



Intensive Care Med
<https://doi.org/10.1007/s00134-024-07708-w>

EDITORIAL

Using the ventilator to predict fluid responsiveness



Xavier Monnet^{1*} , Daniel De Backer² and Michael R. Pinsky³

Использование аппарата искусственной вентиляции легких для прогнозирования реакции на инфузию

Перевод Я.А. Седаковой и В.О. Седакова



Published: 16 December 2024

Intensive Care Med

<https://doi.org/10.1007/s00134-024-07708-w>

Using the ventilator to predict fluid responsiveness

Использование аппарата искусственной вентиляции легких для прогнозирования реакции на инфузию

Xavier Monnet, Daniel De Backer and Michael R. Pinsky

При острой недостаточности кровообращения введение растворов в качестве терапии первой линии является источником терапевтической дилеммы (увеличение сердечного выброса (CO) и улучшение перфузии тканей, в сравнении с противоречивой эффективностью и риском накопления жидкости). Прогнозирование эффективности болюсного введения жидкости на CO перед её введением позволяет избежать инфузии пациентам, которые в этом не нуждаются [1]. Принцип прост: если некоторые изменения в преднагрузке сердца, вызванные внешними воздействиями или аппаратом искусственной вентиляции легких, приводят к изменению CO выше заданного диагностического порога, инфузия жидкости, вероятно, окажет аналогичный эффект [2].

Тесты и показатели с использованием аппарата искусственной вентиляции лёгких (рисунок. 1) основаны на взаимодействии сердца и лёгких. При искусственной вентиляции лёгких повышенное внутригрудное давление снижает градиент давления системного венозного возврата за счет увеличения давления в правом предсердии [3]. Этот эффект усиливается при инсuffляции. В результате снижение CO будет больше, если оба желудочка реагируют на преднагрузку. Вентиляция лёгких также увеличивает постнагрузку правого желудочка (ПЖ) и уменьшает постнагрузку левого желудочка (ЛЖ) [3], но эти эффекты не зависят от реакции на преднагрузку и имеют значение только в том случае, если ПЖ не функционирует.



PPV, SVV

Изменение пульсового давления (PPV) является результатом циклического уменьшения венозного возврата в правый желудочек во время вдоха, что приводит к снижению выброса правого желудочка на следующем вдохе и последующего уменьшения наполнения ЛЖ примерно через 2-3 удара сердца. Возникающие в результате циклические изменения наполнения ЛЖ вызывают пропорциональные изменения ударного объема ЛЖ у пациентов, чувствительных к объёмной нагрузке, которые количественно определяются как изменение ударного объема (SVV). Изменение пульсового давления влияет на желудочково-артериальное сопряжение при изменении ударного объёма левого желудочка. Значения PPV или SVV $\geq 12\%$ отражают чувствительность к объёму [4].

Многие прикроватные мониторы могут измерять PPV. Однако, диагностическая надёжность данного показателя снижается при низком дыхательном объёме (V_t), низкой комплаентности лёгких, сердечной аритмии, спонтанной вентиляции, очень высокой частоте дыхания, внутрибрюшной гипертензии, открытой грудной клетке и вероятно острого лёгочного сердца (АСР) [4]. В конечном счете, PPV и SVV можно использовать только у ограниченного числа пациентов (рис. 1).

Изменения диаметра нижней полой вены

Эти податливые сосуды изменяют размер при искусственной вентиляции в случае ответа на преднагрузку: экстрагепатальный отдел нижней полой вены (IVC) расширяется во время вдоха, поскольку затрудняется венозный возврат, а внутригрудной отдел верхней полой вена (SVC) коллабирует. Однако респираторные колебания диаметра IVC и, в меньшей степени, диаметра SVC менее надёжны, чем другие тесты на чувствительность к преднагрузке [5]. Более того, они имеют те же ограничения, что и PPV (за исключением аритмий), а вариации IVC имеют ограниченные диагностические возможности при внутрибрюшной гипертензии [5].



