

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО

Реферат: «Режимы искусственной вентиляции легких»

Зав. кафедрой: ДМН, Профессор Грицан А.И,

Проверил: КМН, асс. Довбыш Н.Ю.

Выполнил: ординатор 1 года Шкляев Н.С.

Красноярск 2019

План

Классификация режимов вентиляции

Вентиляция по контролю

Механическая вентиляция

Принудительная вентиляция

Высокочастотная вентиляция

Литература

1. Классификация режимов вентиляции

В отечественной литературе принято делить режимы ИВЛ на две большие группы: а) контролируруемую и б) вспомогательную вентиляцию легких.

Контролируемая ИВЛ – это полная замена функции легких (обеспечение доставки газовой смеси в дыхательные пути) аппаратным дыханием (CMV, AssistCMV).

Вспомогательная ИВЛ (ВВЛ) – это дополнительная аппаратная вентиляция легких при сохранении спонтанного дыхания.

Таким образом, при контролируемой ИВЛ больной самостоятельно не дышит, причем если все-таки триггерный механизм используется, то на каждую попытку больного аппарат подает вдох с заданными параметрами (принудительный вдох). При вспомогательной ИВЛ наряду с определенным количеством принудительных вдохов больной имеет возможность дышать самостоятельно, или же аппарат поддерживает самостоятельное дыхание иным образом (PSV).

В соответствие с другими классификациями, под термином вспомогательная понимают вентиляцию, когда кривая давления на вдохе поднимается выше базовой линии (создается положительное давление в дыхательных путях), т.е. респиратор работает на больного и выполняет хотя бы часть работы дыхания.

Термины спонтанный или принудительный вдох часто используются для описания способа обеспечения вдоха при проведении вспомогательной вентиляции. При спонтанном дыхании вдох инициируется и заканчивается пациентом. Иногда изменения потока или давления обусловлены характеристиками легких больного. Например, при вентиляции легких с поддержкой давлением (PSV) переключение на выдох

осуществляется тогда, когда инспираторный поток снижается до определенного значения в момент, когда пациент собирается закончить инспираторную фазу. Вентилятор фиксирует это и в соответствии со своей программой прекращает доставку газа больному. Реально получается, что именно больной прекращает вдох. Таким образом, вдох с поддержкой давлением считается спонтанным.

Принудительные вдохи либо инициируются, либо заканчиваются вентилятором. Например, если аппарат прекращает инспираторный поток при доставке определенного объема (вентиляция, контролируемая по объему) или вдох начинается по истечении определенного промежутка времени, этот вдох рассматривается как принудительный.

Каждый режим вентиляции можно дифференцировать по контролируемому параметру и принципу переключения фаз дыхательного цикла. Например, режим IMV плюс PS следует описать следующим образом:

- принудительный вдох инициируется по времени, объем/поток управляемый, ограниченный по потоку, а переключение с вдоха на выдох осуществляется по времени;
- спонтанный вдох является контролируемым по давлению, инициируемым по давлению, с переключением с вдоха на выдох по потоку.

Данный принцип позволяет охарактеризовать практически все на сегодняшний день используемые режимы вентиляции.

2. Вентиляция по контролю

Вентиляция легких с контролем по давлению (PC) требует, чтобы оператор установил максимальное инспираторное давление. Основная цель респиратора в этом случае - достигнуть и удерживать заданное давление в течение определенного времени. Начальный поток газа при этом довольно большой, поскольку респиратор пытается достигнуть заданного давления. Как только цель (заданное давление) достигается, поток газа снижается (убывающий поток). Это происходит до тех пор, пока не закончится инспираторная фаза.

