

Десинхронизация пациента с вентилятором – распространенная проблема в отделениях интенсивной терапии. К сожалению, в большинстве случаев вину за нее возлагают на пациента. Его часто обвиняют в том, что он «борется с вентилятором» или «мешает аппарату», и это становится основанием для углубления седации или даже для назначения миорелаксантов.

Когда у прежде спокойного пациента возникают проблемы с вентиляцией, то первым делом нужно проверить дыхательный контур. Отсоединение пациента от аппарата и ручная вентиляция с помощью дыхательного мешка помогают исключить физиологические проблемы – если пациенту станет лучше, то вероятной причиной беспокойства являются настройки аппарата. Если же нет, то вам нужно внимательно посмотреть и убедиться, что эндотрахеальная трубка на месте, легкие раздуваются и функция сердца адекватна. Пример мониторинга для поиска основных причин – СОПОР:

- Смещение эндотрахеальной трубки (распознается по исчезновению кривой ETCO_2)
- Обструкция эндотрахеальной трубки или дыхательных путей (потеря кривой ETCO_2 при полной обструкции; высокое сопротивление дыхательных путей с частичной обструкцией приводит к появлению свистящих хрипов или изменению кривой ETCO_2 по типу «акульего плавника»)
- Пневмоторакс
- Оборудование – проверьте возможные неисправности
- Ряд из 2 и более идущих друг за другом вдохов (накладывая вдохов)

Кроме того, не забывайте про тромбоэмболию легочной артерии, сепсис, делирий, лихорадку и другие причины возбуждения.

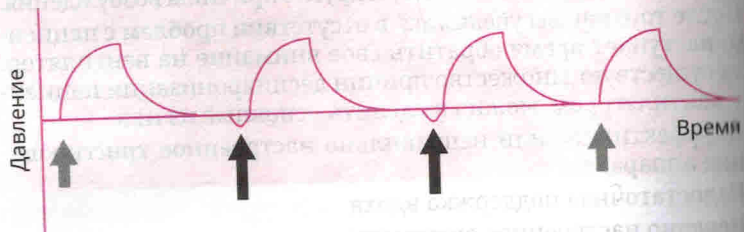
После того как вы убедились в отсутствии проблем с пациентом, наступает время обратить свое внимание на вентилятор. Хотя существует множество причин десинхронизации пациента с вентилятором, можно выделить основные из них:

- Неэффективное или неправильно настроенное триггирование аппарата
- Недостаточная поддержка вдоха
- Неверно настроенное окончание вдоха

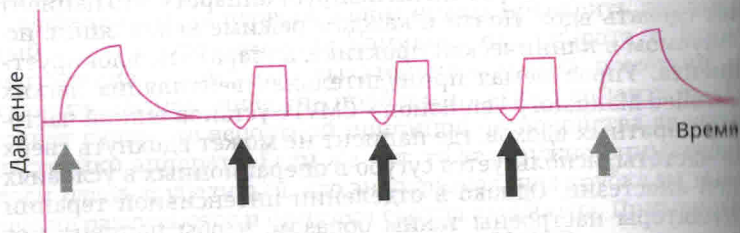
Неэффективное или неправильно настроенное триггирование аппарата

Триггирование вентилятора происходит при выполнении пациентом усилия, которое сигнализирует аппарату, что пациент хочет сделать вдох. Почти в каждом режиме вентиляции, используемом в клинической практике, аппарат «не блокирует» пациента. Управляемая принудительная вентиляция легких (Controlled Mandatory Ventilation – CMV) с установленной частотой аппаратных вдохов, где пациент не может вдохнуть сверх этой частоты, используется сугубо в операционных условиях общей анестезии. Однако в отделении интенсивной терапии вентиляторы настроены таким образом, чтобы пациент мог дышать с частотой, превышающей заданную.

Триггер можно настроить или по отрицательному давлению на вдохе (обычно от -1 до -3 см H_2O), или по инспираторному потоку (обычно от 1 до 4 л/мин). Когда пациент активирует триггер, аппарат подает то, что ему предписано. При Assist-Control вентиляции ответом на попытку вдоха будет либо поступление дыхательного объема (в режиме с контролем объема), либо повышение давления на вдохе в течение определенного времени вдоха (в режиме с контролем давления). В режиме PSV или SIMV усилие пациента приводит к созданию и поддержанию заданного давления, пока поток воздуха на вдохе не упадет до определенного порога (обычно 25-30% от пикового потока), после чего вдох прекращается.



