подъемом нижних конечностей (passive leg raising test, PLR-тест) [53], при котором происходит кратковременное и *обратимое* увеличение венозного возврата к сердцу от нижних конечностей [2, 58]. Преимущества данного диагностического метода заключаются в его безопасности, простоте выполнения, ограниченном времени, необходимости для оценки результата, а также в отсутствии необходимости фактического проведения инфузионной терапии [5, 56].

Однако, несмотря на длительный период использования PLR-теста в клинической практике, не существует общепринятой методики, которая точно описывает принцип его проведения с точки зрения доказательной медицины. Целью данной работы было определить принципы проведения PLR-теста, основываясь на диагностической точности различных вариантов его выполнения.

Материалы и методы

Исследование было проведено в соответствии с рекомендациями для систематических обзоров и метаанализов (Preferred Reporting Items for

Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA) [39] и руководствами Кокрановского сообщества [25]. Протокол метаанализа был проспективно зарегистрирован на Международной платформе для регистрации протоколов систематических обзоров и метаанализов (INPLASY) под регистрационным номером INPLASY ID: 2024100075 (doi: 10.37766/inplasy2024.10.0075). Заполненный чек-лист PRISMA представлен в табл. 1.

1. Стратегия поиска

Для выявления подходящих исследований был проведен систематический поиск, охватывающий статьи, опубликованные до марта 2024 г. Поиск провели два независимых исследователя в базе данных PubMed (Medline). Дополнительно авторы использовали семантический анализ на основе искусственного интеллекта, методы прямого и обратного «снежного кома» (snowballing) с использованием веб-приложения Litmaps по трем направлениям: 1) наиболее часто цитируемые источники и ссылки, 2) общие авторские шаблоны, 3) схожесть содержания аннотаций и заголовков [83]. Ограничения по языку публикации не применялись. Подробная стратегия и поисковой запрос изложены в табл. 2.

2. Критерии соответствия и отбор исследований

После исключения дублирующихся записей два исследователя независимо проводили скрининг оставшихся публикаций на предмет соответствия, ориентируясь на их названия и аннотации с использованием критериев «PICOS», которые подробно описаны в табл. 2. Критерии включения: 1) проспективные когортные исследования; 2) исход – диагностическая точность теста пассивного поднятия нижних конечностей (PLR-теста) относительно ответа на инфузионную терапию у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ); 3) «золотой стандарт» оценки ответа на инфузионную терапию – проба с инфузионной нагрузкой (FC, англ. fluid challenge); 4) метод оценки эффекта PLR-теста – показатели сердечной гемодинамики. Окончательное включение в исследование было определено после полнотекстового анализа статей. Исследования исключали, если они соответствовали одному из следующих критериев: 1) обзорные статьи, отчеты о клинических случаях или письма в редакцию; 2) «золотым стандартом» не является тест с инфузионной нагрузкой; 3) оценки эффекта PLR-теста не основываются на показателях сердечной гемодинамики; 4) оценка диагностической точности PLR-теста при использовании методов искусственного кровообращения; 5) здоровые добровольцы; 6) нет данных о требуемых исходах.

Любые разногласия разрешались путем консультации с участием дополнительного эксперта для предотвращения «нейтрального» результата.

Таблица 1. Чек-лист PRISMA
Table 1. PRISMA checklist

Раздел/тема	№	Пункт контрольного листа	Местоположение
<i>Название</i>			
Название	1	Идентифицируйте отчет как систематический обзор	Титульный лист
<i>Резюме</i>			
Резюме	2	Смотри контрольный лист PRISMA 2020 for Abstracts	Аннотация
<i>Введение</i>			
Обоснование	3	Опишите обоснование обзора в контексте того, что уже известно	Введение
Цели	4	Точно изложите основные цели или вопросы, на которые направлен обзор	Введение
<i>Методы</i>			
Критерии приемлемости	5	Укажите критерии включения и исключения для обзора и то, как исследования были сгруппированы для синтезов	Критерии соответствия и отбор исследований
Источники информации	6	Укажите все базы данных, реестры, веб-сайты, организации, списки литературы и другие источники, в которых проводился поиск или консультации для определения исследований. Укажите дату последнего поиска или обращения к каждому источнику	Стратегия поиска
Поиск	7	Представьте полный отчет поиска по всем базам данных, регистров и веб-сайтов, включая любые использованные фильтры и ограничения	Табл. 2
Отбор исследований	8	Укажите методы, используемые для определения того, соответствует ли исследование критериям включения в обзор, в том числе укажите, сколько рецензентов проверили каждую запись и каждый полученный отчет, работали ли они независимо и, если применимо, обозначьте подробные сведения об инструментах автоматизации, используемых в процессе	Критерии соответствия и отбор исследований
Процесс сбора данных	9	Укажите методы извлечения данных из отчетов и процесс получения и подтверждения данных от исследователей, в том числе укажите, сколько рецензентов собирали данные из каждого отчета и работали ли они независимо и, если применимо, обозначьте подробные сведения об инструментах автоматизации, используемых в процессе	Извлечение данных и конечные точки
Данные	10a	Перечислите и определите все исходы, для которых осуществлялся поиск данных. Укажите, все ли результаты, которые были совместимы с каждой областью переменных в каждом исследовании, были запрошены (например, для всех показателей, временных точек, анализов). Если этого нет, то укажите методы, использованные для принятия решения о том, какие результаты собирать	Извлечение данных и конечные точки
	10b	Перечислите и определите другие переменные, для которых осуществлялся поиск данных (например, характеристики участников и вмешательства, источники финансирования) и любые предположения относительно недостающей или неясной информации	Извлечение данных и конечные точки
Риск предвзятости в отдельных исследованиях	11	Опишите методы, использованные для оценки риска предвзятости отдельных исследований, включая подробную информацию об использованном(ых) инструменте(ах), укажите сколько рецензентов оценивали каждое исследование и работали ли они независимо, и, если применимо, обозначьте подробные сведения об инструментах автоматизации, используемые в процессе	Внутренняя валидность и оценка риска систематической ошибки
Обобщенная величина эффекта	12	Укажите для каждого результата обобщенную величину эффекта (например, соотношение рисков, разницу в средних значениях), используемые при синтезе или представлении результатов	Извлечение данных и конечные точки
Синтез результатов	13a	Опишите процессы, используемые для принятия решения о том, какие исследования подходят для каждого синтеза (например, составление таблицы характеристик вмешательства в исследовании и сравнение с запланированными группами для каждого синтеза (пункт 5))	Анализ данных
	13b	Опишите методы, необходимые для подготовки данных для представления или синтеза, такие как обработка сводной статистики для отсутствующих значений или преобразование данных	Анализ данных
	13c	Опишите методы, используемые для составления таблиц или визуального отображения результатов отдельных исследований и синтеза	Анализ данных
	13d	Опишите методы, использованные для синтеза результатов, и предоставьте обоснование выбора(-ов). Если был проведен метаанализ, опишите модель(и), метод(ы) для определения наличия и степени статистической неоднородности и используемый программный пакет(ы)	Анализ данных
	13e	Опишите методы, используемые для изучения возможных причин неоднородности результатов исследования (например, анализ подгрупп, метарегрессия)	Анализ чувствительности
	13f	Опишите анализ чувствительности, проведенный для оценки надежности синтезированных результатов	Анализ чувствительности
Риск предвзятости по всем исследованиям	14	Опишите методы, используемые для оценки риска предвзятости из-за отсутствия результатов в синтезе данных (возникающих из-за систематической ошибки в отчетности)	Внутренняя валидность и оценка риска систематической ошибки
Оценка достоверности	15	Опишите методы, используемые для оценки достоверности (или уверенности) в совокупности доказательств для результата	Внутренняя валидность и оценка риска систематической ошибки

Окончание табл. 1.
End of table 1.

Раздел/тема	№	Пункт контрольного листа	Местоположение
<i>Результаты</i>			
Отбор исследования	16a	Опишите результаты процесса поиска и выбора исследований. Приведите количество исследований, которые были отобраны, оценены на приемлемость и включены в обзор, в идеале в виде блок-схемы	Характеристики исследований
	16b	Укажите исследования, которые были исключены, и объясните, почему они не попали в обзор	Характеристики исследований
Характеристики исследования	17	Для каждого исследования представьте характеристики, по которым были извлечены данные и предоставьте ссылки	Характеристики исследований; табл. 6
Риск предвзятости внутри исследования	18	Представьте данные по риску предвзятости по каждому исследованию, и как она может сказаться на результатах	Табл. 4
Результаты отдельных исследований	19	По всем рассмотренным результатам (польза или вред), предоставьте для каждого исследования (а) простые суммарные данные для каждой группы вмешательства (б) оценку величины эффекта и доверительный / достоверный интервал, в идеале с использованием структурированных таблиц или графиков	Табл. 6
Результаты синтеза	20a	Для каждого синтеза кратко опишите характеристики и риск предвзятости среди участвующих исследований	Характеристики исследований
	20b	Представьте результаты всех проведенных статистических синтезов. Если был проведен метаанализ, представьте для каждого сводную оценку и его точность (например, доверительный / достоверный интервал) и меры статистической неоднородности. При сравнении групп опишите направление эффекта	Табл. 6
	20c	У каждого исследования представьте результаты возможных причин неоднородности результатов этих исследований	Влияние дополнительных ковариат при проведении PLR-теста; рис. 7
	20d	Представьте результаты всех анализов чувствительности, проведенных для оценки надежности полученных результатов	Рис. 3
Риск предвзятости по всем исследованиям	21	Представьте оценку риска предвзятости из-за недостающих результатов (возникающих из-за систематических ошибок в отчетности) по каждому синтезу данных	Табл. 4
Достоверность доказательств	22	Представьте оценку достоверности (или уверенности) в совокупности доказательств по каждой из переменных	Табл. 5
<i>Обсуждение</i>			
Обсуждение	23a	Предоставьте общую интерпретацию результатов в контексте других доказательств	Результаты и обсуждение
	23b	Обсудите ограничения доказательств, включенных в обзор	Результаты и обсуждение
	23c	Обсудите ограничения используемых процессов проверки	Результаты и обсуждение
	23d	Кратко пишите основные результаты, включая силу доказательств для каждого основного результата. Рассмотрите их значимость для медицинских работников, пользователей и директивных органов	Результаты и обсуждение
<i>Другая информация</i>			
Регистрация и протокол	24a	Предоставьте регистрационную информацию для проверки, включая имя и регистрационный номер, или укажите, что обзор не зарегистрирован	Материалы и методы
	24b	Укажите, где можно получить доступ к протоколу обзора, или укажите, что протокол не был подготовлен	Материалы и методы
	24c	Опишите и объясните поправки в информации, предоставленной при регистрации или в протоколе	Материалы и методы
Финансирование	25	Опишите источники финансовой или нефинансовой поддержки для обзора, а также роль спонсоров или спонсоров в обзоре	Финансирование
Конфликт интересов	26	Заявите о любых конкурирующих интересах авторов рецензий	Конфликт интересов
Доступность данных, кода и других материалов	27	Сообщите, какие из следующего общедоступны и где их можно найти: формы для сбора данных; данные, полученные из включенных исследований; данные, используемые для всех анализов; аналитический код; любые другие материалы, использованные в обзоре	Метаданные

Таблица 2. Критерии отбора исследований PICOS
Table 2. Research selection criteria PICOS

PICOS	
Популяция	Взрослые пациенты в ОРИТ
Воздействие	Тест пассивного поднятия нижних конечностей (PLR-тест)
Сравнение	Проба с инфузионной нагрузкой
Исходы	Диагностическая способность теста
Дизайн исследования	Проспективные когортные исследования

Период поиска: до марта 2024 г.
PubMed, MEDLINE: ("fluid responsiveness" OR "fluid resuscitation" OR "volume responsiveness" OR "fluid status" OR "volume status" OR "volemia status") AND ('intensive care' OR 'critical care') AND (caval OR "inferior vena cava" OR IVC OR "passive leg raising" OR PLR OR "fluid challenge" OR "fluid bolus" OR "central venous pressure" OR CVP OR "central venous" OR "pulse pressure variation" OR "stroke volume variation") AND (AUC OR AUROC OR ROC).

3. Извлечение данных и конечные точки

Два исследователя провели независимую оценку и извлечение данных из полнотекстовых рукописей, а также дополнительных или иных файлов всех включенных исследований. Были извлечены следующие данные: 1) общая информация: первый автор, год публикации, количество пациентов; 2) характеристики пациентов; 3) особенности и результаты проведения PLR-теста; 4) метод оценки показателей сердечной гемодинамики при проведении PLR-теста. После независимого извлечения данных исследователи консультировались друг с другом для выявления разногласий и достижения консенсуса посредством обсуждения.