Инспираторный поток, генерируемый вентилятором, зависит от нескольких факторов. Один из них – выбранный уровень давления. Чем он выше, тем выше градиент давления в дыхательном контуре и, соответственно, скорость потока. Другие факторы включают в себя используемый алгоритм генерирования потока и управления давлением, так же как и легочно-торакальный комплаинс и сопротивление дыхательных путей. Паттерн изменения инспираторного потока в графическом виде представляет собой экспоненциально убывающую кривую. Этот паттерн является результатом уменьшения градиента давления между верхними дыхательными путями и легкими, который возникает одновременно с наполнением легких и выравниванием давления между дыхательным контуром и

легочными структурами. Дыхательный объем также зависит от нескольких факторов, главным образом от механических характеристик легких (растяжимость и сопротивление).

Потенциальными преимуществами вентиляции, контролируемой по давлению, по сравнению с обычными объемными методами являются:

- более быстрый поток на вдохе, который обеспечивает лучшую синхронизацию с аппаратом и снижение тем самым работы дыхания;
- раннее максимальное раздувание альвеол, обеспечивающее лучший газообмен;
- лучшее расправление ранее ателектазированных альвеол;
- возможность использования в условиях негерметичного контура;
- профилактика баротравмы при ИВЛ.

Вентиляция легких, контролируемая по давлению, иногда используется с обратным отношением времени вдоха и выдоха (PC-IRV). В некоторых ситуациях (ОПЛ) использование инвертируемого отношения вдоха к выдоху приводит к улучшению газообмена, по-видимому, за счет улучшения распределения вентиляции и расправления коллабированных альвеол на фоне более высокого среднего давления

При проведении вентиляции с контролем по объему (VC) требуется, чтобы оператор установил заданный дыхательный объем. Обычно также устанавливается частота дыхательных циклов, время вдоха и поток (включая форму потока). При использовании этого режима давление в дыхательных путях зависит в первую очередь от механических характеристик легких больного. Объем, подаваемый в легкие, обычно остается постоянным. Поэтому такую вентиляцию выгодно использовать, когда важно обеспечить стабильный VT и PCO₂. Принципиальным недостатком объемной вентиляции является возможность развития высокого пикового альвеолярного давления и регионального перерастяжения легких.

Хотя имеется достаточно много сведений относительно возможных преимуществ режима с контролем по давлению (особенно при тяжелом паренхиматозном повреждении) перед вентиляцией, контролируемой по объему, доказательств о влиянии выбора режима на исход лечения на сегодняшний день нет. Большинство больных могут равноценно вентилироваться с использованием как одного, так и другого режима, если непрерывно мониторируется такой показатель, как пиковое альвеолярное давление (давление плато), VE, синхронизация дыхания больного и работы вентилятора, газовый состав крови и др.

При объемной вентиляции также можно использовать инвертированное соотношение вдоха к выдоху, причем удлинение инспираторной фазы можно обеспечивать за счет либо замедления потока, либо установки паузы вдоха. Среднее давление за дыхательный цикл при этом может существенно различаться. На среднее и пиковое давление в дыхательных путях оказывает влияние также и форма потока в инспираторную фазу (рампообразная, прямоугольная и др.).

Некоторые респираторы предлагают возможность проводить вентиляцию с периодической подачей (1 на 100 принудительных вдохов) увеличенного вдоха (sigh

volume). Мнения об использовании такого маневра противоречивые. Периодическая подача большого дыхательного вдоха может приводить к расправлению ателектазов и в то же время к созданию нежелательного высокого пикового альвеолярного давления.

3. Механическая вентиляция

Контролируемая механическая вентиляция легких (Controlled Mechanical Ventilation или Continuous mandatory ventilation - CMV). Под этим термином понимают постоянную принудительную вентиляцию, контролируемую по объему (поток/время), с дыхательным циклом, инициируемым по времени. Традиционно, используя аббревиатуру CMV, чаще подразумевают именно объемную вентиляцию, хотя постоянная принудительная вентиляция может проводиться и в варианте с контролем по давлению (CMV-PC).

Дыхание больного в этой ситуации полностью контролируется вентилятором, поэтому сам пациент не может инициировать работу респиратора. В зависимости от производителей и типа респиратора этот режим может называться по-разному - "вентиляция, контролируемая по объему", "постоянная принудительная вентиляция легких", "контролируемый режим" и др.