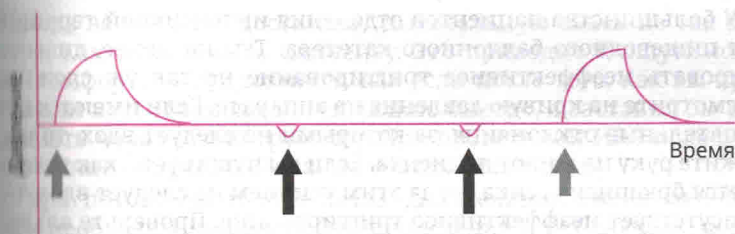
Триггерование в режиме Volume Assist-Control. Серая стрелка указывает на аппаратный вдох. Черная стрелка указывает на небольшое отрицательное давление, генерированное пациентом. За этой попыткой вдоха также следует полный аппаратный вдох.



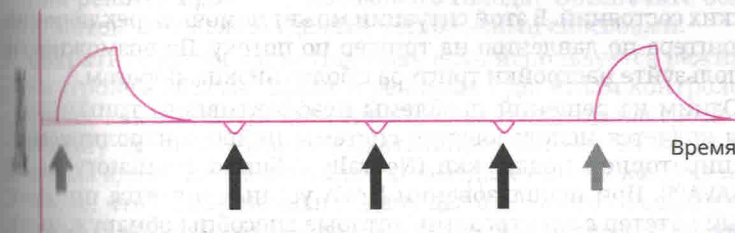
Триггерование в режиме SIMV/PS. Серая стрелка указывает на аппаратный вдох, который производится с заданной частотой. Черная стрелка указывает на вдох, инициированный пациентом, который усиливается заданным давлением.

Неэффективное триггерование возникает тогда, когда вентилятор не реагирует на попытку вдоха пациента. Причина может быть проста: возможно, триггер аппарата установлен слишком жестко – оцените настройки и исправьте инспираторное давление или поток триггера так, чтобы позволить пациенту инициировать работу вентилятора. Однако чаще всего настройки аппарата вполне корректные, а пациент не способен запустить триггер из-за динамической гиперинфляции (autoPEEP) или из-за мышечной слабости.

Самым точным способом распознать неэффективное триггерование является использование пищевода баллонного катетера. При размещении его в середине пищевода измеряемое датчиком катетера давление отражает среднее внутриплевральное давление. Спонтанные дыхательные попытки будут видны на кривой давления в виде провалов, которые возникают при снижении внутриплевального давления и создании отрицательного давления на уровне эндотрахеальной трубки. Это должно дать сигнал вентилятору о желании пациента сделать вдох.



Неэффективное триггерование в режиме вентиляции Volume Assist-Control. Черные стрелки указывают на усилия пациента, но эти попытки инициировать работу вентилятора не привели к аппаратному вдоху. Вентилятор обеспечивает вдохи в соответствии с заданной аппаратной частотой (серые стрелки).



Неэффективное триггерование в режиме SIMV/PS. Попытки пациента не приводят к вдоху с поддержкой давлением. Аппаратные вдохи доставляются в соответствии с заданной частотой.

Если у пациента имеется значительная величина autoPEEP из-за ХОБЛ или бронхиальной астмы, повышенное внутриальвеолярное давление в конце выдоха повышает порог срабатывания вентилятора за пределами установок триггера. Например, пациент с измеренным альвеолярным давлением в конце выдоха 10 см H₂O (при нулевом внешнем PEEP) должен создать внутриплевральное давление 12 см, чтобы достичь отрицательного давления в дыхательных путях -2 см H₂O. Если триггер вентилятора установлен на уровне -2 см, пациенту потребуется значительное дыхательное усилие, чтобы дышать сверх установленной аппаратной частоты.

У большинства пациентов отделения интенсивной терапии нет пищевода баллонного катетера. Тем не менее, диагностировать неэффективное триггирование не так уж сложно. Посмотрите на кривую давления на аппарате. Если имеются отрицательные отклонения, за которыми не следует вдох, то положите руку на живот пациента. Если вы чувствуете, как втягивается брюшная стенка, но за этим усилием не следует вдох, то присутствует неэффективное триггирование. Проверьте альвеолярное давление в конце выдоха, чтобы измерить autoPEEP. При наличии autoPEEP попробуйте его исправить, увеличив время выдоха и уменьшив обструкцию дыхательных путей (бронходилататоры, стероиды, санация дыхательных путей).

Иногда пациент может быть не в состоянии запустить аппарат ИВЛ из-за нейромышечной слабости. Это может наблюдаться при первичных нейромышечных заболеваниях, таких как миастения и синдром Гийена-Барре, или при полинейропатии критических состояний. В этой ситуации может помочь переключение с триггера по давлению на триггер по потоку. По возможности используйте настройки триггера с более низким порогом.