Первичной конечной точкой была площадь под ROC-кривой (AUROC), представляемая с 95% доверительным интервалом (95% ДИ), отражающая диагностическую точность PLR-теста относительно ответа на инфузионную нагрузку у пациентов в ОРИТ. В случае наличия первичных данных только о стандартном отклонении (SD) значения верхней и нижней границы 95% ДИ вычислялись исходя из формулы для доверительного интервала нормального распределения с поправкой на максимально допустимое значение верхней границы для AUROC (не больше 1,0).

4. Анализ данных

Программу STATA 18.0 (StataCorp LLC, Техас, США) использовали как для расчетов, так и для визуализаций данных. Статистическую гетерогенность оценивали с помощью коэффициента I-квадрат (I^2) и теста Кохрана Q. Размер эффекта представлен в виде AUROC с 95% ДИ. Статистическая значимость (p) для проверки гипотез была установлена на уровне 0,05. Модель со случайными эффектами (restricted maximum likelihood random-effects model [REML]) использовали ввиду высокого уровня статистической гетерогенности $I^2 \geq 50\%$ и/или $p < 0,05$ (для гетерогенности).

Одномерная метарегрессия с использованием модели со случайными эффектами REML была выполнена для оценки связи между диагностической точностью PLR-теста (AUROC) и ковариатами (возраст, пол).

5. Анализ чувствительности

Для оценки надежности результатов был проведен анализ чувствительности. Подгрупповой анализ был выполнен на основе различного начального положения тела при проведении PLR-теста (горизонтальное положение тела на спине/низкое положение Фаулера), время от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до измерения показателей гемодинамики (≤ 2 мин/ > 2 мин), метод оценки показателей сердечной гемодинамики.

Для подтверждения надежности результатов мета-анализа было оценено влияние каждого исследования на общий результат с использованием метода поочередного исключения исследований (leave-one-out meta-analysis).

6. Внутренняя валидность и оценка риска систематической ошибки

Риск систематической ошибки оценивался двумя независимыми экспертами с использованием инструмента «Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies» (QUADAS-2) [78]. Результаты оценки были визуализированы с использованием инструмента визуализации риска систематической ошибки [47]. Публикационное смещение (publication bias) и эффекты малых исследований оценивали с помощью теста Эггера и анализа воронкообразных диаграмм [17]. Также был использован систематический подход GRADE для оценки уровня доказательств [84].

Результаты и обсуждение

1. Характеристики исследований. В ходе первоначального поиска было обнаружено 282 статьи, из дополнительных источников было найдено еще 128 статей. После удаления дублей осталось 400 статей. При выполнении процедуры скрининга по аннотациям было отобрано 65 статей для полнотекстовой оценки. В результате изучения статей 32 исследования было исключено. В итоге, в данный систематический обзор и метаанализ было включено 33 исследования (включая 35 когорт пациентов) [3, 8, 26, 28, 32, 34–38, 41, 42, 10, 43, 49–52, 54, 55, 66, 68, 71, 11, 72, 79, 82, 15, 18–22]. Блок-схема, иллюстрирующая процесс отбора статей, представлена на рис. 1.

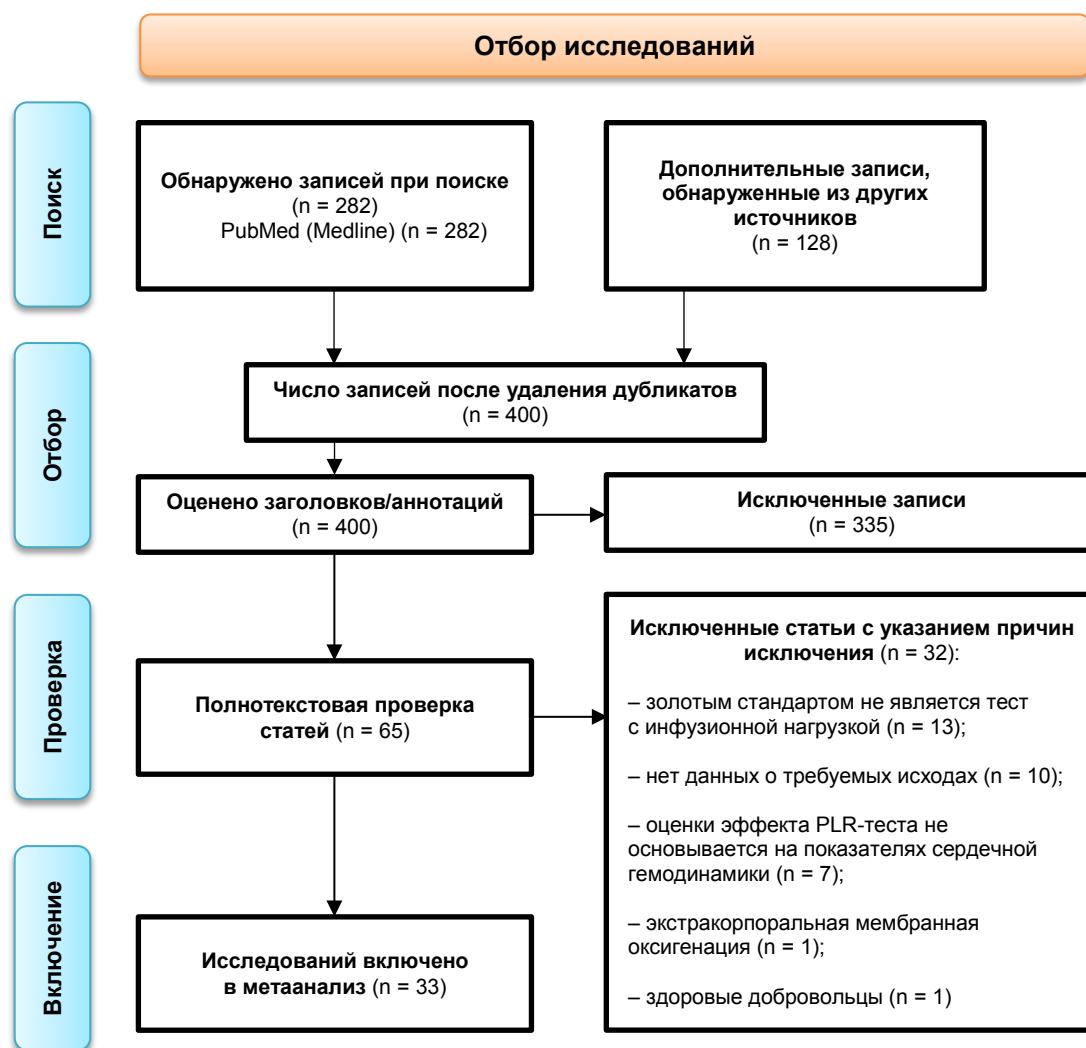


Рис. 1. Блок-схема PRISMA для отбора исследований
Fig. 1. Research selection flow-chart RISMA

В данном метаанализе было проанализировано 1607 пациентов. Основные характеристики исследований, включенных в метаанализ, представлены в табл. 3. Все 33 исследования, включенные в анализ, имели проспективный дизайн. Доля мужчин варьировала от 42 до 82%, средний возраст – от 41 до 71 года. В четырех исследованиях сердечный выброс оценивали с помощью биоимпедансометрии, в 12 – эхокардиографии, в пяти – анализа контура пульсовой волны, и в 10 – использовали транспульмональную термодилуцию. В двух исследованиях применяли несколько методов оценки эффективности PLR-теста на одной когорте пациентов. В 30 исследованиях исходное положение тела при PLR-тесте было с приподнятым головным концом на 30–45 градусов (низкое положение Фаулера), в трех – горизонтальное на спине.

Общий риск систематической ошибки в 33 включенных исследованиях был оценен как «низкий» в 18, «средний» – в 11, «высокий» – в 4 исследованиях (табл. 4). Основные источники систематической ошибки были связаны с не стандартизированной временной точкой оценки эффекта PLR-теста, недостаточным описанием когорты пациентов, низким объемом инфузионной нагрузки.

Тест Эггера обнаружил публикационное смещение для первичной конечной точки исследования ($p < 0,001$).

В соответствии с подходом к оценке уровня доказательств GRADE сформулировано 5 положений, представленных в разделах 3,2–3,6. Качество доказательств по всем положениям представлено в табл. 5.

2. Оценка диагностической точности PLR-теста. PLR-тест обладает высокой диагностической точностью относительно определения восприимчивости к инфузионной нагрузке (средний уровень доказательств). В результате анализа 33 исследований было обнаружено, что диагностическая точность PLR-теста для определения восприимчивости пациентов к инфузионной нагрузке в ОПИТ оказалась высокой: AUROC = 0,882 [0,849; 0,916] (рис. 2, табл. 6).

Метаанализ с поочередным исключением исследований (leave-one-out) продемонстрировал воспроизводимость полученного результата (рис. 3).

Среди наиболее распространенных методов оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке, по своей диагностической точности PLR-тест сопоставим только с тестом с инфузионной нагрузкой

Таблица 3. Характеристики и описание 33 исследований, включенных в метаанализ
Table 3. Characteristics of the 33 studies included in the meta-analysis

№	Исследование	Когорта пациентов	Метод оценки показателей сердечной гемодинамики	Начальное положение тела при проведении PLR-теста	Время от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до измерений	Кол-во пациентов, N	Респондеры, N	Средний возраст, лет	Доля мужчин, %	AUROC [95%ДИ], SD
1	Lafanchere A., 2006 [36]	Пациенты с установленным шоком	ЭхоКГ	Горизонтальное на спине	≤2	22	10	65,8	59,0	0,950 [0,872; 1,000], 0,04
2	Monnet X., 2006 [55]	Пациенты с установленным шоком	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	71	37	58,0	62,0	0,960 [0,921; 0,999], 0,02
3	Lamia B., 2007 [38]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	НД	24	13	65,0	54,0	0,960 [0,882; 1,000], 0,04
4	Maizel J., 2007 [43]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Горизонтальное на спине	≤2	34	17	61,0	56,0	0,900 [0,740; 0,970], НД
5	Biais M., 2009 [11]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	30	20	55,0	70,0	0,960 [0,901; 1,000], 0,03
6	Monnet X., 2009 [54]		Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	30	20	55,0	70,0	0,920 [0,822; 1,000], 0,05
7	Thiel S. W., 2009 [71]	Пациенты с установленным шоком	Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	34	23	НД	НД	0,937 [0,797; 0,990], НД
8	Lakhal K., 2010 [37]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	102	47	59,4	56,9	0,890 [0,812; 0,968], 0,04
9	Préau S., 2010 [66]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	48	16	НД	НД	0,980 [0,890; 0,999], НД
10	Fellahi J. L., 2012 [20]	Пациенты с установленным шоком	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	>2	34	14	53,0	55,9	0,940 [0,862; 1,000], 0,04
11	Monge Garcia M. I., 2012 [49]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Биоимпеданс	Низкое положение Фаулера	≤2	25	14	64,0	68,0	0,810 [0,610; 0,940], НД
12	Monnet X., 2012 [51]		Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	25	14	64,0	68,0	0,720 [0,500; 0,880], НД
13	Monnet X., 2012 [52]	Пациенты с установленным шоком	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	37	21	64,0	43,2	0,970 [0,850; 0,990], 0,03
14	Kupersztynch-Hagege E., 2013 [35]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	28	15	63,0	60,7	0,940 [0,842; 1,000], 0,05
15	Monnet X., 2013 [50]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	39	17	64,0	НД	0,950 [0,880; 0,999], НД
16	Airapetian N., 2015 [3]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	48	19	НД	58,3	0,870 [0,752; 0,988], 0,06
17	Ibarrá-Estrada M. A., 2015 [28]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	40	21	НД	НД	0,980 [0,880; 0,999], НД

Окончание табл. 3
End of table 3

№	Исследование	Когорта пациентов	Метод оценки показателей сердечной гемодинамики	Начальное положение тела при проведении PLR-теста	Время от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до измерений	Кол-во пациентов, N	Респондеры, N	Средний возраст, лет	Доля мужчин, %	AUROC [95%ДИ], SD
18	Kim N., 2015 [32]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	59	29	57,0	51,0	0,780 [0,660; 0,880], 0,06
19	Fischer M. O., 2016 [21]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	>2	59	30	49,0	62,7	0,690 [0,560; 0,800], НД
20	Krüge A., 2016 [34]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	>2	43	15	64,6	41,9	0,771 [0,619; 0,924], НД
21	Corl K. A., 2017 [15]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	78	55	67,0	66,7	0,670 [0,550; 0,770], НД
22	El Hadouti Y., 2017 [22]	Пациенты с установленным шоком	Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	33	10	60,0	45,0	0,850 [0,630; 0,999], НД
23	Xu J., 2017 [79]	Пациенты с установленным шоком	Биоимпеданс	Горизонтальное на спине	>2	124	61	56,6	45,0	0,680 [0,590; 0,780], НД
24	Hofer C. K., 2018 [26]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	41	22	41,0	63,4	0,910 [0,780; 0,970], 0,05
25	Ma G. G., 2018 [41]	Пациенты с установленным шоком	Биоимпеданс	Низкое положение Фаулера	НД	34	14	71,0	61,8	0,960 [0,840; 0,990], НД
26	Si X., 2018 [68]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	>2	34	19	65,8	82,4	0,720 [0,550; 0,890], НД
27	Beurton A., 2019 [10]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	70	35	61,0	62,9	0,910 [0,820; 0,970], НД
28	Trifi A., 2019 [72]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	>2	40	26	58,0	80,0	0,942 [0,868; 1,000], 0,04
29	Ma G. G., 2020 [42]	Пациенты с установленным шоком	Транспульмональная термодиллюция	Низкое положение Фаулера	≤2	30	15	65,0	73,0	0,980 [0,941; 1,000], 0,02
30	Zhu G., 2020 [82]	Пациенты ОРИТ не кардиологического профиля	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	≤2	30	19	49,4	НД	0,837 [0,660; 0,999], 0,04
31	Bataille B., 2021 [8]	Пациенты отделений послеоперационной кардиореанимации	Анализ контура ПВ	Низкое положение Фаулера	≤2	123	63	62,0	76,4	0,930 [0,870; 0,970], НД
32	El Sayed A. I., 2021 [18]	Пациенты с установленным шоком	Биоимпеданс	Низкое положение Фаулера	>2	60	43	НД	НД	0,754 [0,626; 0,856], НД
33	Elwan M. H., 2022 [19]	Пациенты с установленным шоком	ЭхоКГ	Низкое положение Фаулера	НД	50	23	НД	НД	0,770 [0,640; 0,910], НД

Примечание: AUROC – площадь под ROC кривой; ДИ – доверительный интервал; SD – стандартное отклонение; НД – нет данных; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ЭхоКГ – эхокардиография; ПВ – пульсовая волна.