Контролируемая механическая вентиляция легких не гарантирует, что пациент не попытается самостоятельно дышать. Однако вентилятор не будет отвечать на попытки больного, так как чувствительность его отключена. В такой ситуации паттерн вентиляции становится асинхронным: больной пытается сделать вдохов больше, чем вентилятор их обеспечивает. Невозможность получить вдох по требованию ведет к беспокойству больного, задержке углекислого газа, увеличению работы дыхания. Поэтому большинство современных респираторов при проведении принудительной объемной вентиляции все же предусматривает использование триггерного механизма.

Вспомогательная/контролируемая механическая вентиляция (AssistCMV). Этот режим характеризуется как постоянная принудительная вентиляция, контролируемая по объему, триггерируемая по давлению (по потоку) или по времени, с переключением фаз дыхательного цикла по времени (объему). Минимально необходимая частота и дыхательный объем в этом режиме задаются оператором. Инспираторная фаза инициируется больным, причем на каждую попытку подается заданный дыхательный объем. При отсутствии самостоятельных попыток больного аппарат подает заданное количество аппаратных вдохов ("триггерируемых по времени"). Единственная разница между CMV и AssistCMV в том, что оператор должен установить чувствительность триггера легких.

4. Принудительная вентиляция

Принудительная вентиляция, инициируемая пациентом (Assisted mandatory ventilation - AMV). Данный режим вентиляции подает заданный дыхательный объем при каждой дыхательной попытке больного. Этот режим отличается от AssistCMV отсутствием обязательных (триггеруемых по времени) аппаратных вдохов. Спонтанное дыхание в данном режиме также невозможно. AMV применяется в случаях, когда необходимо протезировать функцию внешнего дыхания у пациентов, находящихся в сознании.

Вентиляция, контролируемая по давлению (Pressure control ventilation - PCV). Обычно этой аббревиатурой обозначают режим постоянной принудительной вентиляции легких, контролируемой по давлению, с инициацией вдоха по времени и с переключением с вдоха на выдох также по времени. Принцип работы респиратора в этом режиме описан в начале раздела. Оператор устанавливает желаемое давление. Доставляемый дыхательный объем изменяется в соответствии с механическими свойствами легких. Принципиальным механизмом переключения на выдох является время. Если легкие наполняются, и поток прекращается до окончания заданного времени вдоха, образуется инспираторная пауза. Режим PCV доступен в течение многих лет, особенно широкое распространение он получил в неонатологии в сочетании с IMV. В современных аппаратах, как правило, используется режим с контролем по давлению, триггеруемый по времени, по давлению или по потоку, с тайм-циклической сменой фаз дыхательного цикла в рамках синхронизированной перемежающейся вентиляции легких (SIMV или PC). Кроме того, в комбинации с режимом SIMV (PC) может использоваться поддержка давлением (PS) для спонтанного дыхания. PCV, как режим постоянной принудительной вентиляции (CMV-PC, PC-IRV), используется при тяжелом повреждении легких.

Перемежающая принудительная вентиляция легких (Intermittent Mandatory Ventilation - IMV). В этом режиме вентилятор дает возможность больному дышать самостоятельно, но периодически (с заданной частотой) подает принудительные вдохи. При отсутствии дыхательных попыток больного режим IMV идентичен CMV. Частота принудительных и спонтанных вдохов должна быть подобрана таким образом, чтобы в сумме со спонтанными вдохами обеспечить нормальную вентиляцию. Изначально этот режим предназначался для отлучения больного от респиратора.

Комбинация спонтанных и принудительных вдохов обеспечивает лучший общий паттерн вентиляции, во многих случаях отпадает необходимость в релаксации и седации. Принудительные вдохи являются контролируемыми по объему или по давлению, триггеруемые по времени, а также с переключением вдоха на выдох по времени (объему). Спонтанные вдохи, как правило, являются контролируемыми по давлению, триггеруемыми по давлению или потоку, с переключением цикла по давлению.