Одним из решений проблемы неэффективного триггирования является использование системы нейро-контролируемой респираторной поддержки (Neurally Adjusted Ventilatory Assist – NAVA™). При использовании NAVA устанавливается пищеводный катетер с электродами, которые способны обнаруживать электрическую активность диафрагмальных нервов во время сокращения диафрагмы. Когда электрод определяет электрический импульс, вентилятор начинает вдох. Величина поддержки устанавливается врачом — как правило, уровень NAVA (см H₂O/мкВ) уменьшается на порог электрической чувствительности (обычно 0,5 мкВ), чтобы получить положительное давление

необходимое для дыхательного объема 6-8 мл/кг. Когда аппарат ИВЛ обнаруживает сокращение диафрагмы, поддержка NAVA продолжается до тех пор, пока электрический сигнал не упадет на 50-75%. Поддержка вентилятора зависит от силы электрической активности диафрагмы, поэтому давление всегда разное. Значительно уменьшено время отклика между попыткой вдоха и триггированием аппарата. Теоретически это должно улучшить синхронизацию пациента и вентилятора.

Потоковый голод

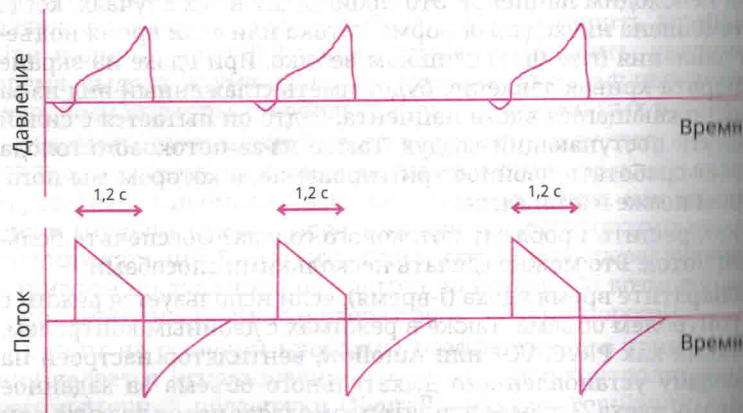
Иногда вентилятор доставляет дыхательную смесь не так быстро, как хотелось бы пациенту. Это приводит к ощутимому дискомфорту — представьте, как если после того, как вы пробежали круг стадиона максимально быстро, я заставил бы вас дышать через узкую трубочку. При проведении ИВЛ подобное состояние получило название «потоковый голод».

При потоковом голоде поток дыхательной смеси меньше, чем необходим пациенту. Это происходит в тех случаях, когда установлена нисходящая форма потока или если время подъема давления (rise time) слишком велико. При вдохе на экране аппарата кривая давления будет иметь сглаженный вид из-за продолжающегося вдоха пациента, будто он пытается с силой втянуть поступающий воздух. Также из-за потокового голода может сработать двойное триггирование, о котором мы поговорим позже в этой главе.

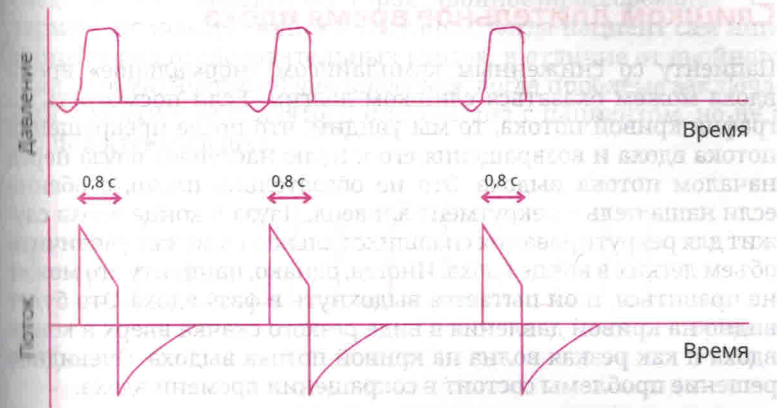
Как решить проблему потокового голода? Обеспечьте больший поток. Это можно сделать несколькими способами:

- Сократите время вдоха (I-время), если используется режим с контролем объема. Также в режимах с двойным контролем, таких как PRVC, VC+ или Autoflow, вентилятор настроен на подачу установленного дыхательного объема за заданное время вдоха. Затем вентилятор замедляет поток воздуха при вдохе, чтобы обеспечить подачу дыхательного объема с минимально возможным давлением. В большинстве случаев это хорошо работает и очень удобно для пациента. Однако при наличии потокового голода это означает, что вентилятору требуется слишком много времени для доставки дыхательной смеси. Сокращение времени вдоха автоматически увеличит скорость потока, необходимую для доставки дыхательного объема.

