

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Глава 1. Принципы устройства респираторов	12
1.1. Центр управления	12
1.2. Источники медицинских газов	14
1.3. Смеситель газов	16
1.4. Устройства для увлажнения и очистки дыхательной смеси	17
1.5. Клапаны вдоха и выдоха	19
1.6. Датчики контроля потока и давления	20
Глава 2. Механические свойства легких и общие принципы проведения ИВЛ	23
Глава 3. Алгоритмы ИВЛ	33
3.1. Алгоритм Assist Control	34
3.2. Алгоритмы IMV и SIMV	35
Глава 4. Классические режимы ИВЛ	38
4.1. Принципы описания режима ИВЛ	38
4.2. Обязательные вдохи, контролируемые по объему — режим Volume Control	43
4.3. Обязательные вдохи, контролируемые по давлению	50
4.3.1. Режим Pressure Limited Ventilation (PLV)	50
4.3.2. Режим Pressure Control	51
4.4. Вентиляция по требованию	54
4.4.1. Режим Pressure Support	54
4.4.2. Режим Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)	58
Глава 5. Современные режимы ИВЛ	60
5.1. Режимы Biphasic Positive Airway Pressure (BiPAP) и Airway Pressure Release Ventilation (APRV)	60
5.2. Режим Bilevel Positive Airway Pressure (BiPAP)	64
5.3. Двойные режимы	65
5.3.1. Режим Pressure Regulated Volume Control (PRVC)	65
5.3.2. Режим Volume Assured Pressure Support (VAPS)	67
5.4. Серворежимы	69
5.4.1. Режим Mandatory Minute Ventilation (MMV)	69
5.4.2. Режим Volume Support	72
5.4.3. Режим Adaptive Support Ventilation (ASV)	73
5.5. Использование небулайзеров и режим Trachea Gas Insufflations (TGI)	76
5.6. Автоматическая вентиляция	77
5.7. Электронная экстубация — режим Automated Tube Compensation (ATS)	77
5.8. Режим Proportional Assist Ventilation (PAV)	79
5.9. Режим Neurally Adjusted Ventilation Assisted (NAVA)	81
Глава 6. Классификация респираторов	82
6.1. Нереанимационные и транспортные модели	82
6.2. Базовые модели	83
6.3. Модели с расширенными функциями	84
6.4. Модели высшего уровня	85
Глава 7. Проведение ИВЛ транспортными респираторами	87
7.1. Режим PLV в транспортных моделях	87

7.2.	Режим Volume Control в транспортных моделях	88
7.3.	Режимы CPAP и BiPAP в транспортных респираторах . . .	89
7.4.	Отлучение от респиратора	89
Глава 8.	Проведение ИВЛ респираторами базовых моделей	91
8.1.	Режим Volume Control в базовых моделях	91
8.2.	Режимы Pressure Control, Pressure Support и CPAP в базовых моделях	92
8.3.	Отлучение от респиратора	92
Глава 9.	Проведение ИВЛ респираторами с расширенными функциями	94
9.1.	Режим Volume Control в респираторах с расширенными функциями	95
9.2.	Режим Pressure Control в респираторах с расширенными функциями	96
9.3.	Режимы Pressure Support, CPAP, BiPAP и APRV, двойные режимы и серворежимы в респираторах с расширенными функциями	97
9.4.	Отлучение от респиратора	97
9.5.	Использование графического анализа	98
Глава 10.	Проведение ИВЛ респираторами высшего класса	99
10.1.	Анализ дыхательных кривых	100
10.1.1.	Оценка соответствия работы респиратора потребностям больного	100
10.1.2.	Раздельная оценка податливости легких и грудной клетки	110
10.1.3.	Подбор оптимальной скорости пикового потока	112
10.1.4.	Диагностика непреднамеренного ауто-PEEP	114
10.2.	Построение кривой (петли) статической податливости	114
10.3.	Режим Pressure Support в респираторах высшего класса	117
10.4.	Режим BiPAP в респираторах высшего класса	118
10.5.	Другие режимы вентиляции в респираторах высшего класса	120
Глава 11.	Особенности применения ИВЛ при различных клинических ситуациях	122
11.1.	ИВЛ при ОПЛ и ОРДС	122
11.1.1.	Первая стадия ОРДС — маневры рекрутмента легких	123
11.1.2.	Вторая стадия ОРДС — предупреждение баро- и волкомотравмы	130
11.1.3.	Третья стадия ОРДС — учет неравномерности восстановления функций легких	130
11.2.	ИВЛ при острой бронхообструкции и ХОБЛ	131
11.2.1.	Способы оценки ауто-PEEP	132
11.2.2.	Основные принципы респираторной поддержки больных с бронхообструкцией	137
11.2.3.	Режимы и алгоритмы ИВЛ при бронхообструкции	141
11.3.	ИВЛ при заболеваниях и поражениях мозга	142
11.4.	ИВЛ при травмах и болезнях органов брюшной полости	146
11.5.	ИВЛ при заболеваниях сердца	148
11.6.	ИВЛ при гиповолемическом, геморрагическом и септическом шоке	150
	Послесловие	152
	Список литературы	153

Глава 4. КЛАССИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ИВЛ

Привычным подходом к режимам ИВЛ является разделение механической вентиляции легких на контролируемую и вспомогательную. В этом случае понятие «контролируемая вентиляция» фактически означает отсутствие возможности анализа респиратором дыхательных попыток больного. «Вспомогательная вентиляция» предполагает включение триггера и подачу механических вдохов с учетом самостоятельного дыхания пациента. Как и в случае с алгоритмами, придется переучиваться и менять привычные представления на более современные.

В настоящее время понятие «контроль» рассматривают с другой точки зрения. При проведении ИВЛ респиратор контролирует соблюдение тех условий, которые заданы врачом. Если поставлена задача подать в легкие определенный дыхательный объем, то вентиляцию называют «контролируемой по объему». Если респиратору поставлена задача создать давление в дыхательных путях, то вентиляцию называют «контролируемой по давлению». Очевидно, что в обоих случаях в дыхательные пути подается поток кислородно-воздушной смеси, имеющей определенный объем и создающей в легких давление, зависящее от их механических свойств. Однако конечная цель респиратора, которую он обеспечивает, разная — объем или давление. Перед современными респираторами могут быть поставлены и более сложные задачи, например совмещение этих целей: давления и объема. С точки зрения рассматриваемого подхода к понятию «контроль», является ли вдох триггерированным или нетриггерированным, не имеет значения.