Преимуществами данного режима перед CMV являются улучшение наполнения правого желудочка (за счет снижения количества принудительных вдохов, при которых внутриплевральное давление становится положительным), возможность контроля рабочего P_{aCO_2} пациентом с ХОБЛ, лучшая вентиляция базальных сегментов легких и нормализация V/Q отношения при спонтанных вдохах.

К недостаткам этого режима можно отнести отсутствие синхронизации дыхания больного и принудительной вентиляции респиратором, что может привести к несовпадению фаз дыхательного цикла больного и аппарата и созданию высокого давления в контуре. Использование ограничения максимального давления и принудительной вентиляции с контролем по давлению помогает избежать высокого альвеолярного давления и перерастяжения легких. Использование IMV может быть связано с большой работой больного по обеспечению самостоятельного дыхания. Аппарат должен создавать инспираторный поток не ниже 90 л/мин для того, чтобы удовлетворить потребность больного в пиковом инспираторном потоке.

Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция (Synchronized intermittent mandatory ventilation – SIMV). Является, пожалуй, одним из самых популярных режимов и представляет собой модификацию IMV. Количество принудительных вдохов также выставляется оператором, при этом они могут инициироваться больным в пределах так называемого триггерного окна. Иными словами, принудительные вдохи подаются не в строго положенное время, а возможен дрейф по времени в пределах триггерного окна с целью синхронизации с самостоятельным дыханием больного. На аппаратах размер триггерного окна зависит от длительности инспираторной фазы или всего дыхательного цикла (SV -900, SV-300, Bird-8400). Принудительные вдохи обычно триггерируются по потоку или по давлению. Если самостоятельное дыхание больного по какой-либо причине прекращается, вентилятор обеспечивает вентиляцию, триггерируемую по времени.

Также как и при IMV, принудительные вдохи могут быть контролируемы либо по объему, либо по давлению. Кроме того, фаза самостоятельного дыхания может обеспечиваться в режиме поддержки давлением (PSV).

Данный режим вентиляции может использоваться практически при любой форме дыхательной недостаточности, а также при переводе больных на самостоятельное дыхание. Перед постоянной принудительной вентиляцией SIMV может обладать следующими преимуществами:

- комфорт больного, уменьшение дозы или отмена седативных препаратов и миорелаксантов;
- предотвращение атрофии дыхательной мускулатуры;
- сохранение тонуса диафрагмы при тяжелом повреждении легких способствует поддержанию вентиляционно-перфузионных отношений;
- возможность постепенного снижения респираторной поддержки.

К недостаткам этого режима можно отнести увеличение риска задержки CO₂, увеличение работы дыхания и др.

Вентиляция поддержкой давлением (Pressure support ventilation - PSV). Этот режим вентиляции является формой вентиляции с контролем по давлению. Инициация вдоха при PSV происходит по давлению или по потоку, переключение фаз дыхательного цикла осуществляется по потоку.

Больной должен инициировать или запускать каждый вдох путем снижения давления или потока в дыхательном контуре на величину, которая больше установленного уровня чувствительности триггера. Больной с нестабильным респираторным драйвом не может быть рассмотрен кандидатом для режима PSV. Некоторые, хотя и не все, вентиляторы используют специальные предохранительные "backup" режимы, чтобы гарантировать минимально безопасную вентиляцию при развитии апноэ в режиме PSV или при использовании других режимов со спонтанным дыханием.

В режиме с поддержкой по давлению оператор выбирает давление выше конечно-экспираторного. В течение вдоха вентилятор генерирует и поддерживает заданное давление. Инспираторный поток, подаваемый вентилятором, зависит от величины заданного давления, от алгоритма его поддержания в конкретном аппарате, легочно-торакального комплайенса и сопротивления дыхательных путей, а также инспираторного усилия больного. Характерный инспираторный паттерн потока представляет собой убывающую экспоненциальную форму кривой и является прямым результатом уменьшения градиента давления в дыхательном контуре.