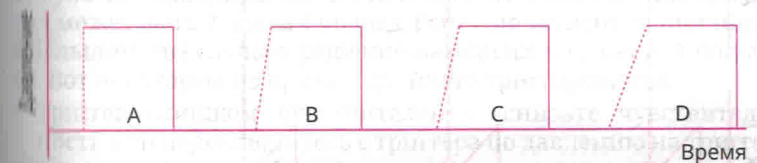
- Измените поток с нисходящего на постоянный. Большинство пациентов предпочитают нисходящий поток, но при наличии чувства нехватки воздуха (особенно у пациентов с ХОБЛ или астмой) постоянный поток обеспечивает более быструю доставку необходимого объема газа.
- Сократите время подъема давления на вдохе (rise time). Обычно rise time не сильно влияет на вентиляцию, но если вы пытаетесь точно настроить вентилятор в соответствии с потребностями пациента, то стоит обратить внимание на этот параметр. Под rise time подразумевается время, которое требуется вентилятору для достижения пикового потока с нулевого уровня. Если rise time слишком велико, пациенту будет казаться, что вентилятор медленно доставляет дыхательную смесь. Если же rise time слишком короткое, то возникнет ощущение, схожее с дыханием из шланга со сжатым воздухом. Обычно rise time составляет 0,1-0,15 секунд.



Потоковый голод при вентиляции в режиме PRVC. Видна «впадина» на кривой давления. У данного пациента время вдоха составляет 1,2 секунды. Такая продолжительность вдоха, вкуче с нисходящим потоком, может привести к потоковому голоду при наличии чувства нехватки воздуха или если есть необходимость увеличить минутную вентиляцию для удовлетворения метаболических потребностей.



Этот же пациент. Время вдоха уменьшено до 0,8 с. Дыхательный объем стал доставляться быстрее, что обязательно увеличивает необходимый инспираторный поток. Кривая давления стала иметь более нормальный вид, из чего следует вывод, что потоковый голод купирован.

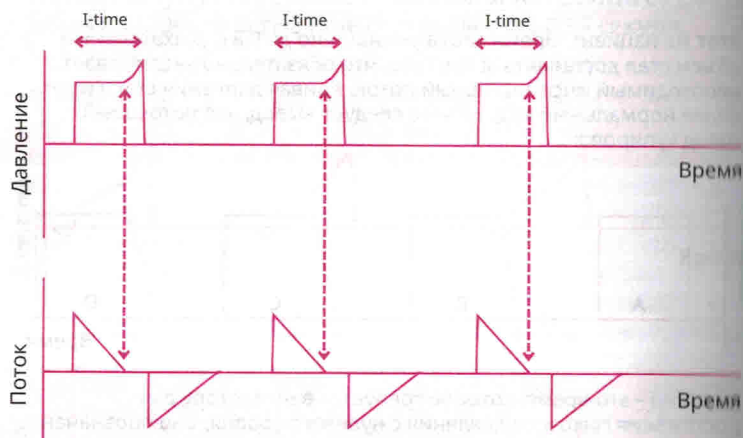


Rise time – это время, которое требуется вентилятору для достижения пикового давления с нулевого уровня, оно обозначено на рисунке пунктирной линией.

- A: Rise time составляет 0,0 секунды. Такое время подойдет пациенту со значительной нехваткой воздуха.
- B: Rise time составляет 0,1 секунды. Это комфортное время для большинства пациентов.
- C: Rise time составляет 0,15 секунды. Опять же, это достаточное время почти для всех пациентов, только начальная подача газа происходит не так резко, как в вариантах A и B.
- D: Rise time составляет 0,25 секунды. Это много и может вызвать потоковый голод. Продолжительный rise time может быть приемлем у пациента с серьезным снижением респираторного комплайенса, когда имеется необходимость держать давление в дыхательных путях ниже.

Слишком длительное время вдоха

Пациенту со сниженным комплайнсом «нормальное» время вдоха может оказаться слишком долгим. Если посмотреть на график кривой потока, то мы увидим, что после прекращения потока вдоха и возвращения его к нулю наступает пауза перед началом потока выдоха. Это не обязательно плохо, особенно если наша цель – рекрутмент альвеол. Пауза в конце вдоха служит для рекрутирования спавшихся альвеол и может увеличить объем легких в конце вдоха. Иногда, однако, пациенту это может не нравиться, и он пытается выдохнуть в фазу вдоха. Это будет видно на кривой давления в виде резкого скачка вверх в конце вдоха и как резкая волна на кривой потока выдоха. Очевидное решение проблемы состоит в сокращении времени вдоха.