Изменение дыхательного объема (V_t)

Изменение V_t заключается в том, что пациенту, вентилируемому с V_t 6 мл/кг, необходимо кратковременно увеличить V_t до 8 мл/кг в течение 1 мин и отметить изменение PPV между двумя состояниями дыхательного объема [6] (рис. 1). Увеличение $PPV \geq 3,5\%$ отражает чувствительность к преднагрузке, хотя этот порог варьирует в разных исследованиях [7]. Преимущество этого теста заключается в том, что он требует только измерения изменений PPV, так что достаточно простого мониторинга артериального давления (рис. 1). Стоит отметить, что диагностическая надёжность теста – хорошая, но необходимо уточнить диагностический порог [7]. При наличии острого лёгочного сердца могут наблюдаться ложно положительные результаты.

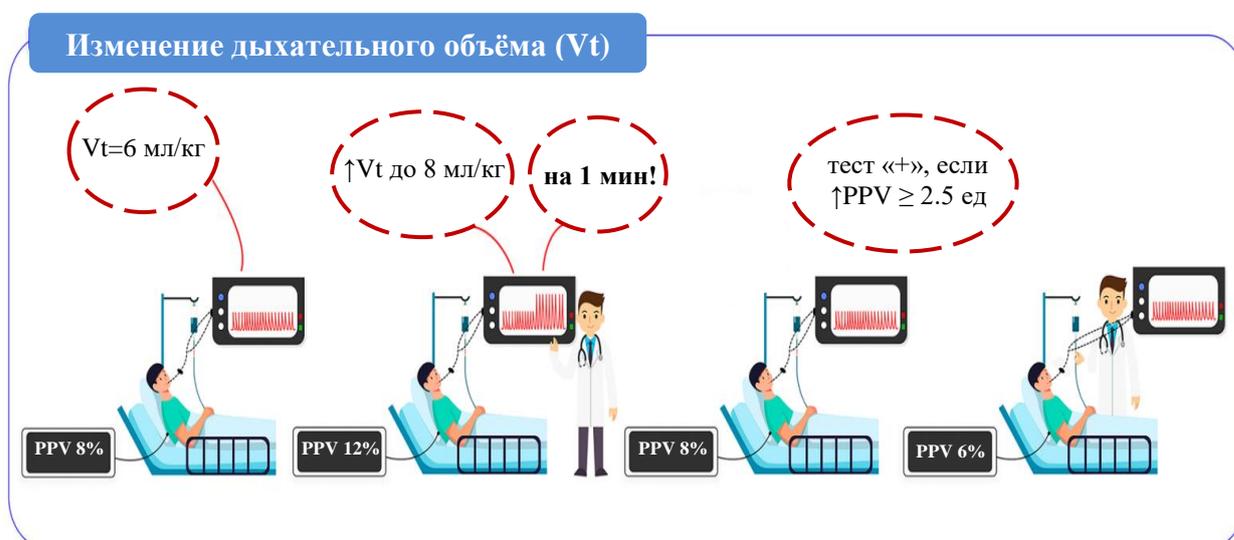


Рисунок 1 – Практический способ оценки реакции на инфузионную преднагрузку с помощью теста на «Изменение дыхательного объема (V_t)» с использованием аппарата искусственной вентиляции лёгких. PPV: изменение пульсового давления.

Тест на окклюзию в конце выдоха

Он заключается в прерывании вентиляции в конце выдоха на 15 секунд (рис. 2). Давление в дыхательных путях снижается до положительного давления в конце выдоха (PEEP), уменьшая внутригрудное давление и увеличивая преднагрузку сердца [8]. Окклюзия должна быть достаточно длительной, чтобы увеличенная преднагрузка правого желудочка передалась на левую сторону. Недостатком является то, что пациенты должны выдержать 15-секундную экспираторную паузу, не вызывая спонтанного вдоха (рис. 2). В



настоящее время тест хорошо валидизирован, и диагностическим порогом является увеличение СВ $\geq 5\%$ [9]. Он может быть менее надежным при наличии острого лёгочного сердца, но это требует подтверждения. Такой низкий порог требует достаточно точного измерения СВ, что не обеспечивается ультразвуковыми методами. Если используется эхокардиография или пищеводной доплерография, необходимо выполнять не только экспираторную паузу, которая снижает ударный объем в случае реакции на преднагрузку, но и инспираторную паузу, которая имеет противоположный эффект (рис. 2). Сложение изменений, полученных во время двух последовательных пауз, увеличивает амплитуду изменений ударного объёма, которые становятся лучше различимы при ультразвуковом исследовании [10].