Как только легкие наполняются, давление в дыхательных путях повышается, и градиент давления между открытыми дыхательными путями и легкими уменьшается. В это же время инспираторный поток также идет на убыль. В большинстве вентиляторов при уменьшении инспираторного потока до 25% от исходного поддержка давлением заканчивается (поток газа прекращается, происходит переключение на выдох). Хотя именно поток является главным показателем при переключении на выдох в режиме PSV, во многих респираторах имеются запасные механизмы для переключения на выдох, такие как время и давление или оба одновременно. Например, при наличии большой утечки газа из дыхательного контура переключение по потоку может быть неосуществимо, если поток теряемого газа превышает 25% от начального, подаваемого вентилятором. В современных респираторах вдох в режиме поддержки давлением обычно ограничен определенным временным интервалом, в основном длительностью инспираторной фазы, и составляет 1-5 с. Кроме того, если по ряду причин во время вдоха в режиме PSV создается избыточное давление в дыхательном контуре, большинство современных вентиляторов прекращают вдох, когда фактическое давление превышает заданное на 3 см вод. ст.

Режим PSV применяется при различных формах ОДН, у пациентов, которые могут инициировать дыхательные циклы, но не могут обеспечить требуемой минутной вентиляции; при отлучении от аппарата, особенно при удлинении этого периода. Использование PSV снижает работу дыхания, направленную на преодоление сопротивления дыхательного контура и эндотрахеальной (трахеостомической трубки).

Постоянное положительное давление в дыхательных путях (Continuous Positive Airway Pressure - CPAP). Этот режим спонтанной вентиляции, который является управляемым и ограниченным по давлению, триггерируемым по давлению или по потоку. Это значит, что спонтанные вдохи имеют ограничение по давлению, которое остается приблизительно одинаковым (уровень ПДКВ) в течение вдоха и выдоха. Попытка больного вызывает появление или увеличение потока газа, для того чтобы поддержать установленный уровень давления во время вдоха (как бы предотвращает возникновение разряжения в контуре вследствие дыхательной попытки больного). Во время выдоха с помощью

клапана выдоха поддерживается давление в контуре на заданном уровне. Никаких механических вдохов с положительным давлением не подается. Оператор устанавливает чувствительность триггерной системы и уровень CPAP. Этот уровень может соответствовать показателю атмосферного давления или превышать его, поднимая тем самым базисную линию.

CPAP часто путают с PEEP (ПДКВ). CPAP – это режим вентиляции, а PEEP – поддержание конечного экспираторного давления выше атмосферного при работе в различных режимах, таких как CMV и SIMV.

Этот режим широко используется при отлучении больного от респиратора, при кардиогенном отеке легких, послеоперационных ателектазах и т.д.

Вентиляция со сбрасываемым давлением (APRV airway pressure-release ventilation). Аббревиатуру APRV предложил J.B.Downs в 1987 г. Этот режим иногда представляется в виде двух уровней CPAP вентиляции, что позволяет больному самостоятельно дышать на двух уровнях давления. Каждый из них, как правило, инициируется и сменяется по времени, в некоторых респираторах смена уровней давления (фаз дыхательного цикла) может инициироваться больным. Высокий уровень CPAP обычно длиннее, чем низкий, что в сущности составляет обратное отношение вдоха к выдоху, т.е. APRV очень близок к режиму PC-IRV. Когда больной не дышит самостоятельно, эти режимы практически идентичны. При самостоятельном дыхании снижается потребность в седации, имеется возможность «дозировать» помощь аппарата за счет изменения градиента давлений и длительности каждого из уровней CPAP. Это позволяет использовать данный режим как для обеспечения контролируемой вентиляции легких, так и при отлучении от ИВЛ.

Есть и несколько другая трактовка режима APRV, согласно которой самостоятельное дыхание при данном режиме возможно на верхнем уровне давления (невозможно на уровне давления сброса).