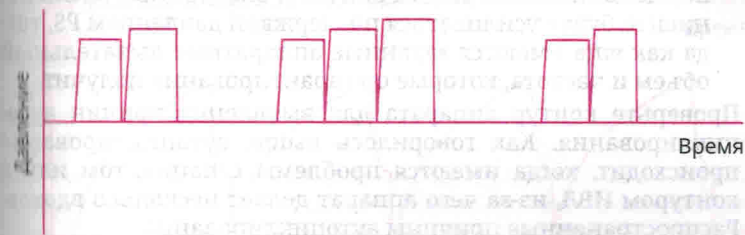


У этого пациента время вдоха слишком велико. Инспираторный поток остановился, потому что легкие уже наполнены, и пациент пытается выдохнуть, но вентилятор настроен на время вдоха 1,2 секунды. Нужно уменьшить время вдоха.

Двойное триггирование

Двойное триггирование является одной из наиболее распространенных проблем вентиляции, с которыми можно столкнуться в отделении интенсивной терапии, и может быть

следствием нескольких факторов. Двойное триггирование – это термин, использующийся в ситуации, когда пациент сам инициирует ряд последовательных вдохов, в отличие от двойного (или автоматического) циклирования, когда проблема заключается в контуре вентилятора или связана с пациентом, но не с его попытками вдоха.



Двойное и тройное циклирование вентилятора.

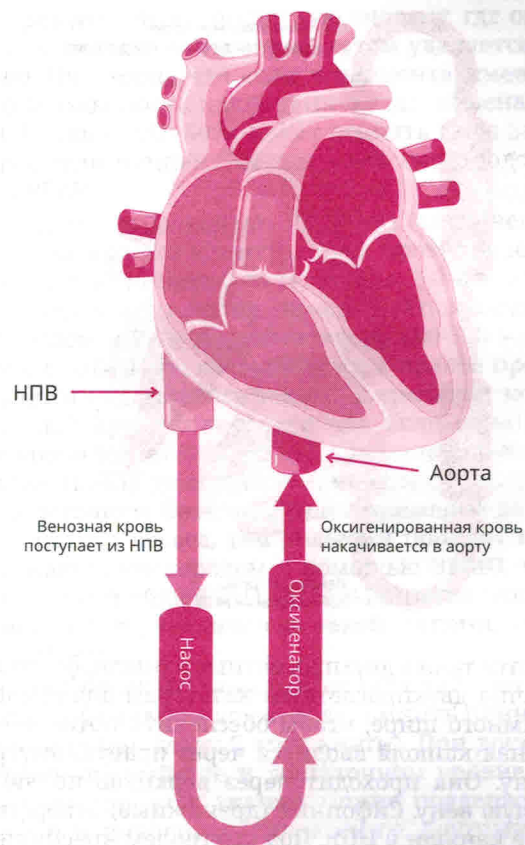
В основном, двойное триггирование происходит, когда вентилятор почувствовал, что пациент хочет вдохнуть, хотя он только что уже инициировал вдох. Это приводит к наложению вдохов – их может быть 2, 3 или 4 подряд. Решение зависит от причины. В большинстве случаев решение находится не с первой попытки. Вот некоторые из причин двойного триггирования:

- Триггер слишком чувствителен — снизьте чувствительность или переключитесь с триггера по давлению на триггер по потоку (или наоборот).
- Вы даете пациенту недостаточный объем. Это часто происходит, когда у пациента с сохраненным спонтанным дыханием применяется «протективный» дыхательный объем из расчета 4-6 мл/кг в режиме Assist-Control вентиляции с контролем объема. Вентилятор прекращает подачу газа после доставки заданного объема, но пациент продолжает вдыхать. Вентилятор расценивает это как следующее дыхательное усилие и выдает еще один дыхательный объем сразу после первого. Вот возможные решения:
 - Увеличьте объем вдоха — данное решение, вероятно, лучшее и самое простое из того, что можно сделать, но оно противоречит стандартным протоколам ИВЛ и может подвергнуться критике.

Иногда состояние легких пациента настолько плохое, что адекватный газообмен либо невозможен, либо может быть достигнут только с использованием крайне высоких величин давления в дыхательных путях. В таком случае вено-венозную экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ВВ ЭКМО) стоит рассматривать в качестве терапии спасения. Эта глава представляет собой небольшой обзор по применению экстракорпоральной поддержки и просто знакомит читателя с принципами ее использования. Тем специалистам, кто хочет использовать процедуру ЭКМО для лечения пациентов, настоятельно рекомендуется посетить учебную программу, спонсируемую организацией экстракорпорального жизнеобеспечения Extracorporeal Life Support Organization – ELSO.