В настоящей главе рассмотрены классические режимы обязательных основных вдохов, контролируемых по давлению и объему, а также вдохов по требованию. Однако перед тем, как описывать различные режимы, попробуем сформулировать единые принципы их описания.

4.1. Принципы описания режимов ИВЛ

Любой механический вдох может быть описан исходя из ответов на три вопроса: как он начинается, как осуществляется и как заканчивается. Начало вдоха называется триггерованием. Триггерование по давлению — это начало механического

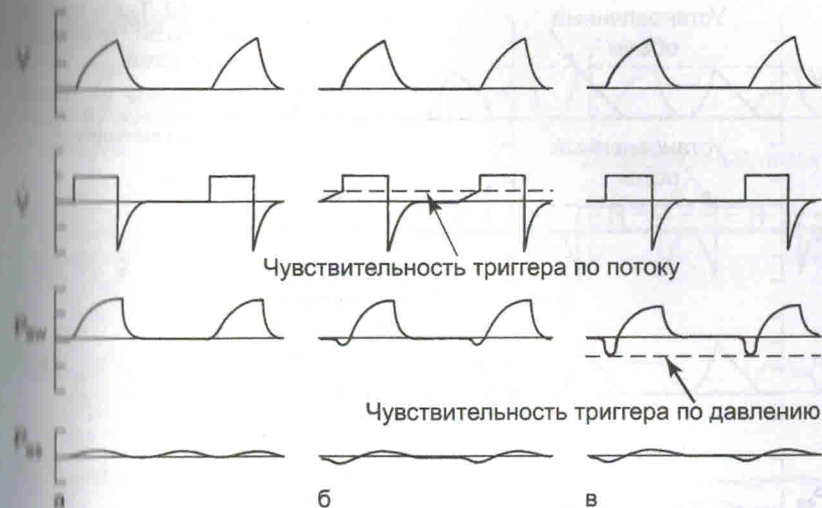


Рис. 4.1. Виды триггерования механического вдоха.

а — триггер по времени («нулевой триггер»); б — триггер по потоку; в — триггер по давлению.

го вдоха при уменьшении давления в дыхательных путях ниже установленного уровня, называемого чувствительностью триггера. Триггерование по потоку осуществляется при появлении в дыхательном контуре признаков потока воздуха, создаваемого дыхательной попыткой больного. Третий тип триггерования — по времени. В этом случае респиратор начинает механический вдох без учета дыхательных попыток больного — по окончании установленного врачом промежутка времени, прошедшего после последнего предшествующего вдоха (рис. 4.1).

Интересной разновидностью триггерования по потоку является так называемое триггерование по форме кривой потока. В отличие от классического триггерования по потоку сигналами для начала вдоха служат определенные изменения формы экспираторного потока, вызываемые дыхательной попыткой пациента.

После того как вдох начался, респиратор приступает к решению поставленной перед ним задачи. Соответственно этой задаче аппарат ИВЛ может подавать объем кислородно-воздушной смеси в легкие больного или создавать давление в дыхательных путях (рис. 4.2).

После достижения цели, поставленной перед аппаратом ИВЛ, он переключается на выдох (рис. 4.3). Для этого от-

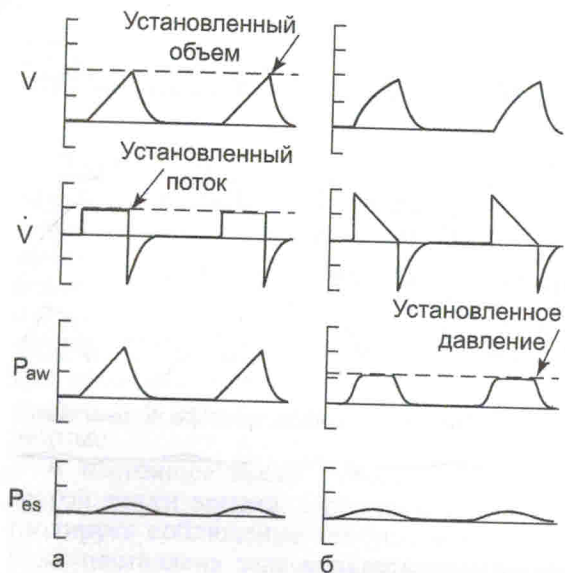


Рис. 4.2. Типы подачи (контроля) механического вдоха.

а — контроль по объему (по потоку); б — контроль по давлению.

крывается клапан выдоха и больной совершает пассивный выдох за счет эластичности легких и грудной клетки. На что ориентируется респиратор, принимая решение о переключении с вдоха на выдох? Наиболее распространенные критерии — достижение заданного объема и продолжительности вдоха. Соответственно способы переключения респиратора называются переключение по объему и переключение по времени. Способ переключение по объему — самый очевидный: после доставки целевого объема респиратор тут же переключается на выдох.

Способ переключение по времени реализуется в двух вариантах. В первом случае после создания давления в дыхательных путях респиратор поддерживает его в течение заданного времени, затем переключается на выдох. Во втором случае после подачи определенного объема в легкие респиратор делает паузу. Во время паузы нет поступления воздуха ни в легкие, ни из них. После того как проходит время, отведенное на паузу, респиратор переключается на выдох (см. рис. 2.1).