Таблица 4. Риск систематической ошибки (QUADAS-2)
Table 4. Risk of bias (QUADAS-2)

Исследование	Параметры исследования	Точка отсечения	Риск систематической ошибки (QUADAS-2)				Итоговая оценка	Применимость (QUADAS-2)		
			P	I	R	FT		P	I	R
Airapetian N. (2015) [3]	ΔCB (%)	10	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Corl K. A. (2017) [15]	ΔСИ (%)	ND	✓	✗ (нет данных по точке отсеечения)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Hofer C. K. (2018) [26]	ΔУО (%)	10,0	✓	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Fellahi J. L. (2012) [20]	ΔСИ (%) – биоимпеданс	3,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Fellahi J. L. (2012) [20]	ΔСИ (%) – транспульс-мониторная термодилуция	6,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Ibarra-Estrada M. Á. (2015) [28]	ΔИУО (%)	15,0	✓	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Ma G. G. (2018) [41]	ΔУО (%)	12,8	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Lakhal K. (2010) [37]	ΔCB (%)	7,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Monnet X. (2013) [50]	ΔСИ (%)	10,0	✗ (недостаточное описание когорт пациентов)	✓	✓	✗ (необоснованное исключение пациентов)	Высокий	✓	✓	✓
Monge García M. I. (2012) [49]	ΔCB (%)	12,0	✓	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Fischer M. O. (2016) [21]	ΔСИ (%)	3,0	✓	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Zhu G. (2020) [83]	ΔИУО (%)	18,0	✗ (недостаточное описание когорт пациентов)	✓	✓	✗ (нестандартизованный объем инфузионной нагрузки)	Высокий	✓	✓	✓
Elwan M. (2022) [19]	ΔУО (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Ma G. G. (2020) [42]	ΔУО (%)	13,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Krige A. (2016) [34]	ΔCB (%)	9,0	✓	✓	✗ (низкий объем инфузионной нагрузки)	✓	Средний	✓	✓	✓
Triffi A. (2019) [72]	ΔУО (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Kupersztynch-Hagege E. (2013) [35]	ΔСИ (%)	9,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Lafanechère A. (2006) [36]	ΔABF (%)	8,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Biais M. (2009) [11]	ΔУО (%) – анализ контура ПВ	16,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓

Окончание табл. 4
End of table 4

Исследование	Параметры исследования	Точка отсечения	Риск систематической ошибки (QUADAS-2)				Итоговая оценка	Применимость (QUADAS-2)		
			P	I	R	FT		P	I	R
Biais M. (2009) [11]	ΔУО (%) – эхокардиография	13,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Maizel J. (2007) [43]	ΔУО (%)	8,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Lamia B. (2007) [38]	ΔИЛСК (%)	12,5	✓	✗ (отсутствуют данные о временной точке оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Thiel S. W. (2009) [71]	ΔУО (%)	15,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Monnet X. (2013) [50]	ΔСИ (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Préau S. (2010) [66]	ΔУО (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Monnet X. (2012) [51]	ΔABF (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Monnet X. (2012) [52]	ΔСИ (%)	10,0	✗ (недостаточное описание когорты пациентов)	✓	✓	✓	Средний	✓	✓	✓
Monnet X. (2012) [53]	ΔСИ (%)	11	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Kim N. (2016) [32]	ΔИУО (%)	7,3	✓	✓	✗ (низкий объем инфузионной нагрузки)	✓	Средний	✓	✓	✓
El Hadouh Y. (2017) [22]	ΔСВ (%)	11,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Xu J. (2017) [79]	ΔУО (%)	10,0	✓	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✗ (низкий объем инфузионной нагрузки)	✓	Высокий	✓	✓	✓
Si X. (2018) [68]	ΔУО (%)	12,0	✓	✓	✗ (низкий объем инфузионной нагрузки)	✓	Средний	✓	✓	✓
Beurton A. (2019) [10]	ΔСИ (%)	10,0	✓	✓	✓	✓	Низкий	✓	✓	✓
Elsayed A. I. (2021) [18]	ΔСВ (%)	6,5	✓	✓	✗ (низкий объем инфузионной нагрузки)	✓	Средний	✓	✓	✓
Bataille B. (2021) [8]	ΔИЛСК (%)	10,0	✗ (недостаточное описание когорты пациентов)	✗ (нестандартизованная временная точка оценки эффекта PLR теста)	✓	✓	Высокий	✓	✓	✓

Примечание: P – отбор пациентов (patient selection); I – индекс-тест (index test); R – золотой стандарт (reference standard); FT – соблюдение процедуры и тайминга (flow and timing); СВ – сердечный выброс; СИ – сердечный индекс; УО – ударный объем; ABF – аортальный индекс; АБФ – аортальный индекс; ИЛСК – индекс ударного объема; ИУО – индекс ударного объема; ИЛСК – интеграл линейной скорости кровотока; ПВ – пульсовая волна; PLR – тест с пассивным подъемом нижних конечностей (passive leg raising); ND – нет данных; ✓ – соответствует низкому риску; ✗ – соответствует высокому риску.

Таблица 5. Оценка уровня доказательств GRADE
Table 5. Certainty of evidence assessment GRADE

Положение	Количество пациентов и исследований	Риск bias	Неоднородность (Inconsistency)	Косвенность (Indirectness)	Неточность (Imprecision)	Publication bias	Повышение	Уровень доказательств
Диагностическая точность Положение: PLR-тест обладает высокой диагностической точностью относительно определения восприимчивости к инфузионной нагрузке AUROC 0,882 (0,849; 0,916); $I^2 = 77,8\%$	1607, 33 исследования	Нет опасений (0)	Статистическая неоднородность (-1)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Да (-1)	«Plausible confounding»: влияние дополнительных ковариат* (+1)	⊕⊕⊕⊕ Средний
Методы оценки сердечной гемодинамики Положение: Основные методы оценки сердечной гемодинамики сопоставимы между собой при проведении PLR теста AUROC = 0,875–0,931; $p = 0,253$; $I^2 = 67,08\%$	1327, 30 исследований	Нет опасений (0)	Статистическая неоднородность (-1)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет (0)	⊕⊕⊕⊕ Средний
Стандарт проведения PLR-теста Положение: Метод проведения PLR теста не влияет на диагностическую точность теста AUROC1 0,888 (0,855; 0,921); $I^2 = 74,91\%$ AUROC2 0,841 (0,671; 0,100); $I^2 = 87,15\%$ $p = 0,597$	1607, 33 исследования	Нет опасений (0)	Статистическая неоднородность (-1)	Нет опасений (0)	Клинически значимая неточность (-1)	Нет опасений (0)	Нет (0)	⊕⊕⊕⊕ Низкий
Время оценки сердечной гемодинамики Положение: Оценка показателей сердечной гемодинамики в течение первых 2 минут от начала проведения PLR-теста увеличивает диагностическую точность теста AUROC (≤ 2 мин) 0,921 (0,895; 0,947); $I^2 = 49,92\%$ AUROC (> 2 мин) 0,773 (0,683; 0,864); $I^2 = 87,15\%$, $p = 0,002$	1533, 32 исследования	Нет опасений (0)	Статистическая неоднородность (-1)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Значительная величина различий (Δ нижних границ 95% ДИ (AUROC) $> 0,2$) (+1)	⊕⊕⊕⊕ Высокий
Ковариаты при проведении теста Положение: Базовые ковариаты (возраст и пол) не влияют на прогностическое качество PLR теста у реанимационных пациентов Мета регрессия для возраста: $p = 0,682$ Мета регрессия для пола: $p = 0,216$	1607, 33 исследования	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет опасений (0)	Нет (0)	⊕⊕⊕⊕ Высокий

Примечание: AUROC – площадь под ROC-кривой; ДИ – доверительный интервал; PLR – passive leg raising; UROC1 – AUROC при проведении PLR-теста из низкого положения Фаулера; AUROC2 – AUROC при проведении PLR-теста из горизонтального положения. Базовый уровень доказательств был высоким; * – гетерогенность условий проведения и оценки PLR-теста.

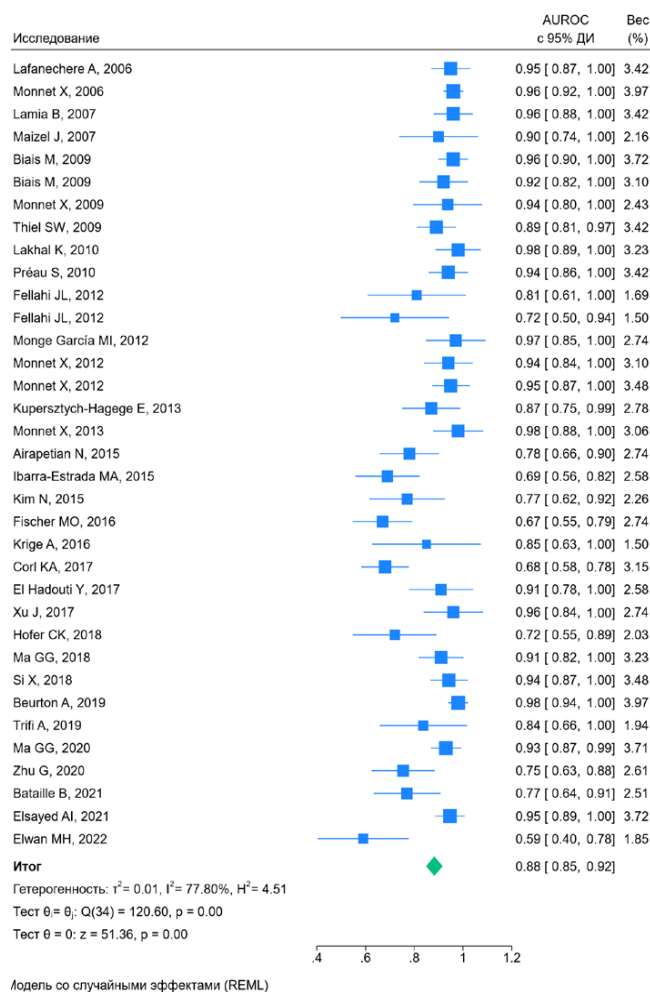


Рис. 2. Диаграмма «forest-plot», отражающая диагностическую точность PLR-теста
Fig. 2. Forest-plot graph for PLR-test diagnostic accuracy

(AUROC 0,90) [4]. Одновременно с этим, он превосходит такие распространенные диагностические методики, как респираторные вариации диаметра нижней полой вены (AUROC 0,71) или определение центрального венозного давления, AUROC которого составляет всего 0,56, согласно данным метаанализа Р. Е. Marik et al. (2013) [44, 61].