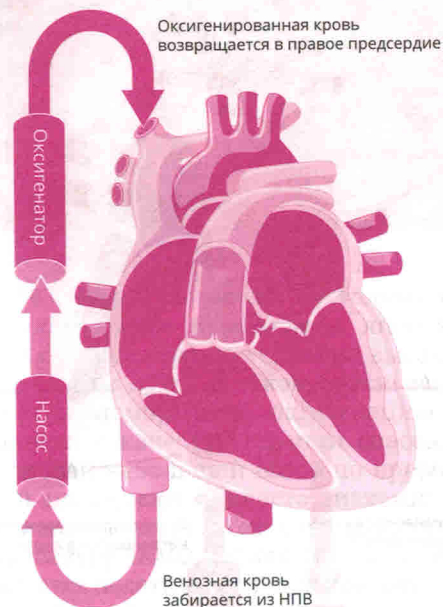
ВВ против ВА

Вено-венозная ЭКМО существенно отличается от вено-артериальной ЭКМО (ВА ЭКМО). ВА ЭКМО напоминает аппарат искусственного кровообращения. Кровь забирается с помощью канюли из бедренной вены. Затем кровь прокачивается через оксигенатор и, когда она полностью насыщается кислородом, возвращается пациенту через канюлю, помещенную в бедренную или подключичную артерию. У новорожденных часто используется сонная артерия, однако у взрослых использования сонной артерии избегают из-за риска инсульта. С помощью ВА ЭКМО может поддерживаться как легочная функция, так и функция сердца. Насос создает достаточный поток, чтобы компенсировать даже самую тяжелую сердечную недостаточность. Фактически основным показанием для ВА ЭКМО у взрослых является рефрактерный кардиогенный шок.



Контур ВА ЭКМО обеспечивает одновременно респираторную и сердечную поддержку, накачивая оксигенированную кровь прямо в аорту. При необходимости насос может создать поток, достаточный для полного замещения сердечного выброса.

ВВ ЭКМО, в отличие от ВА ЭКМО, не обеспечивает поддержку сердечной деятельности. Кровь забирается из нижней полой вены через канюлю, помещенную в бедренную вену. После прохождения через оксигенатор кровь возвращается в правое предсердие через канюлю, помещенную во внутреннюю яремную вену.



Применяются также двухпросветные канюли, функция которых аналогична двухпросветным катетерам для гемодиализа (хотя они намного шире, чтобы обеспечить поток 4-7 л/мин). Двухпросветная канюля вводится через правую внутреннюю яремную вену. Она проходит через верхнюю полую вену в нижнюю полую вену. Сифонные (дренажные) отверстия находятся в конце канюли в НПВ. Под контролем чреспищеводной эхокардиографии канюлю располагают таким образом, чтобы порт для возврата крови находился над трехстворчатым клапаном. Это помогает снизить риск рециркуляции.

Как ВВ ЭКМО обеспечивает респираторную поддержку

Лучший способ мысленно вообразить себе ВВ ЭКМО – это представить весь контур как продолжение правого предсердия. В норме венозная кровь, возвращаясь в правое предсердие, имеет SvO_2 70-80%. У пациентов с выраженной гипоксемией SvO_2

значительно ниже – как правило, 50-60%. Венозная кровь проходит через легочную сосудистую систему, где она связывает кислород и отдает CO_2 (который затем удаляется за счет вентиляции). Очевидно, что если у пациента имеется тяжелый ОРДС, то возможность полноценного газообмена весьма ограничена. Кровь с SvO_2 50% может поднять свою SaO_2 только до 80%, даже если пациент дышит 100% кислородом с высоким уровнем РЕЕР.

Когда пациенту подключают ВВ ЭКМО, часть венозной крови (но не вся) забирается в контур. Насос прокачивает кровь через мембранный оксигенатор со скоростью 4-7 л/мин. Когда кровь проходит через оксигенатор, гемоглобин полностью насыщается кислородом и PaO_2 поднимается до 400-500 мм рт. ст. Когда эта кровь с SaO_2 100% возвращается в правое предсердие, она смешивается с оставшейся венозной кровью и затем проходит через малый круг кровообращения. Если одна половина венозной крови имеет SvO_2 60%, а другая половина – SvO_2 100% (благодаря ЭКМО), то общая SvO_2 венозного возврата, поступающего в легочную артерию, будет примерно 80%. Чем выше скорость потока насоса, тем больший процент венозной крови насыщается кислородом с помощью ЭКМО, что приводит к более высокой общей SvO_2 . У большинства пациентов поток ЭКМО может быть увеличен до такой степени, что общая SvO_2 составит 85-90%.