Следующий способ называется переключение по потоку. Для создания давления в дыхательных путях респиратор создает в начале вдоха высокий поток воздуха, называемый пиковым. После того как давление будет достигнуто и его нужно только поддерживать на заданном уровне, поток воздуха постепенно уменьшается. В тот момент, когда величина инспи-

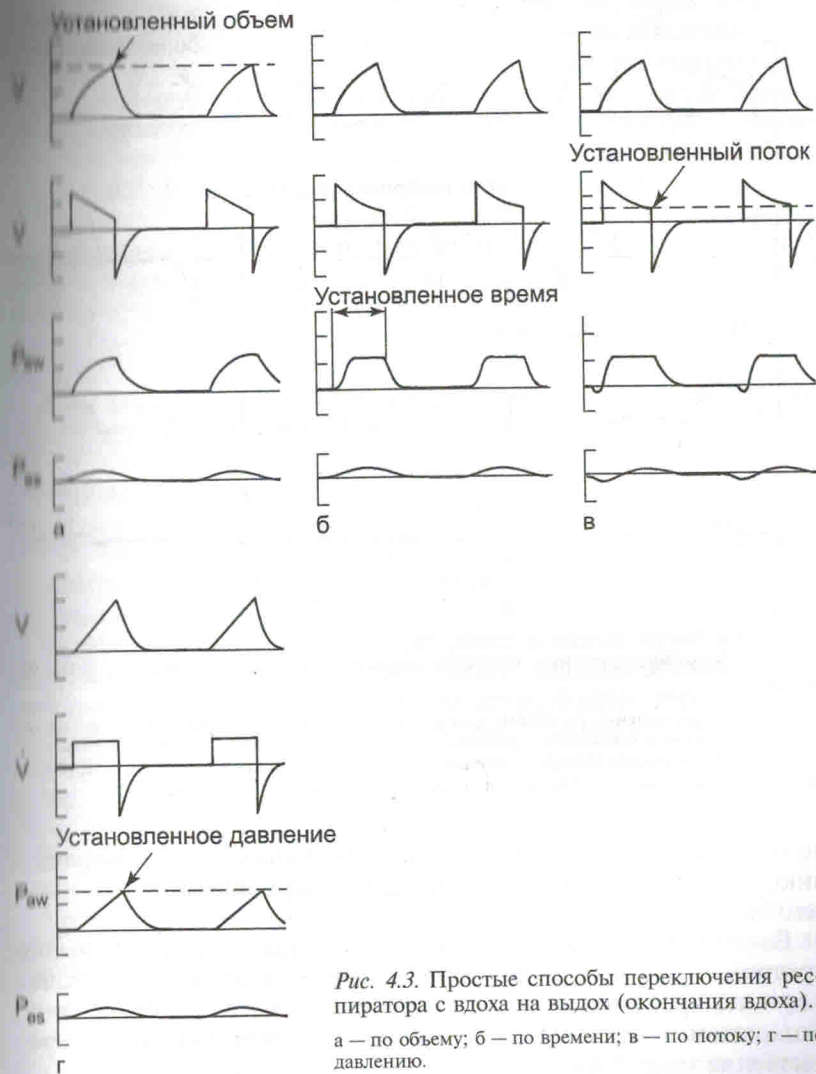


Рис. 4.3. Простые способы переключения респиратора с вдоха на выдох (окончания вдоха).

а — по объему; б — по времени; в — по потоку; г — по давлению.

раторного потока достигнет определенного уровня по сравнению с пиковым, респиратор переключается на выдох. Обычная величина — 25% от пикового потока. В некоторых моделях респираторов переключение с вдоха на выдох происходит при снижении инспираторного потока до 5 л/мин.

Кроме описанных способов, возможно переключение респиратора по давлению. Ввиду того что в данном случае достигнутое давление в дыхательных путях является одновремен-

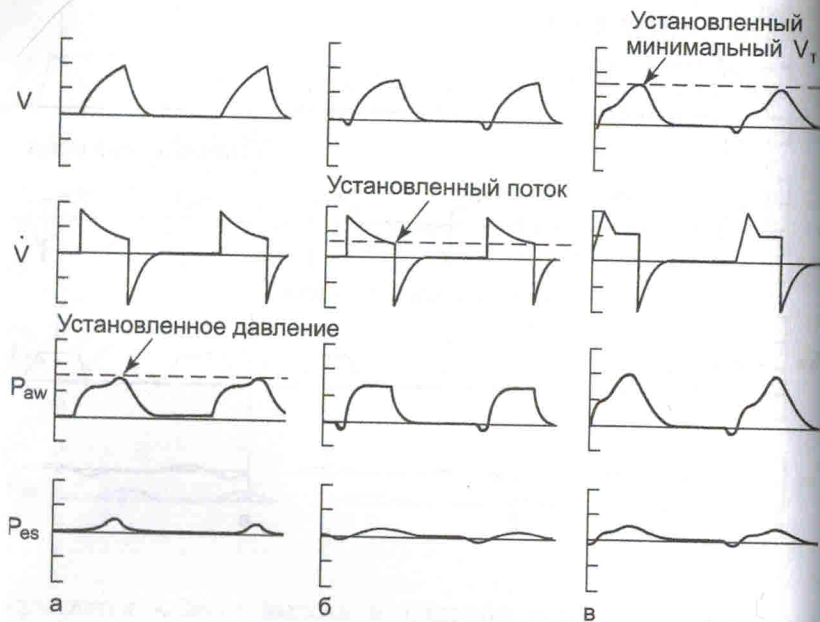


Рис. 4.4. Комбинированные способы переключения респиратора с вдоха на выдох.

а — вместо переключения по объему или по времени возможно переключение по давлению при внезапном повышении давления в дыхательной системе; вместо переключения по потоку (б) возможно переключение по объему (в) при снижении податливости респираторной системы и(или) повышении сопротивления дыхательных путей.

но и целью механического вдоха, и сигналом к его прекращению, режим вентиляции называется ограниченный по давлению.

Более сложные критерии переключения с вдоха на выдох предполагают, что респиратор выбирает способ переключения — по времени, по потоку или по объему в зависимости от конкретной клинической ситуации — комбинированное переключение (рис. 4.4).

1. Во время подачи заданного объема в легкие респиратор должен переключиться по объему. Однако из-за снижения податливости респираторной системы или кашлевых попыток больного возникает опасное повышение давления в дыхательных путях. Респиратор прекращает вдох, не достигнув заданного объема — переключается по давлению.
2. Во время создания заданного давления в дыхательных путях больной начал кашлять или возникла внезапная

обструкция дыхательных путей. Вместо переключения по времени респиратор переключается по давлению.