Поскольку PLR является неинвазивным тестом, его использование предпочтительнее теста, требующего проведения инфузии, поскольку не связано с риском перегрузки жидкостью [14, 27]. Перегрузка жидкостью оказывает негативное воздействие практически на все системы органов, включая желудочно-кишечный тракт, печень, сердечно-сосудистую систему, центральную нервную систему, кожу и мягкие ткани [1, 60]. Так, перегрузка объемом правых отделов сердца приводит к перерастяжению правого желудочка, снижению его сократимости и, как следствие, к снижению сердечного выброса, за которым следует нарушение перфузии органов и тканей [75]. Более того, А. S. Messmer et al. (2020) в своем метаанализе, включающем 31 076 пациентов, показали, что перегрузка жидкостью и положительный кумулятивный баланс жидкости связаны с повышенной летальностью в общей популяции и определенных

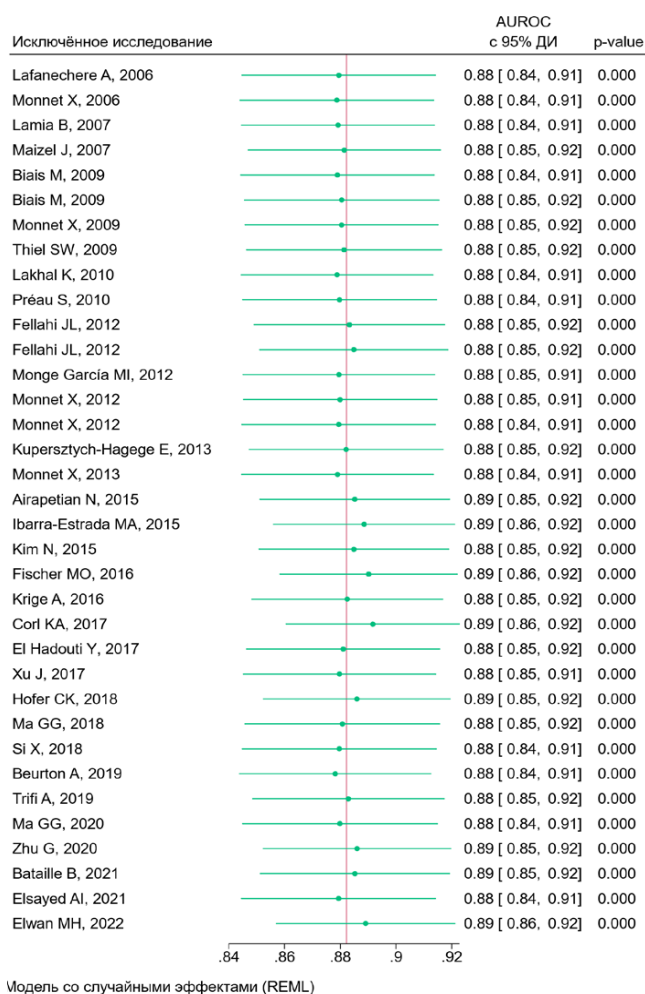


Рис. 3. Метаанализ с поочередным исключением исследований (leave one out)
Fig. 3. Leave one out meta-analysis

подгруппах пациентов в критическом состоянии [48]. Таким образом, использование PLR-теста представляется предпочтительным в сравнении с «тестом с объемной нагрузкой», как по соображениям эффективности и точности, так и безопасности.

Существует несколько вариантов проведения PLR-теста в зависимости от параметра, используемого для оценки эффекта. Применяются как методы, основанные на изменении сердечного выброса (оценка сердечного индекса, ударного объема, индекса ударного объема, показатели аортального кровотока), так и основанные на оценке внекардиальных параметров (респираторные вариации нижней полой вены, вариации пульсового давления, неинвазивная оценка систолического и среднего давлений, частота сердечных сокращений, оценка, основанная на изменении респираторных показателей (например, вариации значений CO_2 на выдохе) и др.) [37, 42, 45, 49, 50, 54, 55, 68, 70]. По-видимому, предпочтение следует отдать именно внутрикардиальным параметрам, поскольку, с одной стороны, изменение внутрисердечной гемодинамики является прямым следствием увеличения венозного возврата в результате проведения PLR-теста [58], с другой стороны, по результатам проведенных оригинальных

исследований и метаанализов, оценка показателей сердечной функции при проведении PLR-теста обладает более высокой диагностической точностью в сравнении с оценкой экстракардиальных параметров [12, 53, 58, 64].

3. Метод оценки показателей сердечной гемодинамики при проведении PLR-теста. Основные методы оценки сердечной гемодинамики сопоставимы между собой при проведении PLR-теста (средний уровень доказательств). Подгрупповой анализ относительно метода оценки показателей сердечной гемодинамики продемонстрировал статистически значимые различия ($p = 0,031$; рис. 4, табл. 6). При исключении из анализа статей, где сердечный выброс определялся методом биоимпеданса, статистически значимой разницы между эхокардиографией, анализом контура пульсовой волны и транспульмональной термодилуцией не обнаружено ($p = 0,253$; рис. 4). Крайне важно отметить, что в 11 из 13 исследуемых работ была проведена трансторакальная эхокардиография, а в двух – чреспищеводная. Статистически значимой разницы в диагностической точности PLR-теста между видами эхокардиографии не обнаружено ($p = 0,085$).

На основании полученных результатов со средним уровнем доказательств можно утверждать, что основные методы оценки внутрисердечной гемодинамики (транспульмональная термодилуция, эхокардиография и анализ контура пульсовой волны) сопоставимы между собой при проведении PLR-теста. Крайне важным выводом является то, что для достоверной оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке не обязательно применение инвазивных методов оценки внутрисердечной гемодинамики. Более того, применение трансторакальной эхокардиографии дает такое же качество оценки, как и транспульмональная термодилуция или анализ контура пульсовой волны. Кроме того, диагностическое качество эхокардиографии имеет низкую гетерогенность, что позволяет нам быть более уверенными в высокой диагностической точности метода. Данный факт существенно расширяет технические возможности применения данного теста, а также исключает риски возможных осложнений, поскольку инвазивные методы гемодинамического мониторинга, такие как транспульмональная термодилуция и анализ контура пульсовой волны, сопряжены с риском развития ряда осложнений, включая кровотечение, инфекционные осложнения, ишемию и тромбоз [31, 46, 59, 67].

Однако при проведении PLR-теста мы не рекомендуем использовать биоимпеданс ввиду низкой диагностической точности метода.

Полученные результаты обладают высокой клинической значимостью, так как в данном исследовании впервые было проведено сравнение методов оценки внутрисердечной гемодинамики при проведении PLR-теста между собой с точки зрения диагностической точности, дополненное оценкой уровня доказательств (уверенности в результате). До насто-

Таблица 6. Исходы и анализ чувствительности
Table 6. Outcomes and sensitivity analysis

№	Подгруппы	Включенные исследования, N	Включенные наблюдения, N	Нол-во пациентов в исследовании, N	Нол-во пациентов в наблюдениях, N	AUROC [95%ДИ]	I ² , %	Гетерогенность, p	Сравнение подгрупп, p
1	Все исследования	33	35	1607	1662	0,882 [0,849; 0,916]	77,8	<0,001	
2	Биоимпеданс	5	5	280	280	0,763 [0,639; 0,886]	75,4	0,002	0,031
	Эхокардиография	13	13	580	580	0,931 [0,906; 0,956]	18,9	0,111	
	Анализ контура ПВ	6	6	368	368	0,875 [0,792; 0,959]	72,5	0,008	
	Транспульмональная термодилуция	11	11	434	434	0,889 [0,826; 0,952]	79,2	<0,001	
3	Начальное положение тела при проведении PLR-теста – низкое положение Фаулера	30	32	1427	1482	0,888 [0,855; 0,921]	74,9	<0,001	0,597
	Начальное положение тела при проведении PLR-теста – горизонтальное на спине	3	3	180	180	0,841 [0,671; 1,000]	87,2	<0,001	
4	Время от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до измерений ≤ 2 мин	22	24	1068	1123	0,921 [0,895; 0,947]	49,9	0,004	0,002
	Время от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до измерений > 2 мин	8	8	465	465	0,773 [0,683; 0,864]	79,9	<0,001	

Примечание: AUROC – площадь под ROC-кривой; ДИ – доверительный интервал.

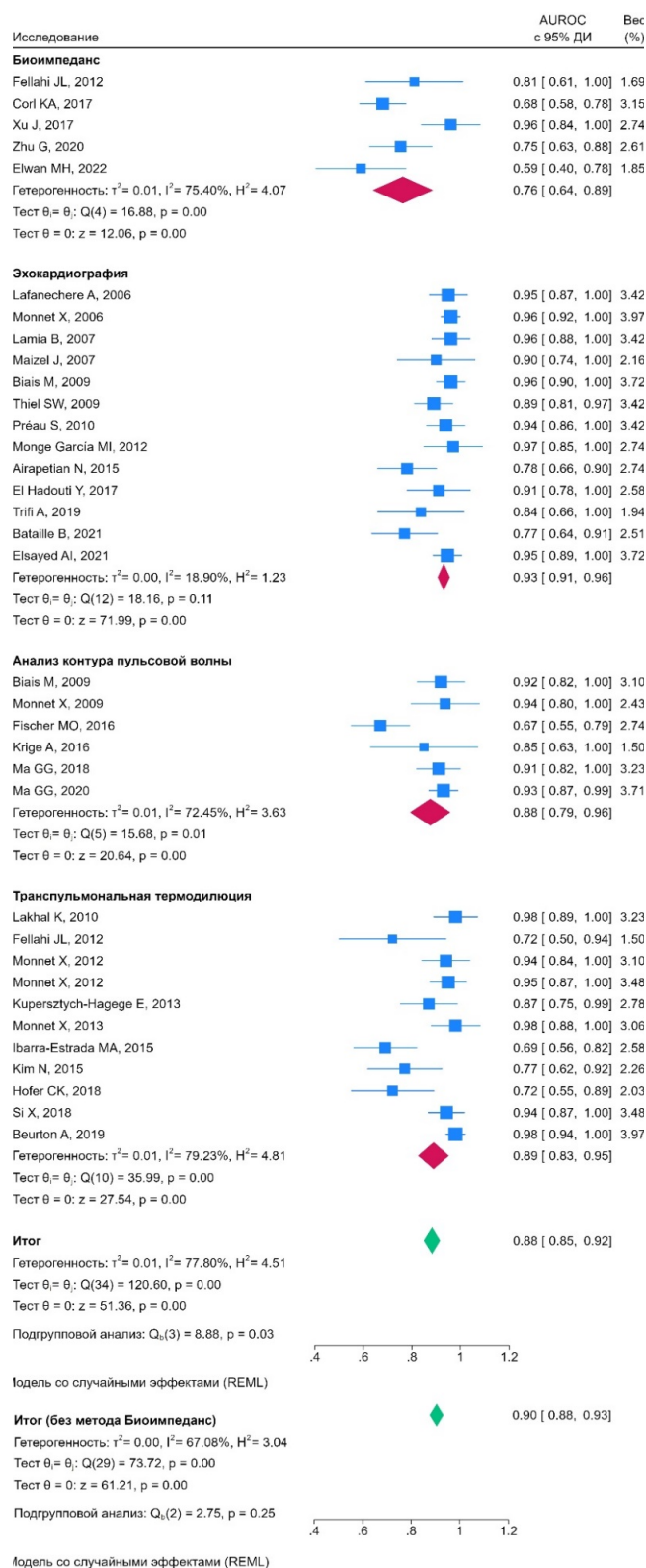


Рис. 4. Диаграмма «forest-plot», отражающая диагностическую точность PLR-теста в зависимости от метода оценки показателей сердечной гемодинамики
Fig. 4. Forest plot graph showing the diagnostic accuracy of PLR test depending on the cardiac hemodynamic parameters assessment method

ящего времени у исследователей и клиницистов не возникало предпочтения в выборе конкретного метода оценки внутрисердечной гемодинамики [56]. Доказательство сопоставимости, представленное в

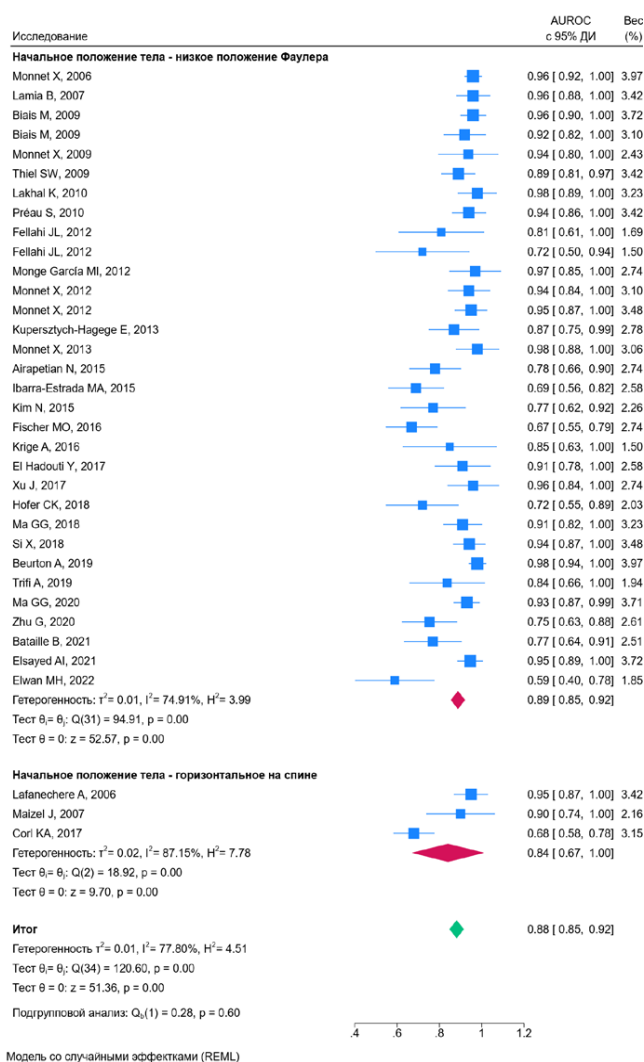


Рис. 5. Диаграмма «forest-plot», отражающая диагностическую точность PLR-теста в зависимости от начального положения тела при его проведении
Fig. 5. Forest plot graph showing the diagnostic accuracy of PLR test depending on the initial body positioning

работе, является положением более высокого уровня, нежели отсутствие предпочтений.