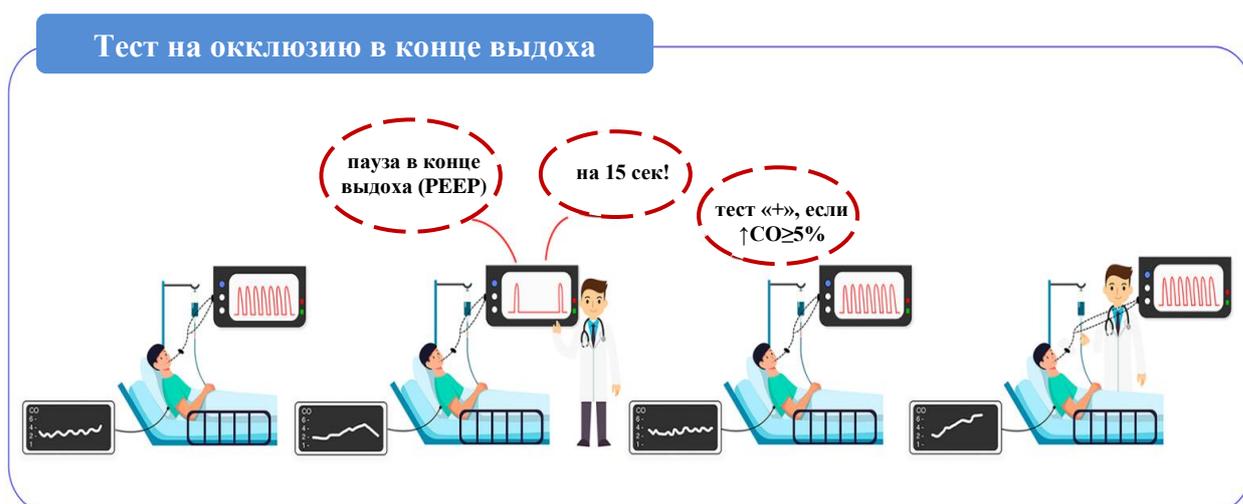


Рисунок 2 – Практический способ оценки реакции на преднагрузку с помощью теста «На окклюзию в конце выдоха» с использованием аппарата искусственной вентиляции лёгких. CO: сердечный выброс; PEEP: положительное давление в конце выдоха; PPV: изменение пульсового давления.

Рекрутинговые маневры

Увеличивая объём лёгких, рекрутинговые маневры повышают внутригрудное давление, что значительно снижает преднагрузку сердца. Некоторые исследования показали, что снижение СВ, наблюдаемое во время манёвров рекрутинга, определяет восприимчивости пациента к инфузии [5]. Также это исследование позволили количественно определить реакцию на инфузию путём измерения величины наклона изменений артериального давления,



вызванных вдохами, выполняемыми при различных уровнях давления [11, 12]. Однако манёвры рекрутинга имеют ограниченные показания и могут быть опасны в случае АСР, что снижает интерес к этим тестам.

РЕЕР тест

У пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, с $PEEP \geq 10$ см H₂O, РЕЕР снижают до 5 см H₂O (рис. 3). В недавнем исследовании увеличение СВ (контурный анализ пульса) $\geq 9\%$ достоверно определяло реакцию на инфузионную преднагрузку [13]. Изменения PPV, но не пульсового давления, также позволяли надёжно прогнозировать, хотя и с меньшей вероятностью [13]. Результаты уникального исследования требуют подтверждения, особенно в различных группах населения (пациенты без ОРДС, другие методы измерения СВ и т.д.) Ограничением данного теста является риск дерекрутирования лёгких.