3. Во время подачи дыхательного потока респиратор непрерывно анализирует поставляемый в легкие дыхательный объем. Переключение на выдох возможно по потоку или по объему в зависимости от того, доставлен целевой дыхательный объем в легкие больного или нет.

Таким образом, каждый механический вдох имеет три характеристики: тип триггирования, тип доставки (контроля) и способ переключения. Соответственно этим характеристикам и будут описаны режимы ИВЛ.

4.2. Обязательные вдохи, контролируемые по объему — режим Volume Control

Проведение объемной вентиляции в режиме Volume Control возможно в алгоритмах Assist Control и SIMV (см. рис. 3.1 и 3.2). Кроме того, при алгоритме SIMV имеется возможность осуществления вдохов по требованию в специальных режимах Pressure Support и CPAP.

В любой модели респиратора, даже в самой простой, врач устанавливает величину дыхательного объема обязательного механического вдоха и частоту дыхания. Кроме того, в более сложных моделях можно регулировать скорость потока подаваемого обязательного вдоха, для чего существуют три способа:

- установка величины пикового потока;
- изменение соотношения вдоха к выдоху;
- изменение формы потока.

Опишем установку величины пикового потока. При объемной вентиляции респиратор получает задачу подать в легкие определенный дыхательный объем. Для этого нужно создать дыхательный поток, который имеет максимальные (пиковые) значения в начале вдоха. Чем больше величина пикового потока, тем быстрее поступает дыхательный объем в легкие больного. Соответственно укорачивается время вдоха и удлиняется выдох. Кроме того, увеличивается пиковое давление в дыхательной системе. Если у пациента есть проблемы с обеспечением выдоха (например, он страдает ХОБЛ), то нарастание скорости пикового потока является положительным моментом. С другой стороны, повышение пикового давления может провоцировать возникновение кашля и усиливать опасность баротравмы. Вопрос о том, что более опасно для больного в отношении возникновения баротравмы при остром по-

вреждении легких (ОПЛ) и остром респираторном дистресс-синдроме (ОРДС) — повышение пикового давления или давления плато вдоха, остается открытым. Тем не менее рациональнее избегать значительного повышения пикового давления в дыхательных путях.

Еще одним фактором, определяющим оптимальную величину пикового потока, является индивидуальный дыхательный паттерн больного. Внимательное наблюдение за экскурсиями грудной клетки и соответствием работы аппарата ИВЛ потребностям больного позволяет выбрать оптимальную величину пикового потока. Значительно облегчает решение указанной задачи графическое представление кривых давления, потока и объема на экране респиратора.

Изменение отношения вдоха к выдоху приводит к тем же результатам, что и регулирование величины пикового потока. В простых моделях указанная регулировка осуществляется ступенчато, в более сложных — плавно. Аналогично описанным подходам по изменению пикового потока, для пациентов с ОПЛ и ОРДС нужно устанавливать отношение вдоха к выдоху больше (1:2—1:1, иногда 2:1), чем для больных с ХОБЛ (1:3—1:4).

Форма потока может быть нисходящей, прямоугольной, синусообразной и восходящей (рис. 4.5). Рекомендуется использовать нисходящую форму потока, поскольку она в большей степени похожа на форму потока при вентиляции Pressure Control. Указанное обстоятельство обеспечивает лучшее распределение вдыхаемой кислородно-воздушной смеси при меньшем давлении в дыхательных путях по сравнению с остальными формами потока. Наименее удачна в этом отношении восходящая форма потока, поэтому она практически не реализуется современными респираторами.

Для лучшего распределения поступившей в легкие дыхательной смеси имеется возможность создания паузы вдоха. Во время паузы все клапаны респиратора закрыты, что, кроме того, позволяет оценить величину давления плато.

Триггирование. Установка чувствительности производится в зависимости от типа используемого триггера. Если применяется триггер по давлению, то чувствительность дозируется в сантиметрах водного столба. Порог триггирования соответствует той величине отрицательного давления в контуре респиратора, которую создает больной при попытке вдоха. Для увеличения чувствительности триггера и укорочения времени отклика респиратора на дыхательную попытку больного датчик давления располагают вблизи интубационной трубки (проксимальный триггер).

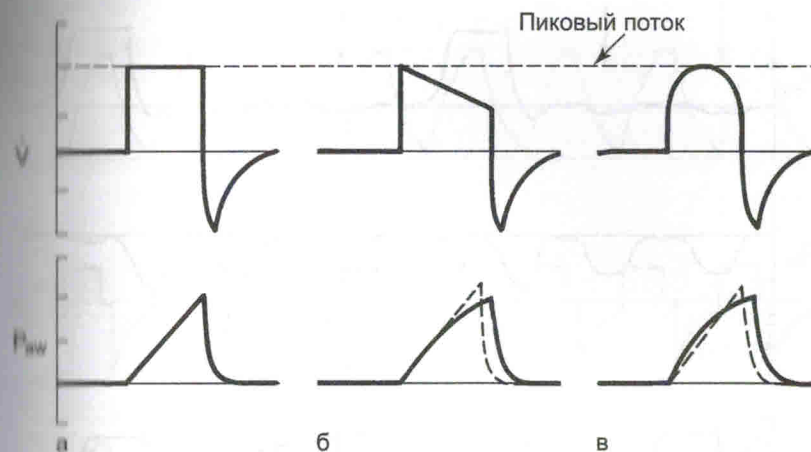


Рис. 4.5. Формы потока вдоха в режиме Volume Control, используемые в современных респираторах:

а — прямоугольная; б — нисходящая; в — синусообразная.

Наложение кривой давления, возникающей при прямоугольной форме дыхательного потока (в виде пунктира) позволяет наглядно продемонстрировать, что эта форма наименее безопасна в плане возникновения баротравмы.