4. Стандарт проведения теста пассивного подъема нижних конечностей. Исходное положение тела пациента при проведении PLR-теста не влияет на диагностическую точность теста (низкий уровень доказательств). Подгрупповой анализ, выполненный на основе начального положения тела при проведении PLR-теста (низкое положение Фаулера против горизонтального положения на спине) не продемонстрировал статистической значимости ($p = 0.597$; рис. 5).

В большинстве анализируемых работ (30 статей) использовалось низкое положение Фаулера в качестве исходного положения тела до проведения PLR-теста и только в трех исследованиях использовали горизонтальное положение, что снижает качество доказательства. Причина такой разницы, вероятнее всего, заключается в том, что низкое положение Фаулера является стандартным положением пациента в ОРИТ, поскольку имеет ряд преимуществ в сравнении с горизонтальной позицией [33].

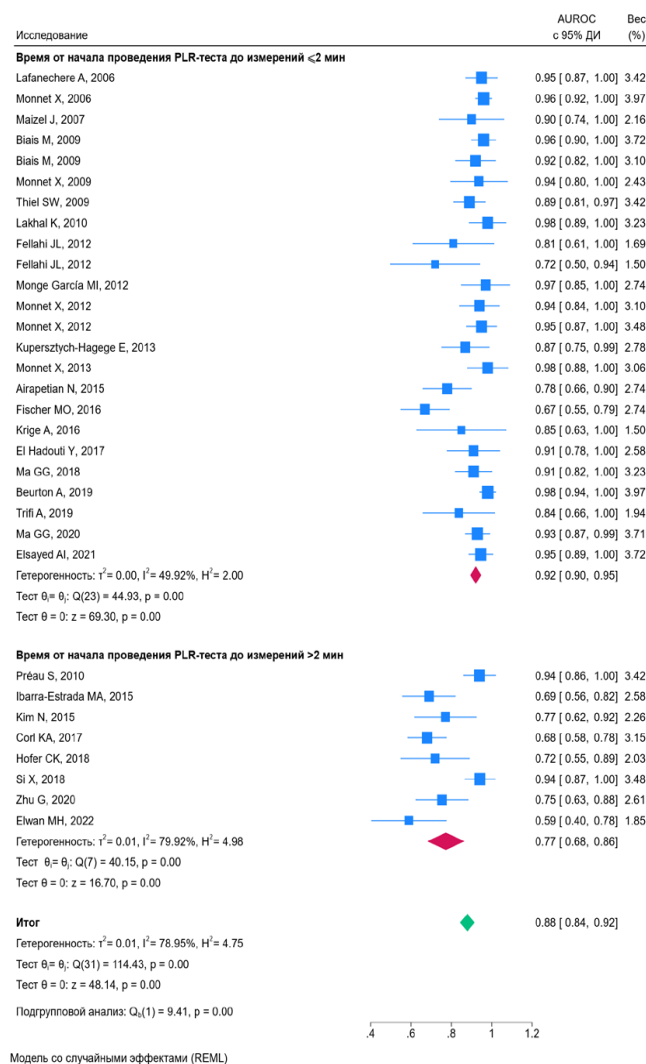


Рис. 6. Диаграмма «forest-plot», отражающая диагностическую точность PLR-теста в зависимости от временного интервала от начала проведения теста (от поднятия нижних конечностей) до измерений (≤2/>2 мин)
Fig. 6. Forest plot graph showing the diagnostic accuracy of PLR test depending on the time period from the start of the test (legs raising) till measurement (≤2/>2 min)

При использовании низкого положения Фаулера снижаются риски развития таких осложнений, как вентилятор-ассоциированная пневмония, гастроэзофагеальный рефлюкс и легочная аспирация, что в конечном итоге приводит к снижению вероятности летального исхода [7, 65].

Использование исходно низкого положения Фаулера, теоретически, при выполнении PLR-теста вызывает перераспределение не только кровотока в нижних конечностях, но и спланхического кровотока, что обеспечивает больший прирост венозного возврата, в сравнении с исходным горизонтальным положением, и должно повышать диагностическую точность метода [53]. В рамках данной работы мы не обнаружили разницы между двумя вариантами выполнения теста ($p = 0,597$). Тем не менее, стоит отметить клинически значимую неточность в оценке диагностической способности PLR-теста при выполнении его из горизонтального положения (95%

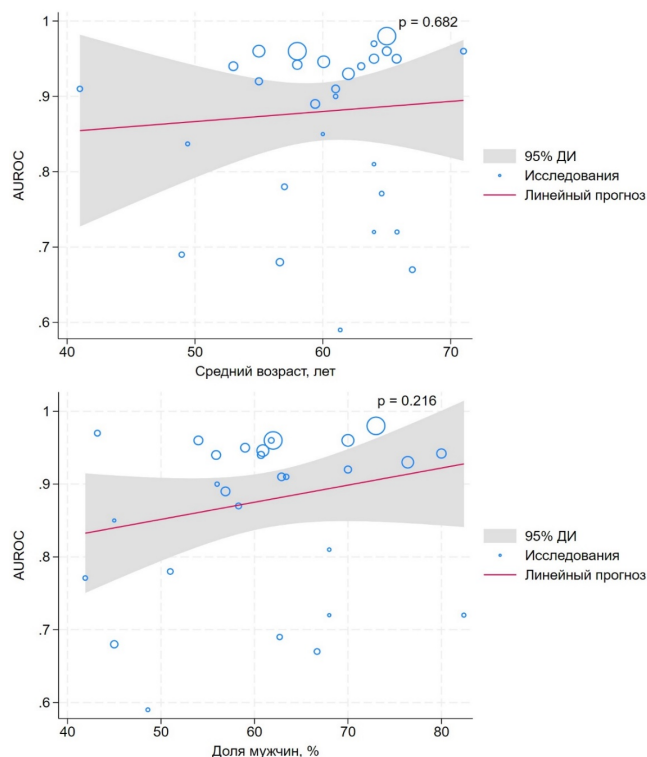


Рис. 7. Пузырьковые диаграммы влияния базовых ковариат (возраста и пола) на диагностическую точность PLR-теста
Fig. 7. Bubble plots graph of the effect of baseline covariates (age and gender) on the diagnostic accuracy of the PLR test

ДИ AUROC = 0,671; 1,000), что не наблюдается при проведении его из низкого положения Фаулера (95% ДИ AUROC = 0,855; 0,921).

Следовательно, учитывая преимущества низкого положения Фаулера в виде снижения риска возможных осложнений, клинически значимые различия границ 95% ДИ для PLR-теста, проводимого из горизонтального положения, а также низкий уровень доказательств сопоставимости диагностической точности вариантов проведения теста, по-видимому, более оправданным следует признать использование низкого положения Фаулера в качестве исходной позиции при проведении PLR-теста.

5. Время оценки показателей сердечной гемодинамики при проведении PLR-теста. Оценка показателей сердечной гемодинамики в течение первых 2 мин от начала проведения PLR-теста (подъема нижних конечностей) увеличивает диагностическую точность теста (высокий уровень доказательств). Подгрупповой анализ на основе времени от начала проведения PLR-теста (от поднятия нижних конечностей) до оценки показателей ответа гемодинамики продемонстрировал статистически значимые различия в диагностической точности при оценке в период 2 мин (AUROC 0,92 [0,90; 0,95]) против оценок в период более двух минут (AUROC 0,77 [0,68; 0,86]), $p = 0,002$ (рис. 6).

Как обсуждалось ранее, во время пассивного подъема ног происходит перераспределение крови с последующим увеличением венозного возврата эквивалентное примерно инфузии 300 мл жидкости [30].

Увеличение венозного возврата, в свою очередь, приводит к реализации нескольких механизмов, влияющих на гемодинамику. Во-первых, в результате растяжения стенок правого предсердия объемом крови происходит активация рефлекса Бейнбриджа, который приводит к увеличению частоты сердечных сокращений с целью разгрузки миокарда [62]. Во-вторых, увеличение конечного диастолического объема правого желудочка приводит к увеличению силы сердечных сокращений согласно механизму Франка – Старлинга [16]. Оба этих процесса на фоне увеличения венозного возврата приводят к росту таких показателей сердечной деятельности, как, например, ударный объем и сердечный выброс [9]. Однако вслед за реализацией данных механизмов и ростом ударного объема следует увеличение артериального давления, которое запускает третий механизм адаптации сердечно-сосудистой системы – барорецепторный рефлекс (барорефлекс) [69]. Активация барорефлекса влечет за собой 2 процесса: с одной стороны, происходит снижение симпатической активности, приводящее к снижению инотропизма миокарда и вазодилатации артериол и вен, с другой стороны – увеличение парасимпатической активности, проявляющееся снижением частоты сердечных сокращений [76]. Все эти механизмы непосредственно влияют на гемодинамику, снижая ударный объем левого желудочка [81]. Но с точки зрения PLR-теста наиболее важным является процесс венодилатации. Снижение комплаенса венозной части сердечно-сосудистой системы приводит к увеличению ее емкости и реализации буферной функции, позволяя аккумулировать увеличенные объемы крови без значительного роста давления [63]. Таким образом, градиент давления венозного возврата, который формируется после полной реализации барорецепторного рефлекса, будет всегда ниже, чем градиент давления венозного возврата в начале проведения PLR-теста. Подобная адаптация сердечно-сосудистой системы, возникающая со временем, фактически нивелирует эффект PLR-теста, а потому снижает его диагностическую точность.

Ранее сообщалось о рекомендуемом времени оценки изменения показателей гемодинамики через 30–90 секунд от начала проведения PLR-теста [13, 58]. Тем не менее, представленные ранее утвержде-

ния были составлены на основании физиологии процесса. В данной работе мы впервые оценили время от начала проведения PLR-теста до момента оценки гемодинамики в рамках метаанализа, получив данные высокого качества доказательств.

Важно отметить, что гетерогенность значений AUROC ниже в группе, оценивающей результаты PLR-теста до 2 мин от начала его проведения, чем в группе, оценивающей результаты более чем через 2 мин. Это может свидетельствовать о разнородности степени адаптации у пациентов, в то время как первоначальное изменение более однородно, так как является более простым физиологическим процессом перераспределения крови.

6. Влияние дополнительных ковариат при проведении PLR-теста. Базовые ковариаты (возраст и пол пациентов) не влияют на диагностическую точность PLR-теста у реанимационных пациентов (высокое качество доказательств). Одномерная регрессия показала, что ни возраст ($p = 0,682$), ни пол пациентов ($p = 0,216$) не являются статистически значимыми ковариатами для диагностической точности PLR-теста (рис. 7).