Режим, который обеспечивает два уровня CPAP, называют также BiPAP (bilevel airway pressure). Такая аббревиатура использована на аппаратах «Puritan Bennett 840», «SV 300».

Данный режим может быть использован для вентиляции пациентов с критическими состояниями различного генеза как с интактными легкими, так и с ОПЛ различной степени тяжести. Исследования, направленные на изучение места и роли данного режима в лечении различных форм дыхательной недостаточности, продолжаются.

Вентиляция с двумя фазами положительного давления в дыхательных путях (Biphasic positive airway pressure - BiPAP). В настоящее время под этой аббревиатурой на разных вентиляторах могут подразумеваться различные режимы. BiPAP был специально разработан, чтобы обеспечить вспомогательную вентиляцию с использованием назальной или ороназальной лицевой маски у пациентов с синдромом сонного апноэ. Респиратор имеет специальный клапан, чтобы поддерживать уровень инспираторного и экспираторного давления, который задается оператором. Вдох инициируется больным (триггерирование по потоку). Экспираторный поток определяется, когда инспираторный поток уменьшается ниже установленного производителем уровня (переключения фаз

дыхательного цикла по потоку) или когда инспираторная фаза длится больше лимитного времени, обычно 3 с (переключение по времени).

Вентиляторы с режимами, похожими на ВІРАР, в настоящий момент выпускаются многими производителями. Все они идентичны тем, что этот режим контролируется компрессорной воздуходувкой и обеспечивает вентиляцию с поддержкой давлением через маску. Эти вентиляторы предназначены функционировать с учетом утечки воздуха, поэтому они не имеют истинного клапана выдоха.

Принудительная минутная вентиляция (Mandatory Minute Ventilation - MMV) - это режим вентиляции с контролем по объему или по давлению. В настоящее время в основном используется для прекращения вентиляционной поддержки. Он гарантирует минимальный уровень вентиляции при спонтанном дыхании больного. Оператор, как правило, устанавливает параметры режима таким образом, чтобы гарантированная вентиляция была чуть меньше спонтанной вентиляции больного. Если измеренная вентиляция больного ниже гарантированного уровня, вентилятор добавляет принудительный вдох, чтобы защитить больного от снижения вентиляции ниже установленного уровня. Режим MMV представлен в аппаратах Drager Evita, Bear 5, Bear 1000, Engstrom Erica.

Главным недостатком этого режима является то, что вентилятор оценивает только минутный объем дыхания. Не учитывается возможность того, что дыхательный объем может снижаться, а частота дыхания возрастать до уровня, вызывающего усталость больного. В то же время МОД останется выше заданного уровня. Например, VT 1 л и частота 100 раз в мин эквивалентна вентиляции с дыхательным объемом 250,0 мл и частотой 40 раз в мин. Если сравнить альвеолярную вентиляцию в представленных случаях, считая, что объем мертвого пространства составляет 150 мл, то в первом примере альвеолярная вентиляция составит 8,5 л/мин, во-втором – 4,0 л/мин. Чтобы предотвратить уменьшение дыхательного объема и увеличение частоты дыхания на этом режиме, необходимо грамотно выставить параметры тревоги.

Режимы механической вентиляции с двойным контролем. В режимах с двойным контролем была сделана попытка реализовать возможность управления одним режимом как по давлению, так и по объему. Оба параметра не могут контролироваться одновременно, т.е. управляющий параметр просто чередуется. Можно условно выделить режимы, в которых двойной контроль осуществляется в пределах одного дыхательного цикла, и режимы, у которых контролируемые параметры меняются от цикла к циклу. В первом варианте, измерение объема (или другой переменной) может использоваться для переключения с вентиляции с контролем по давлению на контролируемую по объему (причем это происходит в середине дыхательного цикла - VAPS). Во втором, как правило, просто измеряется объем, чтобы изменить необходимый уровень давления (в следующем дыхательном цикле) для режима с контролем по давлению (PCV, PSV).