Если установки чувствительности слишком высоки по абсолютной величине, то дыхательные попытки больного не приводят к триггированию вдоха — так называемые неэффективные попытки (рис. 4.6). Однако если установить слишком маленькую абсолютную величину, то может возникнуть аутоциклирование.

Аутоциклирование — это подача «несанкционированных» вдохов: нет дыхательной попытки больного, не наступило время для подачи нетриггированного вдоха. Иными словами, респиратор реагирует на ложные стимулы для начала вдоха. Причиной аутоциклирования могут быть утечки по контуру респиратора (рис. 4.7). Вторая причина — слишком длительное время вдоха, вследствие чего у больного не остается времени на полноценный выдох. В результате в конце выдоха имеется давление ниже порога установленной чувствительности, которое респиратор воспринимает как сигнал к подаче нового вдоха. Еще одна причина аутоциклирования — небольшие движения воздуха в дыхательном контуре, например при появлении в нем конденсата или при передаче сокращений сердца при высоком ударном объеме (см. рис. 10.5). Нередко к аутоциклированию приводит икота.

Если применяется триггер по потоку, то чувствительность

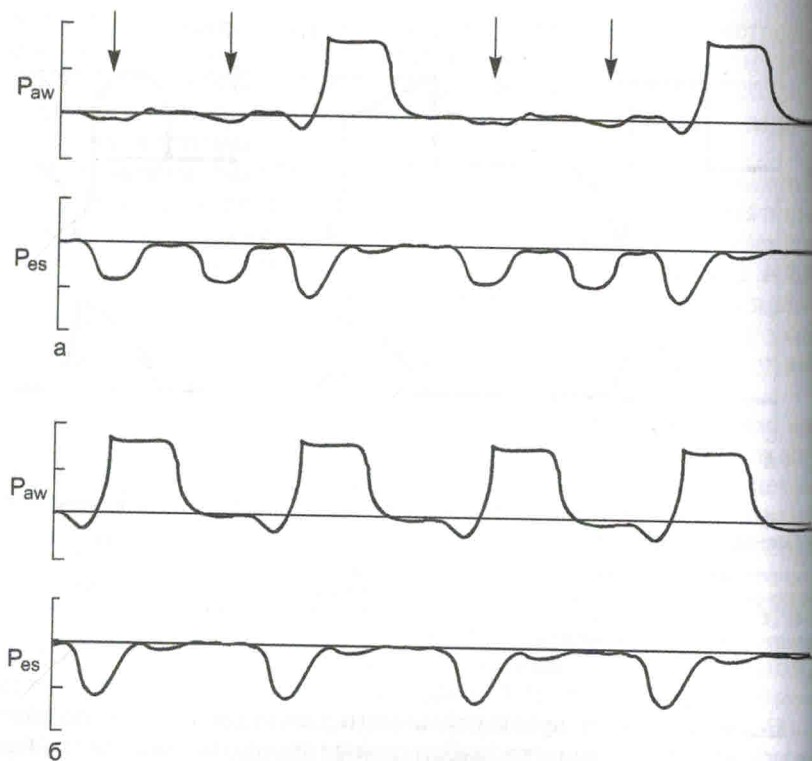


Рис. 4.6. Неэффективное триггирование механических вдохов (а) из-за недостаточной чувствительности триггера. Стрелками указаны неэффективные попытки. При повышении чувствительности триггера (б) все дыхательные попытки больного сопровождаются вспомогательным вдохом.

дозировать в литрах в минуту. Порог триггирования соответствует той величине потока, который создает больной при попытке вдоха. Простые модели респираторов имеют только один датчик потока, который располагается в колене выдоха дыхательного контура вблизи респиратора на удалении от больного (дистальный триггер). В связи с этим нередко можно наблюдать ситуации, когда респиратор реагирует на дыхательную попытку с большой задержкой. В результате теоретически более чувствительный, но располагающийся дистально триггер по потоку оказывается на деле менее чувствительным, чем триггер по давлению, располагающийся проксимально. Единственным преимуществом триггера по потоку в итоге оказывается меньшая тенденция к развитию аутоциклирования.

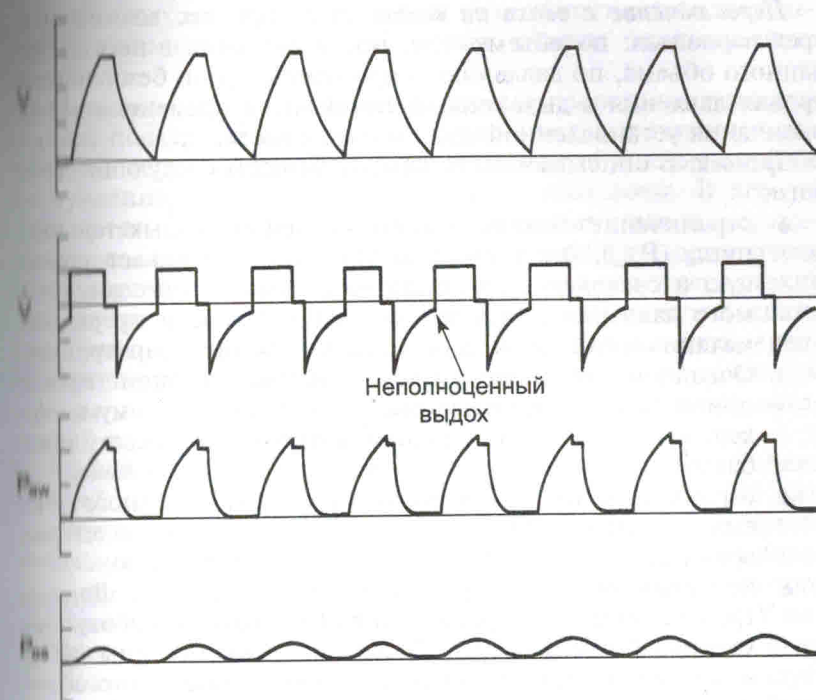


Рис. 4.7. Аутоциклирование из-за утечек по контуру.