И вот тут ВВ ЭКМО показывает себя действительно классной штукой. Сейчас вы должны вспомнить принципы доставки кислорода (см. главу 5 этой книги). При достаточно высоком сердечном выбросе и достаточном уровне гемоглобина доставка кислорода к тканям может поддерживаться даже при легкой и умеренной гипоксемии. Другими словами, совершенно нормально иметь SaO_2 80-85%, при условии, что сердечный выброс достаточен и гемоглобина хватает для переноса связанного кислорода.

Итак, если SaO_2 80-85% достаточно для поддержания жизнедеятельности (при адекватном сердечном выбросе и гемоглобине) и если SvO_2 можно поддерживать на уровне 80-85% при помощи ВВ ЭКМО, то **в легочном газообмене вообще нет необходимости**. Это очень важный момент и краеугольный камень для понимания того, почему ВВ ЭКМО может быть эффективной терапией спасения при тяжелом ОРДС. Если венозная кровь имеет сатурацию 85% и протекает через легкие, в

которых не происходит ничего, она достигает левого предсердия с сатурацией 85%. Поскольку мы уже установили, что SaO_2 85% достаточно, если имеется адекватный сердечный выброс и гемоглобин, тогда нет необходимости «добивать легкие» высоким РЕЕР, агрессивными параметрами ИВЛ или любыми другими методами, которые мы применяем при тяжелой дыхательной недостаточности. Вместо этого можно перевести вентилятор в режим, который обычно называется «настройки для отдыха».

«Настройки ИВЛ для отдыха» при проведении ВВ ЭКМО*

- Вентиляция с контролем давления PCV
- Частота вентиляции 10 вдохов/мин
- Время вдоха 1,0-2,0 секунды, отрегулированное для большего комфорта пациента
- P_{INSP} 25 см H_2O
- РЕЕР 10 см H_2O
- FiO_2 30%

Газообмен в контуре ЭКМО зависит от потока крови через оксигенатор и потока кислорода через мембрану оксигенатора. Кислород, проходящий через мембрану, известен как очищающий газ, потому что он очищает («выметает») CO_2 из крови через мембрану. Растворимость CO_2 гораздо выше, чем у кислорода, поэтому его можно быстро удалить, увеличив поток очищающего газа. Насыщение крови кислородом можно увеличить за счет повышения скорости кровотока через мембранный оксигенатор. Проще говоря, поток крови в контуре обуславливает оксигенацию, в то время как поток газа контролирует вентиляцию. Поток очищающего газа обычно составляет 2-6 л/мин. FiO_2 очищающего газа изначально устанавливается на уровне 1,0 для достижения наилучшей оксигенации крови в контуре.

* Всегда помните, что весь смысл ВВ ЭКМО при дыхательной недостаточности состоит в том, чтобы дать легким отдохнуть и восстановиться. Если легкие на рентгенограмме totally затемнены, а дыхательный объем при протективных параметрах составляет < 100 мл, пусть будет так! Не поддавайтесь искушению «накрутить» настройки вентилятора для улучшения газообмена. Позвольте контуру ЭКМО сделать свою работу.

Начальные параметры ВВ ЭКМО

- Скорость кровотока в контуре 50-60 мл/кг
- Отрегулируйте скорость кровотока в контуре, чтобы поддерживать SaO_2 80-85%
- FiO_2 очищающего газа 100%
- Установите поток газа примерно таким же, как скорость кровотока в контуре
- Отрегулируйте поток очищающего газа, чтобы поддерживать PaCO_2 35-45

В большинстве случаев некоторая респираторная поддержка все же необходима. Она выполняется не для того, чтобы обеспечить дополнительный газообмен, а чтобы повысить комфорт пациента и предупредить развитие осложнений. Если пациенту установить ВВ ЭКМО и затем экстубировать, отсутствие какого-либо положительного давления в легких приведет к тотальному коллапсу альвеол и консолидации. Это может вызвать значительное тахипное и респираторный дистресс. Альвеолярная консолидация к тому же препятствует нормальному очищению дыхательных путей от мокроты, что может привести к пневмонии или абсцессу легкого.

Тем не менее, недавний опыт применения ВВ ЭКМО показал, что по мере выздоровления пациенты могут проводить все больше и больше времени без аппарата ИВЛ. Это важно, потому что означает, что физиотерапию и активизацию можно начинать очень рано, даже во время проведения ВВ ЭКМО. Это сделать намного проще при использовании двухпросветной канюли, введенной через внутреннюю яремную вену. С целью уменьшения седации и начала активизации пациента следует подумать о ранней трахеостомии, как только она станет возможной. Нет ничего лучше, чем видеть прогуливающегося по коридору пациента с тяжелой формой ОРДС, за которым толкают контур ЭКМО.