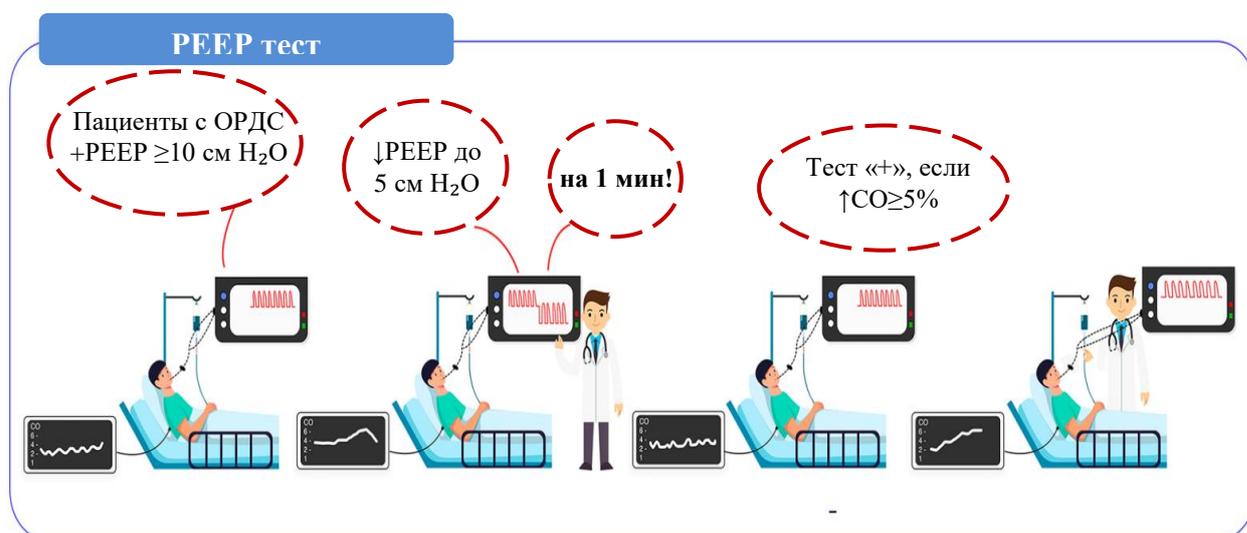


Рисунок 3 – Практический способ оценки реакции на инфузию с помощью «РЕЕР-теста» с использованием аппарата искусственной вентиляции лёгких. ОРДС: острый респираторный дистресс-синдром; CO: сердечный выброс; РЕЕР: положительное давление в конце выдоха; PPV: изменение пульсового давления; Vt: увеличение объема

Как выбрать подходящий инструмент?

На рисунках показаны факторы, которые следует учитывать при выборе правильного инструмента. Несмотря на то что PPV и SVV имеют множество ограничений, эти показатели получили самый высокий уровень



доказательности (наряду с тестом на пассивное поднятие ног). Если монитор СВ отсутствует, достаточно посмотреть на изменения PPV во время Vt-теста или теста РЕЕР (при условии, что последний лучше валидирован). Тест с окклюзией в конце выдоха очень надёжен, но требует, чтобы у пациента не было сильной дыхательной активности. Все эти тесты имеют одно и то же преимущество – их легко выполнять у вентилируемых пациентов.

Выводы

Влияние вентиляции с положительным давлением на преднагрузку сердца позволяет легко определить восприимчивость пациента к инфузии с помощью различных тестов и индексов. В будущем эти тесты можно будет автоматизировать, подключив аппарат искусственной вентиляции лёгких к устройствам для мониторинга гемодинамики. Они позволят нам персонализировать терапевтическую стратегию в соответствии с физиологическими характеристиками пациента [14] и участвовать в стратегии, основанной на мониторинге, которая может улучшить исход пациентов [15].

Информация об авторах

1 – Ксавье Монне (Xavier Monnet)

Отделение интенсивной терапии и реанимации, Больница Бисетр, Отделение неотложной помощи, Университет Париж-Сакле, Франция

2 – Даниэль Де Бакер (Daniel De Backer)

Отделение интенсивной терапии, больницы CHIREC, Свободный университет Брюсселя, Брюссель, Бельгия

3 – Майкл Р. Пински (Michael R. Pinsky)

Отделение интенсивной терапии, Питтсбургский университет, Питтсбург, Пенсильвания, США

Конфликты интересов

Daniel DE BACKER получал гонорары за консультации или чтение лекций для Edwards Lifesciences, Philips, Viatris и Pharmazz. Xavier MONNET получал



гонорары за консультации, гранты на институциональные исследования и за чтение лекций от Pulsion Medical Systems (Getinge). Он получал гонорары за чтение лекций от Baxter Healthcare и AOP Health. Michael PINSKY получал гонорары за чтение лекций от компаний Baxter Medical и Edwards LifeSciences.

Для наиболее заинтересованных читателей полнотекстовый вариант статьи по ссылке <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07708-w>