Отключение триггера — так называемый триггер по времени — приводит к появлению режима контролируемой минутной вентиляции (Controlled Mandatory Ventilation — CMV) (см. рис. 4.1, а). Для того чтобы отключить триггирование, в некоторых моделях существует положение «Выключено». В других респираторах нужно установить слишком большую величину необходимого для триггирования отрицательного давления в дыхательных путях. Подчеркнем, что в настоящее время данный режим используется только при полном выключении спонтанного дыхания во время наркоза или, в редких случаях, грубой дыхательной аритмии (например, при столбняке, судорожном статусе, иногда — при тяжелом ОРДС). Впрочем, даже в таких клинических ситуациях использование современных респираторов высокого класса обеспечивает совпадение дыхательного паттерна больного и работы аппарата ИВЛ без выключения спонтанного дыхания.

Доставка. В режиме Volume Control респиратор осуществляет доставку (контроль) объема.

Глава 11. ОСОБЕННОСТИ ИВЛ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КЛИНИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ

В этой главе будут описаны оптимальные режимы вентиляции при различных нозологических формах. В значительной мере материал является обобщением сведений, уже упоминавшихся при описании режимов вентиляции.

11.1. ИВЛ при ОПЛ и ОРДС

Острое повреждение легких (ОПЛ) и острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) — это проявления разной степени тяжести поражения легких. Этиология ОРДС различной разна и позволяет разделить синдром на два типа: первичный (легочный) и вторичный (внелегочный). Прямое повреждение легких при травме грудной клетки, тяжелой пневмонии, вдыхании раздражающих газов вызывает развитие первичного ОРДС. Заболевания и повреждения живота, сепсис, поражения мозга приводят к вторичному ОРДС. Исходя из практических целей внелегочный (вторичный) ОРДС можно разделить еще на два подтипа. Первый связан со сдавлением легких гемо- и пневмотораксом, а также сместившейся вверх из-за нарастания внутрибрюшной гипертензии диафрагмой. Второй подтип характеризуется массивным поражением эндотелия сосудов легких при воздействии воспалительных медиаторов и других агрессивных факторов. Возникает этот подтип ОРДС при панкреонекрозе, сепсисе, черепно-мозговой травме, жировой эмболии, после перенесенного тяжелого шока и массивных гемотрансфузий. Описанные типы и подтипы ОРДС имеют разный прогноз. Кроме того, при них различается и эффективность лечебных мероприятий.

Характерными признаками дистресс-синдрома являются двусторонние инфильтраты на прямой рентгенограмме легких и снижение отношения P_{O_2}/F_{iO_2} , называемого кратко отношением P/F. Уменьшение отношения ниже 300 мм рт. ст. является признаком ОПЛ, ниже 200 мм рт. ст. — ОРДС. Обязательным условием для диагностики ОПЛ и ОРДС является отсутствие инструментальных и клинических признаков левожелудочковой недостаточности. Указанные признаки в настоящее время подвергаются критике. Не всегда очевидна двусторонность поражений, отношение P/F является весьма

динамичным показателем, и, как правило, затруднительной бывает диагностика сердечной недостаточности.

Согласно современным представлениям [Ware L. B., Matthay M. A., 2000], синдром имеет определенную стадийность развития. Первая (I) стадия характеризуется развитием макро- и микроателектазов. Выключение альвеол из газообмена приводит к прогрессирующему снижению оксигенации артериальной крови. Во II стадии в спавшихся альвеолах нарушается выработка сурфактанта. Кроме того, из-за измененной проницаемости сосудов жидкость из плазмы крови поступает в стенки альвеол и в их просвет. Из-за действия силы тяжести наибольшее скопление жидкости и ателектазированных альвеол отмечается в нижележащих отделах легких. В связи с этим при компьютерной томографии легкие большого выглядят как губка, смоченная водой (sponge lung) [Bone R., 1993]. Из-за того что объем функционирующих альвеол при прогрессировании ОРДС существенно снижается, такие легкие получили еще одно название: «легкие ребенка» — baby lung [Gattinoni L., Pesenti A., 1987].

Указанное название подчеркивает тот факт, что в процессе газообмена принимает участие лишь небольшая часть легочной паренхимы. В связи с этим вдуваемый респиратором дыхательный объем распределяется только в функционирующих участках. Это может вызывать их перерастяжение и избыточное повышение давления. В результате безопасные для здоровых легких дыхательный объем и давление могут приводить к баро- и волюмотравме во II стадии ОПЛ и ОРДС.

В III стадии одни альвеолы постепенно восстанавливают воздушность и свои функции, другие — замещаются фиброзной тканью.

Практический вывод из сказанного следующий: повреждающие факторы, действующие на легкие при проведении ИВЛ, различаются в зависимости от стадии ОРДС. В связи с этим на разных стадиях синдрома отличаются и подходы к проведению респираторной поддержки.

11.1.1. Первая стадия ОРДС — маневры рекрутмента легких

В I стадии ОРДС наиболее опасной является ателектотравма. При проведении ИВЛ повторяются циклы раскрытия и закрытия альвеол. Создающаяся при этом деформация альвеол приводит к их повреждению. Задачей ИВЛ на первом этапе ОРДС является раскрытие спавшихся альвеол (рекрутмент) и поддержание их в этом открытом состоянии.

ИВЛ проводят в режимах Pressure Control или VIPAP. При стабильном дыхательном паттерне больного можно пользоваться также режимом PRVC. Предпочтительный алгоритм Assist Control.

Примерные установки респиратора в режиме Pressure Control: давление вдоха (P_{insp}) — 25–30 см вод. ст., время вдоха — 0,8–1,1 с, базовая частота вдохов в алгоритме Assist Control — 12–14 в 1 мин, РЕЕР — 10–15 см вод. ст., чувствительность — 3–4 см вод. ст., или 1,5–2 л/мин. Тревоги: верхняя граница МОД — 10 л/мин, нижняя граница МОД — 4 л/мин, верхний предел частоты дыхания — 35 в 1 мин, нижняя граница дыхательного объема — 3–4 мл/кг, нижняя граница давления в дыхательных путях — 20 см вод. ст., нижняя граница установленного РЕЕР — 7 см вод. ст. Величина FiO_2 — 0,4–0,6. Если по результатам оценки газообмена приходится повышать FiO_2 , то концентрацию кислорода устанавливают на минимально возможном уровне, обеспечивающем p_aO_2 60 мм рт. ст. и сатурацию гемоглобина в артериальной крови 90%.