Отлучение от ВВ ЭКМО

По мере того, как пациент начинает выздоравливать, FiO_2 очищающего газа можно снизить. Скорость потока крови в контуре, которую вы выбрали, пока не следует снижать — более медленный кровоток увеличивает риск тромбирования контура. Держите в уме, что ВВ ЭКМО — это просто как действительно большое правое предсердие. По мере уменьшения FiO_2 очища-

ющего газа кровь, проходящая через оксигенатор, будет поглощать меньше кислорода. Это означает, что участие собственных легких пациента в газообмене увеличивается. Как только FiO_2 очищающего газа составит 0,21, контур ЭКМО совсем прекратит насыщать кровь пациента кислородом – все это делается на фоне вентиляции с низким уровнем поддержки. Кровь просто проходит через большое правое предсердие, но никакой дополнительной оксигенации не происходит. Если состояние пациента приемлемое, значит, пришло время отключить его от ЭКМО.

Отбор пациента

Часто это самая сложная часть использования ВВ ЭКМО при тяжелой острой дыхательной недостаточности. В течение многих лет ЭКМО использовалась преимущественно у новорожденных с респираторным дистресс-синдромом, мекониевой аспирацией и врожденной диафрагмальной грыжей. Однако в последние годы ЭКМО становится все более популярным методом лечения среди более старших детей и взрослых. В 2009 г. пандемия гриппа H1N1 усилила интерес к ЭКМО, особенно вено-венозной, как к терапии спасения. Исследование CESAR, опубликованное в журнале *The Lancet* в 2009 г., продемонстрировало положительный результат на выживаемость пациентов с тяжелым гриппозным ОРДС, переведенных в центры ЭКМО.⁶⁹ Интересен тот факт, что только 75% из тех, кто был переведен в эти центры, действительно были подключены к ЭКМО. Возможно, настоящая польза для пациента заключается не в применении самой ЭКМО, а в нахождении пациента в крупном центре, где имеются соответствующий опыт и возможность применять разные методы терапии спасения, включая ЭКМО.

Показания для ВВ ЭКМО

- Гипоксическая дыхательная недостаточность с прогнозируемым риском смерти $\geq 50\%$
 - a. $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ при $\text{FiO}_2 > 90\%$, несмотря на оптимальное лечение в течение 6 часов или более
 - b. Оценка по шкале Мюррея* ≥ 3 , несмотря на оптимальное лечение в течение 6 часов или более
- Рефрактерная к лечению гиперкапническая дыхательная недостаточность с $\text{pH} < 7,15$

* <http://cesar.lshhtm.ac.uk/murrayscorecalculator.htm>

- Острое начало потенциально обратимой причины дыхательной недостаточности
- Возраст ≤ 65 лет
- Внезапный респираторный коллапс, который не реагирует на оптимальное лечение (обструкция дыхательных путей и т.д.)

Противопоказания к ВВ ЭКМО*

- ИВЛ с жесткими параметрами (например, $\text{FiO}_2 \geq 90\%$, $\text{P}_{\text{PLAT}} > 30$, $\text{PEEP} \geq 15$) в течение 7 дней или дольше
- Противопоказания к применению антикоагулянтов
- Абсолютное количество нейтрофилов $< 500/\text{мм}^3$
- Серьезное повреждение ЦНС или другая неизлечимая сопутствующая патология
- Возраст > 65
- Прогрессирование хронического респираторного заболевания до дыхательной недостаточности

До начала ВВ ЭКМО необходимо предпринять следующие шаги для улучшения состояния пациента. Они перечислены в порядке приоритета, хотя и не все требуются до канюлирования для ЭКМО.

1. Протективная вентиляция легких с использованием дыхательного объема 4-6 мл/кг ПМТ и PEEP в соответствии с протоколом исследования ARDSNet
 2. Применение режима вентиляции со сбросом давления APRV с P_{HIGH} до 35 см H_2O
 3. Применение прон-позиции в течение 16 часов, затем положение на спине в течение 8 часов
 4. Стимуляция диуреза или продленная заместительная почечная терапия для поддержания гидробаланса в пределах 105% сухого веса, если позволяет гемодинамика
 5. Санационная бронхоскопия
- При отсутствии улучшения состояния пациента после вышеперечисленной терапии следует обратиться в центр ЭКМО. Дополнительные меры спасения, которые можно попробовать:
6. Ингаляция оксида азота
 7. Высокочастотная осцилляторная вентиляция легких HFOV

* Противопоказания являются относительными, а не абсолютными; однако наличие этих состояний связано с более высоким риском неудачи лечения. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) предоставляет подробные экспертные рекомендации по отбору и направлению пациентов на своем веб-сайте: www.elseo.org.