Выводы

1. PLR-тест обладает высокой диагностической точностью (AUROC = 0,882) при оценке восприимчивости к инфузионной терапии (средний уровень доказательств).
2. Проведение PLR-теста рекомендуется осуществлять из низкого положения Фаулера.
3. В качестве показателей эффективности теста рекомендуется использовать ударный объем и его производные. Оценка показателей внутрисердечной гемодинамики может быть равноценно проведена методами трансторакальной или трансэзофагеальной эхокардиографии, термодилуции, а также с помощью анализа контура пульсовой волны (средний уровень доказательств).
4. Время от начала проведения теста до оценки изменения сердечной гемодинамики должно составлять не более 2 мин (высокий уровень доказательств).
5. Возраст и пол пациентов не влияют на диагностическую точность метода (высокий уровень доказательств).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Лихванцев В. В. является членами редакционной коллегии журнала с 2009 г., но на принятие решения об опубликовании данной статьи влияния не оказывал. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests. Likhvantsev V. V. has been a member of the editorial board of the Journal since 2009, but has nothing to do with its decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The author did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the publication: developing the concept of the article, obtaining and analyzing evidence, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Регистрация протокола: номер INPLASY 2024100075
Protocol registration: INPLASY 2024100075

ЛИТЕРАТУРА

1. Дац А. В., Горбачёв В. И. Перегрузка жидкостью: причины, диагностика, осложнения, лечение // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2015. – Т. 12, № 3. – С. 65–73. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-3-65-73>.
2. Паромов К. В., Волков Д. А., Киров М. Ю. Восприимчивость к инфузионной нагрузке на фоне регионарной анестезии после коронарного шунтирования на работающем // Общая реаниматология. – 2023. – Т. 19, № 5. – С. 31–38. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-5-2352>.
3. Airapetian N., Maizel J., Alyamani O. et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? // Crit Care. – 2015. – Vol. 19, № 1. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1100-9>.
4. Alvarado Sánchez J. I., Caicedo Ruiz J. D., Diaztagle Fernández J. J. et al. Variables influencing the prediction of fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis // Crit Care. – 2023. – Vol. 27, № 1. – P. 361. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04629-w>.
5. Aneman A., Sondergaard S. Understanding the passive leg raising test // Intensive Care Med. – 2016. – Vol. 42, № 9. – P. 1493–1495. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4228-4>.
6. Backer D. De Stroke volume variations // Minerva Anesthesiol. – 2003. – Vol. 69, № 4. – P. 285–288. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e318236e017>.
7. Bassi G. L., Xiol E. A., Pagliara F. et al. Body Position and Ventilator-Associated Pneumonia Prevention // Semin Respir Crit Care Med. – 2017. – Vol. 38, № 3. – P. 371–380. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1603111>.
8. Bataille B., Selle J. de, Moussot P. E. et al. Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: an observational study // Br J Anaesth. – 2021. – Vol. 126, № 4. – P. 826–834. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.11.039>.
9. Berlin D. A., Bakker J. Understanding venous return // Intensive Care Med. – 2014. – Vol. 40, № 10. – P. 1564–1566. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3379-4>.
10. Beurton A., Teboul J. L., Giroto V. et al. Intra-Abdominal Hypertension Is Responsible for False Negatives to the Passive Leg Raising Test // Crit Care Med. – 2019. – Vol. 47, № 8. – P. E639–E647. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003808>.
11. Biais M., Vidil L., Sarabay P. et al. Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo/FloTrac device // Crit Care. – 2009. – Vol. 13, № 6. – P. R195. <https://doi.org/10.1186/cc8195>.
12. Cavallaro F., Sandroni C., Marano C. et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: Systematic review and meta-analysis of clinical studies // Intensive Care Med. – 2010. – Vol. 36, № 9. – P. 1475–1483. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1929-y>.
13. Cherpanath T. G. V., Hirsch A., Geerts B. F. et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: A systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials // Crit Care Med. – 2016. – Vol. 44, № 5. – P. 981–991. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001556>.
14. Claure-Del Granado R., Mehta R. L. Fluid overload in the ICU: Evaluation and management // BMC Nephrol. – 2016. – Vol. 17, № 1. – P. 109. <https://doi.org/10.1186/s12882-016-0323-6>.
15. Corl K. A., George N. R., Romanoff J. et al. Inferior vena cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients // J Crit Care. – 2017. – Vol. 41. – P. 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.05.008>.
16. Delicce A. V., Makaryus A. N. Physiology, Frank Starling Law // Treasure Island (FL): – 2018.
17. Egger M., Smith G. D., Schneider M. et al. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test // Br Med J. – 1997. – Vol. 315, № 7109. – P. 629–634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>.
18. Elsayed A. I., Selim K. A. W., Zaghlal H. E. et al. 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. – Vol. 25, № 6. – P. 685–689. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23875>.
19. Elwan M., Roshdy A., Elsharkawy E. et al. Can passive leg raise predict the response to fluid resuscitation in ED? // BMC Emerg Med. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 172. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00721-6>.

REFERENCES

1. Dats A. V., Gorbachev V. I. The fluid overload: causes, diagnosis, complications, treatment. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2015, vol. 12, no. 3, pp. 65–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-3-65-73>.
2. Paromov K. V., Volkov D. A., Kirov M. Y. Responsiveness to infusion load under regional anesthesia after off-pump coronary artery bypass graft surgery. *General Reanimatology*, 2023, vol. 19, no. 5, pp. 31–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-5-2352>.
3. Airapetian N., Maizel J., Alyamani O. et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Crit Care*, 2015, vol. 19, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1100-9>.
4. Alvarado Sánchez J. I., Caicedo Ruiz J. D., Diaztagle Fernández J. J. et al. Variables influencing the prediction of fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*, 2023, vol. 27, no. 1, pp. 361. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04629-w>.
5. Aneman A., Sondergaard S. Understanding the passive leg raising test. *Intensive Care Med*, 2016, vol. 42, no. 9, pp. 1493–1495. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4228-4>.
6. Backer D. De Stroke volume variations. *Minerva Anesthesiol*, 2003, vol. 69, no. 4, pp. 285–288. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e318236e017>.
7. Bassi G. L., Xiol E. A., Pagliara F. et al. Body Position and Ventilator-Associated Pneumonia Prevention. *Semin Respir Crit Care Med*, 2017, vol. 38, no. 3, pp. 371–380. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1603111>.
8. Bataille B., Selle J. de, Moussot P. E. et al. Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: an observational study. *Br J Anaesth*, 2021, vol. 126, no. 4, pp. 826–834. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.11.039>.
9. Berlin D. A., Bakker J. Understanding venous return. *Intensive Care Med*, 2014, vol. 40, no. 10, pp. 1564–1566. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3379-4>.
10. Beurton A., Teboul J. L., Giroto V. et al. Intra-Abdominal Hypertension Is Responsible for False Negatives to the Passive Leg Raising Test. *Crit Care Med*, 2019, vol. 47, no. 8, pp. E639–E647. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003808>.
11. Biais M., Vidil L., Sarabay P. et al. Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo/FloTrac device. *Crit Care*, 2009, vol. 13, no. 6, pp. R195. <https://doi.org/10.1186/cc8195>.
12. Cavallaro F., Sandroni C., Marano C. et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: Systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med*, 2010, vol. 36, no. 9, pp. 1475–1483. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1929-y>.
13. Cherpanath T. G. V., Hirsch A., Geerts B. F. et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: A systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials. *Crit Care Med*, 2016, vol. 44, no. 5, pp. 981–991. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001556>.
14. Claure-Del Granado R., Mehta R. L. Fluid overload in the ICU: Evaluation and management. *BMC Nephrol*, 2016, vol. 17, no. 1, pp. 109. <https://doi.org/10.1186/s12882-016-0323-6>.
15. Corl K. A., George N. R., Romanoff J. et al. Inferior vena cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients. *J Crit Care*, 2017, vol. 41, pp. 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.05.008>.
16. Delicce A. V., Makaryus A. N. Physiology, Frank Starling Law. *Treasure Island (FL)*: – 2018.
17. Egger M., Smith G. D., Schneider M. et al. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Br Med J*, 1997, vol. 315, no. 7109, pp. 629–634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>.
18. Elsayed A. I., Selim K. A. W., Zaghlal H. E. et al. 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, vol. 25, no. 6, pp. 685–689. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23875>.
19. Elwan M., Roshdy A., Elsharkawy E. et al. Can passive leg raise predict the response to fluid resuscitation in ED? *BMC Emerg Med*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 172. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00721-6>.

20. Fellahi J.-L., Fischer M.-O., Dalbera A. et al. Can endotracheal bioimpedance cardiography assess hemodynamic response to passive leg raising following cardiac surgery? // *Ann Intensive Care*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 26. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-26>.
21. Fischer M. O., Rebet O., Guinot P. G. et al. Assessment of changes in cardiac index with calibrated pulse contour analysis in cardiac surgery: A prospective observational study // *Anaesth Crit Care Pain Med*. – 2016. – Vol. 35, № 4. – P. 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2015.12.010>.
22. El Hadouti Y., Valencia L., Becerra A. et al. Echocardiography and passive leg raising in the postoperative period: A prospective observational study // *Eur J Anaesthesiol*. – 2017. – Vol. 34, № 11. – P. 748–754. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000679>.
23. Halvorsen S., Mehilli J., Cassese S. et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery // *Eur Heart J*. – 2022. – Vol. 43, № 39. – P. 3826–3924. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac270>.
24. Hasanin A. Fluid responsiveness in acute circulatory failure // *J Intensive Care*. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 50. <https://doi.org/10.1186/s40560-015-0117-0>.
25. Higgins J. P. T., Thomas J., Chandler J. et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions // *Cochrane Handb Syst Rev Interv*. – 2019. – P. 1–694. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>.
26. Hofer C. K., Geisen M., Hartnack S. et al. Reliability of Passive Leg Raising, Stroke Volume Variation and Pulse Pressure Variation to Predict Fluid Responsiveness During Weaning From Mechanical Ventilation After Cardiac Surgery: A Prospective, Observational Study // *Turkish J Anaesthesiol Reanim*. – 2018. – Vol. 46, № 2. – P. 108–115. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2018.29577>.
27. Hoorn E. J. Intravenous fluids: balancing solutions // *J Nephrol*. – 2017. – Vol. 30, № 4. – P. 485–492. <https://doi.org/10.1007/s40620-016-0363-9>.
28. Ibarra-Estrada M. A., Lopez-Pulgarin J. A., Mijangos-Mendez J. C. et al. 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. – Vol. 7, № 1. – P. 29. <https://doi.org/10.1186/s13089-015-0029-1>.
29. Ilyina Y. Y., Kuzkov V. V., Fot E. V. et al. Predicting Response To Fluid Administration: Current Approaches and Trends // *Messenger Anesthesiol Resusc*. – 2017. – Vol. 14, № 3. – P. 25–34. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2017-14-3-25-34>.
30. Jabot J., Teboul J. L., Richard C. et al. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: Importance of the postural change // *Intensive Care Med*. – 2009. – Vol. 35, № 1. – P. 85–90. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1293-3>.
31. Jones R. M., Hill A. B., Nahrwold M. L. et al. The effect of method of radial artery cannulation on postcannulation blood flow and thrombus formation // *Anesthesiology*. – 1981. – Vol. 55, № 1. – P. 76–78. <https://doi.org/10.1097/0000542-198107000-00016>.
32. Kim N., Shim J.-K., Choi H. G. et al. Comparison of positive end-expiratory pressure-induced increase in central venous pressure and passive leg raising to predict fluid responsiveness in patients with atrial fibrillation // *Br J Anaesth*. – 2016. – Vol. 116, № 3. – P. 350–356. <https://doi.org/10.1093/bja/aev359>.
33. Klompas M., Branson R., Eichenwald E. C. et al. Strategies to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia in Acute Care Hospitals: 2014 Update // *Infect Control Hosp Epidemiol*. – 2014. – Vol. 35, № 8. – P. 915–936. <https://doi.org/10.1086/677144>.
34. 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. – Vol. 4, № 1. – P. 63. <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0188-6>.
35. Kupersztich-Hagege E., Teboul J. L., Artigas A. et al. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients // *Br J Anaesth*. – 2013. – Vol. 111, № 6. – P. 961–966. <https://doi.org/10.1093/bja/aet282>.
36. Lafanechère A., Pène F., Goulenok C. et al. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients // *Crit Care*. – 2006. – Vol. 10, № 5. – P. R132. <https://doi.org/10.1186/cc5044>.
37. Lakhali K., Ehrmann S., Runge I. et al. Central venous pressure measurements improve the accuracy of leg raising-induced change in pulse pressure to predict fluid responsiveness // *Intensive Care Med*. – 2010. – Vol. 36, № 6. – P. 940–948. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1755-2>.
38. Lamia B., Ochagavia A., Monnet X. et al. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity // *Intensive Care Med*. – 2007. – Vol. 33, № 7. – P. 1125–1132. <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0646-7>.
39. Liberati A., Altman D. G., Tetzlaff J. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care
20. Fellahi J.-L., Fischer M.-O., Dalbera A. et al. Can endotracheal bioimpedance cardiography assess hemodynamic response to passive leg raising following cardiac surgery? // *Ann Intensive Care*. – 2012. – Vol. 2, no. 1, pp. 26. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-26>.
21. Fischer M. O., Rebet O., Guinot P. G. et al. Assessment of changes in cardiac index with calibrated pulse contour analysis in cardiac surgery: A prospective observational study. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2016, vol. 35, no. 4, pp. 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2015.12.010>.
22. El Hadouti Y., Valencia L., Becerra A. et al. Echocardiography and passive leg raising in the postoperative period: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*, 2017, vol. 34, no. 11, pp. 748–754. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000679>.
23. Halvorsen S., Mehilli J., Cassese S. et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J*, 2022, vol. 43, no. 39, pp. 3826–3924. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac270>.
24. Hasanin A. Fluid responsiveness in acute circulatory failure. *J Intensive Care*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 50. <https://doi.org/10.1186/s40560-015-0117-0>.
25. Higgins J. P. T., Thomas J., Chandler J. et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. *Cochrane Handb Syst Rev Interv*, 2019, pp. 1–694. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>.
26. Hofer C. K., Geisen M., Hartnack S. et al. Reliability of Passive Leg Raising, Stroke Volume Variation and Pulse Pressure Variation to Predict Fluid Responsiveness During Weaning From Mechanical Ventilation After Cardiac Surgery: A Prospective, Observational Study. *Turkish J Anaesthesiol Reanim*, 2018, vol. 46, no. 2, pp. 108–115. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2018.29577>.
27. Hoorn E. J. Intravenous fluids: balancing solutions. *J Nephrol*, 2017, vol. 30, no. 4, pp. 485–492. <https://doi.org/10.1007/s40620-016-0363-9>.
28. Ibarra-Estrada M. A., Lopez-Pulgarin J. A., Mijangos-Mendez J. C. et al. 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, vol. 7, no. 1, pp. 29. <https://doi.org/10.1186/s13089-015-0029-1>.
29. Ilyina Y. Y., Kuzkov V. V., Fot E. V. et al. Predicting Response To Fluid Administration: Current Approaches and Trends. *Messenger Anesthesiol Resusc*, 2017, vol. 14, no. 3, pp. 25–34. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2017-14-3-25-34>.
30. Jabot J., Teboul J. L., Richard C. et al. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: Importance of the postural change. *Intensive Care Med*, 2009, vol. 35, no. 1, pp. 85–90. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1293-3>.
31. Jones R. M., Hill A. B., Nahrwold M. L. et al. The effect of method of radial artery cannulation on postcannulation blood flow and thrombus formation. *Anesthesiology*, 1981, vol. 55, no. 1, pp. 76–78. <https://doi.org/10.1097/0000542-198107000-00016>.
32. Kim N., Shim J.-K., Choi H. G. et al. Comparison of positive end-expiratory pressure-induced increase in central venous pressure and passive leg raising to predict fluid responsiveness in patients with atrial fibrillation. *Br J Anaesth*, 2016, vol. 116, no. 3, pp. 350–356. <https://doi.org/10.1093/bja/aev359>.
33. Klompas M., Branson R., Eichenwald E. C. et al. Strategies to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia in Acute Care Hospitals: 2014 Update. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2014, vol. 35, no. 8, pp. 915–936. <https://doi.org/10.1086/677144>.
34. 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, vol. 4, no. 1, pp. 63. <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0188-6>.
35. Kupersztich-Hagege E., Teboul J. L., Artigas A. et al. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. *Br J Anaesth*, 2013, vol. 111, no. 6, pp. 961–966. <https://doi.org/10.1093/bja/aet282>.
36. Lafanechère A., Pène F., Goulenok C. et al. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients. *Crit Care*, 2006, vol. 10, no. 5, pp. R132. <https://doi.org/10.1186/cc5044>.
37. Lakhali K., Ehrmann S., Runge I. et al. Central venous pressure measurements improve the accuracy of leg raising-induced change in pulse pressure to predict fluid responsiveness. *Intensive Care Med*, 2010, vol. 36, no. 6, pp. 940–948. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1755-2>.
38. Lamia B., Ochagavia A., Monnet X. et al. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med*, 2007, vol. 33, no. 7, pp. 1125–1132. <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0646-7>.
39. Liberati A., Altman D. G., Tetzlaff J. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care