Идея рекрутмент-маневра заключается в том, что для открытия альвеол нужно однократное значительное повышение давления. Для поддержания альвеол в открытом состоянии необходимо гораздо меньшее давление. В связи с этим лучше один раз приложить высокое давление и затем сравнительно небольшими усилиями сохранить воздушность альвеол, чем «разлеплять» их слипшиеся стенки при каждом дыхательном цикле.

Существует несколько способов рекрутмент-маневра. В клинической практике используются много разных алгоритмов, но наиболее часто применяются два следующих: путем увеличения давления и путем одновременного увеличения объема и давления. Для простоты назовем их «рекрутмент давлением» и «рекрутмент объемом».

Для начала определим показания к рекрутмент-маневру и критерии его эффективности. Опыт работы позволяет рекомендовать использование раннего рекрутмента. Иными словами, не нужно дожидаться плотного слипания стенок альвеолы и далеко зашедших нарушений газообмена. Показанием к проведению маневра является уменьшение отношения R/F ниже абсолютного уровня 300 мм рт. ст. или более чем на 50 мм рт. ст. при исходных низких показателях оксигенации. При невозможности прямого анализа газов артериальной крови показанием к рекрутменту служит уменьшение величины пульсоксиметрии ниже 95% при ИВЛ воздухом и менее 97% при дополнительном использовании кислорода (FiO_2 0,4 и более).

Критерии эффективности проведенного рекрутмент-маневра.

- Увеличение отношения R/F на 50 мм рт. ст. и более, а также увеличение показаний пульсоксиметра до 99–100%.
- Возрастание динамической податливости легких на 20–30%. Если проводят рекрутмент-маневр с неизменной разницей между верхним и нижним давлением в дыхательных путях, то вместо динамической податливости можно ориентироваться на величину дыхательного объема: дыхательный объем в этом случае растет вместе с повышением комплайенса. Хотя в клинической практике используют в основном первый критерий, лучше об эффективности рекрутмента судить по сочетанию обоих параметров.

Любой рекрутмент-маневр включает следующие этапы:

- подготовительный;
- первичный рекрутмент;
- поиск давления закрытия альвеол;
- повторный рекрутмент;
- окончательная оценка эффективности.

Приведем вариант рекрутмент-маневра для респираторов с установкой P_{insp} по отношению к нулю.

Подготовительный этап

Для обеспечения точности измерений и предотвращения несинхронности с аппаратом ИВЛ вводят седативные препараты и при необходимости — миорелаксанты.

Перед выполнением маневра увеличивают темп инфузионной поддержки или дозы инотропных средств. При появлении признаков нестабильности гемодинамики маневр немедленно прекращают.

Аппарат ИВЛ переключают в режим Pressure Control или VIPAP со следующими параметрами: давление на вдохе (P_{insp}) 30 см вод. ст., РЕЕР 10 см вод. ст. Отмечают значения дыхательного объема и динамической податливости.

Устанавливают частоту дыхания для поддержания исходного МОД.

Устанавливают отношение вдоха к выдоху 1:1.

После 10 вдохов отмечают динамическую податливость и среднее значение дыхательного объема за последние три вдоха.

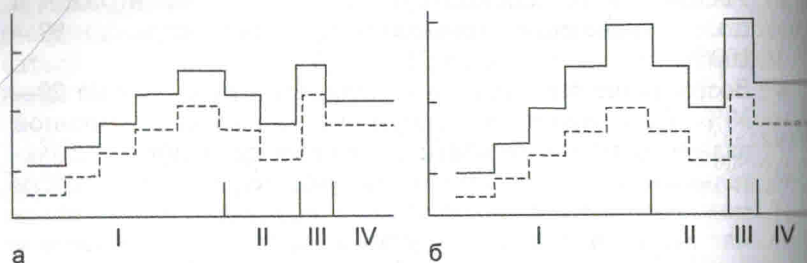


Рис. 11.1. Алгоритмы рекрутмента.

а — рекрутмент давлением; б — рекрутмент объемом.
Этапы рекрутмента: I — первичный рекрутмент; II — поиск давления закрытия альвеол; III — повторный рекрутмент; IV — окончательные установки.

Маневр 1 — открытие легких давлением (рис. 11.1, а)

Первичный рекрутмент

1. Одновременно увеличивают и РЕЕР, и P_{insp} на 3 см вод. ст. каждую из величин. Проводят ИВЛ в течение 10 вдохов, фиксируя дыхательный объем и динамическую податливость. Если произошло открытие альвеол, увеличиваются дыхательный объем и податливость.

2. Продолжают увеличение и РЕЕР, и P_{insp} на 3 см вод. ст., оценивая величину дыхательного объема и податливости до тех пор, пока не появится тенденция к уменьшению дыхательного объема и податливости (признаки перерастяжения легких) или не будет достигнута величина РЕЕР 40 см вод. ст. и P_{insp} 60 см вод. ст. (дальнейшее повышение считается опасным из-за баротравмы и нарушений гемодинамики)

На каждом «шаге» повышения давления проводят 10 аппаратных вдохов.

3. После достижения уровней РЕЕР и P_{insp} , при которых не происходит дальнейшего увеличения дыхательного объема и податливости, немедленно уменьшают давление в дыхательных путях. Давление снижают или до величин на предыдущем «шаге», или до РЕЕР 25 см вод. ст. и P_{insp} 45 см вод. ст. (выбирают то, что меньше). Отмечают дыхательный объем и податливость после 10 вдохов. При этом легкие должны оставаться открытыми, значения дыхательного объема и податливости не должны существенно измениться по сравнению с максимально достигнутыми.

Поиск давления закрытия альвеол

Уменьшают РЕЕР и P_{insp} с «шагом» 2 см вод. ст. (по 10 вдохов на каждом «шаге»), регистрируя дыхательный объем и податливость. Достижение уровня РЕЕР, при котором уменьшаются дыхательный объем и податливость, означает, что альвеолы закрылись. Указанный уровень РЕЕР называют давлением закрытия.