Поддержка давлением с обеспечением заданного объема (Volume-assured pressure support - VAPS). Этот режим позволяет вентилятору обеспечивать работу в режиме вентиляции с поддержкой давлением или же переключаться в пределах одного цикла с вентиляции с поддержкой давлением (соответственно, контролируемой по давлению) на вентиляцию,

контролируемую по объему. Таким образом, два типа вентиляции могут быть реализованы в пределах одного дыхательного цикла: первый – вентиляция, контролируемая по давлению, триггерируемая больным или по времени, ограниченная по давлению, с переключением фаз дыхательного цикла по потоку. Второй – вентиляция, контролируемая по объему, инициированная больным или по времени, ограниченная по потоку, с переключением фаз дыхательного цикла по объему. Этот режим имеется в аппаратах Bird 8400ST (VAPS) и Bear 1000 (pressure augmentation - PA).

Данный режим вентиляции может быть реализован как в виде принудительной вентиляции, так и спонтанной вентиляции с поддержкой давлением. Концептуально его разрабатывали, чтобы в одном режиме вентиляции использовать паттерн потока вентиляции, контролируемого по давлению (убывающий поток), с возможностью гарантированной доставки определенного объема, как это происходит при объемной вентиляции. Изначально, режим VAPS рассматривали в качестве замены традиционной принудительной вентиляции (CMV -VC).

Как уже упоминалось, вдох может быть инициирован по времени или усилием больного. При инициации вдоха аппарат пытается быстро достигнуть уровня давления поддержки, при этом начальная скорость инспираторного потока будет зависеть от уровня давления поддержки и конструктивных особенностей аппарата. Далее скорость потока будет регулироваться так же, как и в режиме PSV. При достижении заданного давления поддержки и/или потока, выставленного оператором (максимальный инспираторный поток), респиратор сравнивает фактический дыхательный объем с заданным. Если полученный объем больше заданного, вентилятор продолжает и заканчивает инспираторную фазу практически в режиме вентиляции с поддержкой давлением (PSV). Соответственно, переключение на выдох будет происходить до достижения определенного потока. Дыхательный объем будет во многом зависеть от усилия больного и импеданса дыхательной системы. Например, при изменении усилия больного длительность и объем вдоха могут возрасти (цикл D). Если же доставленный объем при вентиляции с поддержкой давлением меньше заданного, вентилятор переключается в режим с контролем по объему и доставляет недостающую разницу до заданного объема, причем это делается с помощью потока, заданного оператором (циклы В и С). Естественно, что в такой ситуации могут увеличиваться инспираторное время и пиковое инспираторное давление. Обычно в современных респираторах время вдоха ограничено 3 с, а с целью предотвращения избыточного давления в дыхательном контуре выставляют ограничение максимального давления.

Вентиляция легких с регулируемым давлением и с контролем по объему (Pressure-Regulated Volume Control Ventilation - PRVCV). При установке параметров данного режима оператор выставляет определенный VT, максимальное давление, инспираторное время, отношение вдоха к выдоху и частоту. Вентилятор фактически функционирует в режиме PCV и при этом непрерывно измеряет доставляемый дыхательный объем. При необходимости респиратор прогрессивно увеличивает давление, пока дыхательный объем не будет соответствовать желаемой величине или же пока не будет достигнуто максимальное давление (т.е. пока не будет реализован любой из вариантов). Если целевой дыхательный объем превышен, уровень рабочего давления снижается. Этот режим вентиляции предназначен для пациентов, у которых самостоятельное дыхание

практически отсутствует. Применение PRVC показано больным с астмой, хроническим обструктивным бронхитом, при недостаточности сил для дыхания, опасности высокого давления в дыхательных путях, при вентиляции с контролем по давлению и необходимости управления объемом для улучшения вентиляции. В настоящее время этот режим реализован в аппаратах SV 300, PURITAN-BENNET 840.