- interventions: Explanation and elaboration // *PLoS Med.* – 2009. – Vol. 6, № 7. – P. e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.
40. Long E., Oakley E., Duke T. et al. Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Shock*. – 2017. – Vol. 47, № 5. – P. 550–559. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000000801>.
41. Ma G. G., Hao G. W., Yang X. M. et al. Internal jugular vein variability predicts fluid responsiveness in cardiac surgical patients with mechanical ventilation // *Ann Intensive Care*. – 2018. – Vol. 8, № 1. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0347-5>.
42. Ma G. G., Tu G. W., Zheng J. L. et al. 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. – Vol. 34, № 6. – P. 1526–1533. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.10.002>.
43. Maizel J., Airapetian N., Lorne E. et al. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising // *Intensive Care Med*, 2007. – Vol. 33, № 7. – P. 1133–1138. <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0642-y>.
44. Marik P. E., Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense // *Crit Care Med*. – 2013. – Vol. 41, № 7. – P. 1774–1781. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828a25fd>.
45. Marik P. E., Levitov A., Young A. et al. The use of bioreactance and carotid doppler to determine volume responsiveness and blood flow redistribution following passive leg raising in hemodynamically unstable patients // *Chest*. – 2013. – Vol. 143, № 2. – P. 364–370. <https://doi.org/10.1378/chest.12-1274>.
46. Martin U. J., Diaz-Abad M., Krachman S. L. Hemodynamic monitoring // *Crit Care Study Guid Text Rev Second Ed*. – 2010. – P. 51–78. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77452-7_4.
47. McGuinness L. A., Higgins J. P. T. Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments // *Res Synth Methods*. – 2021. – Vol. 12, № 1. – P. 55–61. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>.
48. Messmer A. S., Zingg C., Müller M. et al. Fluid overload and mortality in adult critical care patients-a systematic review and meta-analysis of observational studies // *Crit Care Med*. – 2020. – Vol. 48, № 12. – P. 1862–1870. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004617>.
49. Monge García M. I., Cano A. G., Romero M. G. et al. Non-invasive assessment of fluid responsiveness by changes in partial end-tidal CO₂ pressure during a passive leg-raising maneuver // *Ann Intensive Care*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 2–9. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-9>.
50. Monnet X., Bataille A., Magalhaes E. et al. End-tidal carbon dioxide is better than arterial pressure for predicting volume responsiveness by the passive leg raising test // *Intensive Care Med*. – 2013. – Vol. 39, № 1. – P. 93–100. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2693-y>.
51. Monnet X., Bleibtreu A., Ferré A. et al. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in Patients with low respiratory system compliance // *Crit Care Med*. – 2012. – Vol. 40, № 1. – P. 152–157. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31822f08d7>.
52. Monnet X., Dres M., Ferré A. et al. Prediction of fluid responsiveness by a continuous non-invasive assessment of arterial pressure in critically ill patients: Comparison with four other dynamic indices // *Br J Anaesth*. – 2012. – Vol. 109, № 3. – P. 330–338. <https://doi.org/10.1093/bja/aes182>.
53. Monnet X., Marik P., Teboul J. L. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis // *Intensive Care Med*. – 2016. – Vol. 42, № 12. – P. 1935–1947. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4134-1>.
54. Monnet X., Osman D., Ridel C. et al. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care Med*, 2009. – Vol. 37, № 3. – P. 951–956. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181968fe1>.
55. Monnet X., Rienzo M., Osman D. et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill // *Crit Care Med*, 2006. – Vol. 34, № 5. – P. 1402–1407. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000215453.11735.06>.
56. Monnet X., Shi R., Teboul J. L. Prediction of fluid responsiveness. What's new? // *Ann Intensive Care*. – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 46. <https://doi.org/10.1186/s13613-022-01022-8>.
57. Monnet X., Teboul J.-L. Prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients // *Ann Transl Med*. – 2020. – Vol. 8, № 12. – P. 790–790. <https://doi.org/10.21037/atm-2020-hdm-18>.
58. Monnet X., Teboul J. L. Passive leg raising // *Intensive Care Med*. – 2008. – Vol. 34, № 4. – P. 659–663. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-0994-y>.
59. Monnet X., Teboul J. L. Transpulmonary thermodilution: Advantages and limits // *Crit Care*. – 2017. – Vol. 21, № 1. – P. 147. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1739-5>.
- interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Med*, 2009, vol. 6, no. 7, pp. e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.
40. Long E., Oakley E., Duke T. et al. Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Shock*, 2017, vol. 47, no. 5, pp. 550–559. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000000801>.
41. Ma G. G., Hao G. W., Yang X. M. et al. Internal jugular vein variability predicts fluid responsiveness in cardiac surgical patients with mechanical ventilation. *Ann Intensive Care*, 2018, vol. 8, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0347-5>.
42. Ma G. G., Tu G. W., Zheng J. L. et al. 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, vol. 34, no. 6, pp. 1526–1533. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.10.002>.
43. Maizel J., Airapetian N., Lorne E. et al. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. *Intensive Care Med*, 2007, vol. 33, no. 7, pp. 1133–1138. <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0642-y>.
44. Marik P. E., Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med*, 2013, vol. 41, no. 7, pp. 1774–1781. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828a25fd>.
45. Marik P. E., Levitov A., Young A. et al. The use of bioreactance and carotid doppler to determine volume responsiveness and blood flow redistribution following passive leg raising in hemodynamically unstable patients. *Chest*, 2013, vol. 143, no. 2, pp. 364–370. <https://doi.org/10.1378/chest.12-1274>.
46. Martin U. J., Diaz-Abad M., Krachman S. L. Hemodynamic monitoring. *Crit Care Study Guid Text Rev Second Ed*, 2010, pp. 51–78. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77452-7_4.
47. McGuinness L. A., Higgins J. P. T. Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Res Synth Methods*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 55–61. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>.
48. Messmer A. S., Zingg C., Müller M. et al. Fluid overload and mortality in adult critical care patients-a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Crit Care Med*, 2020, vol. 48, no. 12, pp. 1862–1870. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004617>.
49. Monge García M. I., Cano A. G., Romero M. G. et al. Non-invasive assessment of fluid responsiveness by changes in partial end-tidal CO₂ pressure during a passive leg-raising maneuver. *Ann Intensive Care*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 2–9. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-9>.
50. Monnet X., Bataille A., Magalhaes E. et al. End-tidal carbon dioxide is better than arterial pressure for predicting volume responsiveness by the passive leg raising test. *Intensive Care Med*, 2013, vol. 39, no. 1, pp. 93–100. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2693-y>.
51. Monnet X., Bleibtreu A., Ferré A. et al. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in Patients with low respiratory system compliance. *Crit Care Med*, 2012, vol. 40, no. 1, pp. 152–157. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31822f08d7>.
52. Monnet X., Dres M., Ferré A. et al. Prediction of fluid responsiveness by a continuous non-invasive assessment of arterial pressure in critically ill patients: Comparison with four other dynamic indices. *Br J Anaesth*, 2012, vol. 109, no. 3, pp. 330–338. <https://doi.org/10.1093/bja/aes182>.
53. Monnet X., Marik P., Teboul J. L. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*, 2016, vol. 42, no. 12, pp. 1935–1947. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4134-1>.
54. Monnet X., Osman D., Ridel C. et al. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care Med*, 2009, vol. 37, no. 3, pp. 951–956. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181968fe1>.
55. Monnet X., Rienzo M., Osman D. et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*, 2006, vol. 34, no. 5, pp. 1402–1407. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000215453.11735.06>.
56. Monnet X., Shi R., Teboul J. L. Prediction of fluid responsiveness. What's new? *Ann Intensive Care*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 46. <https://doi.org/10.1186/s13613-022-01022-8>.
57. Monnet X., Teboul J.-L. Prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients. *Ann Transl Med*, 2020, vol. 8, no. 12, pp. 790–790. <https://doi.org/10.21037/atm-2020-hdm-18>.
58. Monnet X., Teboul J. L. Passive leg raising. *Intensive Care Med*, 2008, vol. 34, no. 4, pp. 659–663. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-0994-y>.
59. Monnet X., Teboul J. L. Transpulmonary thermodilution: Advantages and limitations. *Crit Care*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 147. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1739-5>.