Повторный рекрутмент

Для повторного открытия альвеол нужно провести 10 вдохов при тех показателях РЕЕР и P_{insp} , при которых были достигнуты значения максимального дыхательного объема и податливости при первичном рекрутменте.

Окончательные установки

Уменьшают РЕЕР до уровня, который выше на 2—3 см вод. ст. давления закрытия.

Уменьшают P_{insp} для достижения дыхательного объема 6—8 мл/кг идеальной массы тела. Устанавливают величину FiO_2 0,4—0,6. Если по результатам оценки газообмена приходится ее повышать, то концентрацию кислорода устанавливают на минимально возможном уровне, обеспечивающем p_aO_2 60 мм рт. ст. и сатурацию гемоглобина в артериальной крови 90%.

Маневр 2 — открытие легких объемом (см. рис. 11.1, б)

Первичный рекрутмент

1. Проводят «пошаговое» увеличение РЕЕР по 3 см вод. ст. и P_{insp} — по 5 см вод. ст. На каждом «шаге» проводят ИВЛ в течение 10 вдохов, регистрируя дыхательный объем и динамическую податливость. Из-за перерастяжения легких указанные показатели могут постепенно уменьшаться.

2. Повышение РЕЕР и P_{insp} осуществляют до тех пор, пока P_{insp} не достигнет уровня 60 см вод. ст. (РЕЕР соответственно 28 см вод. ст.).

3. Уменьшают РЕЕР до 25 см вод. ст. и P_{insp} до 45 см вод. ст., отмечают показатель податливости, который при эффективности маневра должен возрасти по сравнению с исходным.

Поиск давления закрытия альвеол

Уменьшают РЕЕР и P_{insp} с «шагом» 2 см вод. ст. (по 10 вдохов), отмечая дыхательный объем и податливость. Достижение уровня РЕЕР, при котором уменьшаются дыхательный объем и податливость, означает, что произошло закрытие альвеол. Указанный уровень РЕЕР называется давлением закрытия.

Повторный рекрутмент

Для повторного открытия альвеол проводят 10 вдохов при P_{insp} 60 см вод. ст. и РЕЕР 28 см вод. ст.

Окончательные установки

Уменьшают РЕЕР до уровня, превышающего на 2–3 см вод. ст. давление закрытия.

Уменьшают P_{insp} для достижения дыхательного объема 6–8 мл/кг идеальной массы тела. Устанавливают величину FiO_2 0,4–0,6. Если по результатам оценки газообмена приходится ее повышать, то концентрацию кислорода устанавливают на минимально возможном уровне, обеспечивающем p_aO_2 60 мм рт. ст. и сатурацию оксигемоглобина в артериальной крови 90%.

Первый метод рекрутмента привлекает тем, что на основании прикроватной оценки динамической податливости можно выбрать момент наибольшей податливости легких. В соответствии с традиционными представлениями о роли точек перегиба на статической кривой давление–объем указанный момент свидетельствует о достижении цели рекрутмент-маневра. Дальнейшее повышение давления приведет к перерастяжению альвеол. Однако, согласно современным представлениям, в этот момент все равно имеются альвеолы, которые могут быть открыты, но при условии приложения более высокого давления. Наши наблюдения большей эффективности второго способа подтверждают данную точку зрения. В связи с этим можно рекомендовать начинать с более «мягкого» первого варианта, а при его неэффективности перейти ко второму.

Если состояние больного позволяет, то рекрутмент-маневр можно выполнять под контролем неинвазивного метода пульсоксиметрии. Для этого на подготовительном этапе постепен-

но снижают содержание кислорода во вдыхаемой смеси до тех пор, пока показатели пульсоксиметрии (SpO_2) не достигнут величины 94–95%. При этом значения SpO_2 находятся на нисходящей части кривой диссоциации оксигемоглобина (рис. 11.2).

Очевидно, что небольшие изменения величины p_aO_2 и соответственно отношения P/F будут существенно сказываться на величине SpO_2 . Рост SpO_2 после проведения рекрутмент-маневра до 99–100% — один из признаков расправления альвеол, снижение до 90–92% — симптом спадания или перерастяжения легочной паренхимы.

При неэффективности обоих вариантов рекрутмент-маневра больного переворачивают на живот — в прон-позицию. Согласно теории «губчатых легких», перевод в прон-позицию вызывает открытие вентрально расположенных альвеол. Этих альвеол больше, чем дорсальных, поэтому переворот на живот улучшает оксигенацию и повышает отношение P/F .

Удобным при проведении рекрутмента является использование графического анализа, отражающего изменения динамической податливости легких в процессе маневра.

Еще один возможный алгоритм рекрутмента — построение кривой статической податливости путем медленного раздувания легких достаточно большим давлением. При этом, помимо определения точек перегиба кривой давление–объем, происходит фактически выполнение рекрутмент-маневра.

Для оценки эффективности рекрутмент-маневра можно использовать капнографию выдыхаемого воздуха. При эффективном расправлении альвеол количество выдыхаемой углекислоты растёт. При этом снижается величина градиента между напряжением углекислого газа в артериальной крови и в конечных порциях выдыхаемого воздуха.

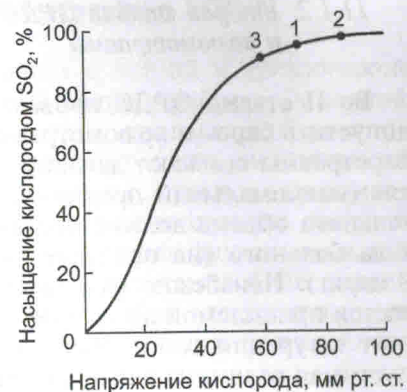


Рис. 11.2. Кривая диссоциации оксигемоглобина.

1 — исходное значение SpO_2 в начале рекрутмента; 2 — значения SpO_2 при эффективном и 3 — при неэффективном рекрутментах.