Поддержка объемом – (Volume Support VS). Режим вентиляции с поддержкой объемом представляет собой режим PSV с целевым дыхательным объемом. Оператор устанавливает уровень давления поддержки и желаемый дыхательный объем. Инспираторное давление прогрессивно повышается, пока не достигнет целевого объема или максимально возможного давления поддержки. Разница между VS и PRVCV в том, что при VS пациент дышит самостоятельно. Вдох триггерится по давлению или по потоку, контроль за инспираторной фазой осуществляется так же, как и при PSV. Изменяя уровень поддерживающего давления на вдохе соответственно изменениям в механических свойствах легких/грудной клетки, аппарат поддерживает предварительно настроенные значения дыхательного и минутного объемов дыхания при минимально возможном уровне давления. Вдыхаемый поток имеет замедляющий характер. Инспираторное давление контролируется автоматически между уровнем PEEP и до уровня, который на 5 см H₂O ниже верхнего предела давления. В случае апноэ аппарат автоматически возвращается к PRVC.

Показания к применению VS: при недостатке сил для самостоятельного дыхания, необходимости постоянного изменения давления поддержки на вдохе, при удлиненном процессе отлучения от аппарата, в послеоперационном периоде при сохранной дыхательной функции, при необходимости частичной поддержки дыхания.

5. Высокочастотная вентиляция

Серьезно отличается от традиционной механической вентиляции легких. При ВЧВ частота дыхания во много раз больше нормальной физиологической частоты, а дыхательный объем гораздо меньше традиционного дыхательного объема. Выделяют три основных типа ВЧВ.

Высокочастотная вентиляция с положительным давлением (high-frequency positive pressure ventilation – HFPPV) в большей степени напоминает традиционную ИВЛ. Частота варьирует от 60 до 100 в мин (1-1,7 Гц), дыхательный объем хотя и уменьшен, но больше расчетного мертвого пространства. Одно из преимуществ такого режима – уменьшение пикового и среднего давления в дыхательных путях.

Высокочастотная инжекционная вентиляция (high-frequency jet ventilation - HFGV) обеспечивает частоту приблизительно от 100 до 600 циклов в минуту (1,7-10 Гц), дыхательный объем часто меньше объема мертвого пространства. Используется

специальный инъекционный механизм, который направляет сжатый газ в нижние дыхательный пути с заданной частотой. Этот метод вентиляции незаменим, когда необходимо проведение ИВЛ в условиях негерметичного контура (операции на гортани и трахее)

Обычно в клинической практике при проведении высокочастотной осцилляторной вентиляции (high frequency oscillation – HFO) используется частота от 3000 до 4000 циклов в минуту (50-66,7 Гц). Дыхательный объем значительно меньше расчетного мертвого пространства, механизм, с помощью которого достигается альвеолярная вентиляция, до конца не известен. Этот режим уникален тем, что как инспираторная, так и экспираторная фаза являются активными.

Неинвазивная вентиляция через лицевую (специальную) маску все чаще используется для поддержки дыхания при хронической дыхательной недостаточности, а также при некоторых острых ситуациях. При правильно выдержанных показаниях неинвазивные методы могут устранить потребность в интубации, помочь избежать развития назокомиальной инфекции и других осложнений со стороны дыхательных путей.

Неинвазивная вентиляция имеет и ряд важных ограничений. Ее нельзя применить у возбужденных или коматозных больных, у пациентов с усиленной секрецией мокроты, с нестабильной гемодинамикой или чрезмерным ожирением.

Список литературы

Гальперин Ю.С., Кассиль В.Л. Режимы искусственной и вспомогательной вентиляции легких. Классификация и определения

А. С. Горячев, И. А. Савин Основы ИВЛ издание 3-е: – М., ООО «МД», 2013

Левшанков А.И. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких современными аппаратами. – Спб.: ВМедА, Б. и., 1993

[Грицан А. И. Колесниченко А. П.](#) Графический мониторинг респираторной поддержки