60. O'Connor M. E., Prowle J. R. Fluid Overload // *Crit Care Clin.* – 2015. – Vol. 31, № 4. – P. 803–821. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.06.013>.
61. Orso D., Paoli I., Piani T. et al. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis // *J Intensive Care Med.* – 2020. – Vol. 35, № 4. – P. 354–363. <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>.
62. Pakkam M. L., Brown K. N. Physiology, Bainbridge Reflex. *Treasure Island (FL)*: 2019.
63. Persichini R., Lai C., Teboul J. L. et al. Venous return and mean systemic filling pressure: physiology and clinical applications // *Crit Care.* – 2022. – Vol. 26, № 1. – P. 150. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04024-x>.
64. Pickett J. D., Bridges E., Kritek P. A. et al. Noninvasive blood pressure monitoring and prediction of fluid responsiveness to passive leg raising // *Am J Crit Care.* – 2018. – Vol. 27, № 3. – P. 228–237. <https://doi.org/10.4037/ajcc2018867>.
65. Pozuelo-Carrascosa D. P., Cobo-Cuenca A. I., Carmona-Torres J. M. et al. Body position for preventing ventilator-associated pneumonia for critically ill patients: a systematic review and network meta-analysis // *J Intensive Care.* – 2022. – Vol. 10, № 1. – P. 9. <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00600-z>.
66. Préau S., Saulnier F., Dewavrin F. et al. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis // *Crit Care Med.* – 2010. – Vol. 38, № 3. – P. 819–825. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181c8fe7a>.
67. Scheeren T. W. L., Ramsay M. A. E. New Developments in Hemodynamic Monitoring // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2019. – Vol. 33. – P. S67–S72. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.03.043>.
68. Si X., Cao D. Y., Chen J. et al. Effect of systolic cardiac function on passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a prospective observational study // *Chin Med J (Engl.)*. – 2018. – Vol. 131, № 3. – P. 253–261. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.223841>.
69. Stauss H. M. Baroreceptor reflex function // *Am J Physiol – Regul Integr Comp Physiol.* – 2002. – Vol. 283, № 2. – P. R284–6. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00219.2002>.
70. Taccheri T., Gavelli F., Teboul J.-L. L. et al. 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. – Vol. 25, № 1. – P. 110. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03515-7>.
71. Thiel S. W., Kollef M. H., Isakow W. Non-invasive stroke volume measurement and passive leg raising predict volume responsiveness in medical ICU patients: an observational cohort study // *Crit Care.* – 2009. – Vol. 13, № 4. – P. R111. <https://doi.org/10.1186/cc7955>.
72. Trifi A., Abdellatif S., Daly F. et al. Ultrasound stroke volume variation induced by passive leg raising and fluid responsiveness: An observational cohort study // *Med Intensiva.* – 2019. – Vol. 43, № 1. – P. 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.11.002>.
73. Vincent J. L. Fluid management in the critically ill // *Kidney Int.* – 2019. – Vol. 96, № 1. – P. 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2018.11.047>.
74. Vincent J. L., Weil M. H. Fluid challenge revisited // *Crit Care Med.* – 2006. – Vol. 34, № 5. – P. 1333–1337. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000214677.76535.A5>.
75. Voelkel N. F., Quaife R. A., Leinwand L. A. et al. Right ventricular function and failure: Report of a National Heart, Lung, and Blood Institute working group on cellular and molecular mechanisms of right heart failure // *Circulation.* – 2006. – Vol. 114, № 17. – P. 1883–1891.
76. Wang W., Zhu G. Q., Gao L. et al. Baroreceptor reflex in heart failure // *Sheng Li Xue Bao.* – 2004. – Vol. 56, № 3. – P. 269–281.
77. Weinstein P. D., Doerfler M. E. Systemic complications of fluid resuscitation // *Crit Care Clin.* – 1992. – Vol. 8, № 2. – P. 439–448. [https://doi.org/10.1016/s0749-0704\(18\)30259-8](https://doi.org/10.1016/s0749-0704(18)30259-8).
78. Whiting P. F., Rutjes A. W. S., Westwood M. E. et al. Quadas-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies // *Ann Intern Med.* – 2011. – Vol. 155, № 8. – P. 529–536. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>.
79. Xu J., Peng X., Pan C. et al. Fluid responsiveness predicted by transcutaneous partial pressure of oxygen in patients with circulatory failure: a prospective study // *Ann Intensive Care.* – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 56. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0279-0>.
80. Yang X., Du B. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis // *Crit Care.* – 2014. – Vol. 18, № 6. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0650-6>.
60. O'Connor M. E., Prowle J. R. Fluid Overload. *Crit Care Clin*, 2015, vol. 31, no. 4, pp. 803–821. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.06.013>.
61. Orso D., Paoli I., Piani T. et al. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med*, 2020, vol. 35, no. 4, pp. 354–363. <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>.
62. Pakkam M. L., Brown K. N. Physiology, Bainbridge Reflex. *Treasure Island (FL)*: 2019.
63. Persichini R., Lai C., Teboul J. L. et al. Venous return and mean systemic filling pressure: physiology and clinical applications. *Crit Care*, 2022, vol. 26, no. 1, pp. 150. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04024-x>.
64. Pickett J. D., Bridges E., Kritek P. A. et al. Noninvasive blood pressure monitoring and prediction of fluid responsiveness to passive leg raising. *Am J Crit Care*, 2018, vol. 27, no. 3, pp. 228–237. <https://doi.org/10.4037/ajcc2018867>.
65. Pozuelo-Carrascosa D. P., Cobo-Cuenca A. I., Carmona-Torres J. M. et al. Body position for preventing ventilator-associated pneumonia for critically ill patients: a systematic review and network meta-analysis. *J Intensive Care*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 9. <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00600-z>.
66. Préau S., Saulnier F., Dewavrin F. et al. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med*, 2010, vol. 38, no. 3, pp. 819–825. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181c8fe7a>.
67. Scheeren T. W. L., Ramsay M. A. E. New Developments in Hemodynamic Monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, vol. 33, pp. S67–S72. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.03.043>.
68. Si X., Cao D. Y., Chen J. et al. Effect of systolic cardiac function on passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a prospective observational study. *Chin Med J (Engl)*, 2018, vol. 131, no. 3, pp. 253–261. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.223841>.
69. Stauss H. M. Baroreceptor reflex function. *Am J Physiol – Regul Integr Comp Physiol*, 2002, vol. 283, no. 2, pp. R284–6. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00219.2002>.
70. Taccheri T., Gavelli F., Teboul J.-L. L. et al. 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, vol. 25, no. 1, pp. 110. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03515-7>.
71. Thiel S. W., Kollef M. H., Isakow W. Non-invasive stroke volume measurement and passive leg raising predict volume responsiveness in medical ICU patients: an observational cohort study. *Crit Care*, 2009, vol. 13, no. 4, pp. R111. <https://doi.org/10.1186/cc7955>.
72. Trifi A., Abdellatif S., Daly F. et al. Ultrasound stroke volume variation induced by passive leg raising and fluid responsiveness: An observational cohort study. *Med Intensiva*, 2019, vol. 43, no. 1, pp. 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.11.002>.
73. Vincent J. L. Fluid management in the critically ill. *Kidney Int*, 2019, vol. 96, no. 1, pp. 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2018.11.047>.
74. Vincent J. L., Weil M. H. Fluid challenge revisited. *Crit Care Med*, 2006, vol. 34, no. 5, pp. 1333–1337. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000214677.76535.A5>.
75. Voelkel N. F., Quaife R. A., Leinwand L. A. et al. Right ventricular function and failure: Report of a National Heart, Lung, and Blood Institute working group on cellular and molecular mechanisms of right heart failure. *Circulation*, 2006, vol. 114, no. 17, pp. 1883–1891.
76. Wang W., Zhu G. Q., Gao L. et al. Baroreceptor reflex in heart failure. *Sheng Li Xue Bao*, 2004, vol. 56, no. 3, pp. 269–281.
77. Weinstein P. D., Doerfler M. E. Systemic complications of fluid resuscitation. *Crit Care Clin*, 1992, vol. 8, no. 2, pp. 439–448. [https://doi.org/10.1016/s0749-0704\(18\)30259-8](https://doi.org/10.1016/s0749-0704(18)30259-8).
78. Whiting P. F., Rutjes A. W. S., Westwood M. E. et al. Quadas-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*, 2011, vol. 155, no. 8, pp. 529–536. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>.
79. Xu J., Peng X., Pan C. et al. Fluid responsiveness predicted by transcutaneous partial pressure of oxygen in patients with circulatory failure: a prospective study. *Ann Intensive Care*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 56. <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0279-0>.
80. Yang X., Du B. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care*, 2014, vol. 18, no. 6. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0650-6>.

81. Yasumasu T., Abe H., Oginosawa Y. et al. Assessment of cardiac baroreflex function during fixed atrioventricular pacing using baroreceptor-stroke volume reflex sensitivity // J Cardiovasc Electrophysiol. – 2005. – Vol. 16, № 7. – P. 727–731. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2005.40767.x>.
82. Zhu G., Zhang K., Fu Y. et al. Accuracy assessment of noninvasive cardiac output monitoring in the hemodynamic monitoring in critically ill patients // Ann Cardiothorac Surg. – 2020. – Vol. 9, № 5. – P. 3506–3512. <https://doi.org/10.21037/apm-20-1731>.
83. Litmaps | Your Literature Review Assistant. [Electronic source]. URL: <https://www.litmaps.com/> (accessed: 09.08.2024).
84. GRADE Handbook | Cochrane Training. [Electronic source]. URL: <https://training.cochrane.org/resource/grade-handbook> (accessed: 16.10.2024).
81. Yasumasu T., Abe H., Oginosawa Y. et al. Assessment of cardiac baroreflex function during fixed atrioventricular pacing using baroreceptor-stroke volume reflex sensitivity. J Cardiovasc Electrophysiol, 2005, vol. 16, no. 7, pp. 727–731. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2005.40767.x>.
82. Zhu G., Zhang K., Fu Y. et al. Accuracy assessment of noninvasive cardiac output monitoring in the hemodynamic monitoring in critically ill patients. Ann Cardiothorac Surg, 2020, vol. 9, no. 5, pp. 3506–3512. <https://doi.org/10.21037/apm-20-1731>.
83. Litmaps | Your Literature Review Assistant. [Electronic source]. URL: <https://www.litmaps.com/> (accessed: 09.08.2024).
84. GRADE Handbook | Cochrane Training. [Electronic source]. URL: <https://training.cochrane.org/resource/grade-handbook> (accessed: 16.10.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии»,
107031, Россия, Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

Берикашвили Леван Бондоевич

канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКИЦ РР.
E-mail: levan.berikashvili@mail.ru,
ORCID: 0000-0001-9267-3664

Кузнецов Иван Валерьевич

младший научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКИЦ РР.
E-mail: ikuznecov@fnkcr.ru, ORCID: 0009-0000-7776-9537

Поляков Петр Алексеевич

научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКИЦ РР.
E-mail: petrpolyakov01@gmail.com, ORCID: 0009-0009-6185-349X

Ядгаров Михаил Яковлевич

канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКИЦ РР.
E-mail: Mikhail.yadgarov@mail.ru,
ORCID: 0000-0003-3792-1682

Рыжков Павел Викторович

младший научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКИЦ РР.
E-mail: a.pavelhkv@gmail.com, ORCID: 0009-0006-7107-7816

Яковлев Алексей Александрович

канд. мед. наук, первый заместитель директора ФНКИЦ РР, руководитель НИИ реабилитологии им. проф. И. В. Пряникова.
E-mail: ayakovlev@fnkcr.ru, ORCID: 0000-0002-8482-1249

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation,
25, Petrovka str., Moscow, Russia, 107031

Berikashvili Levan B.

Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation.
E-mail: levan.berikashvili@mail.ru,
ORCID: 0000-0001-9267-3664

Kuznetsov Ivan V.

Junior Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation.
E-mail: ikuznecov@fnkcr.ru, ORCID: 0009-0000-7776-9537

Polyakov Petr A.

Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation.
E-mail: petrpolyakov01@gmail.com, ORCID: 0009-0009-6185-349X

Yadgarov Mikhail Ya.

Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation.
E-mail: Mikhail.yadgarov@mail.ru,
ORCID: 0000-0003-3792-1682

Ryzhkov Pavel V.

Junior Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation.
E-mail: a.pavelhkv@gmail.com, ORCID: 0009-0006-7107-7816

Yakovlev Alexey A.

Cand. of Sci. (Med.), First Deputy Director of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation, Head of the Research Institute of Rehabilitation named after I. V. Prianikov.
E-mail: ayakovlev@fnkcr.ru, ORCID: 0000-0002-8482-1249

Короленок Елизавета Михайловна

младший научный сотрудник лаборатории клинических исследований и интеллектуальных информационных технологий ФНКЦ РР.

E-mail: elizavetasherbinina@mail.ru,

ORCID: 0009-0007-5731-9273

Korolenok Elizaveta M.

Junior Research Fellow of the Laboratory of Clinical Trials and Intelligent Information Technologies of the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology.

E-mail: elizavetasherbinina@mail.ru,

ORCID: 0009-0007-5731-9273

Лихванцев Валерий Владимирович

д-р мед. наук, профессор, зам. руководителя научно-исследовательского института общей реаниматологии им. В. А. Неговского ФНКЦ РР по научной работе, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет).

E-mail: lik0704@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5442-6950

Likhvantsev Valery V.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director of the V. A. Negovsky Scientific Research Institute of General Reanimatology, Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine at Sechenov University.

E-mail: lik0704@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5442-6950