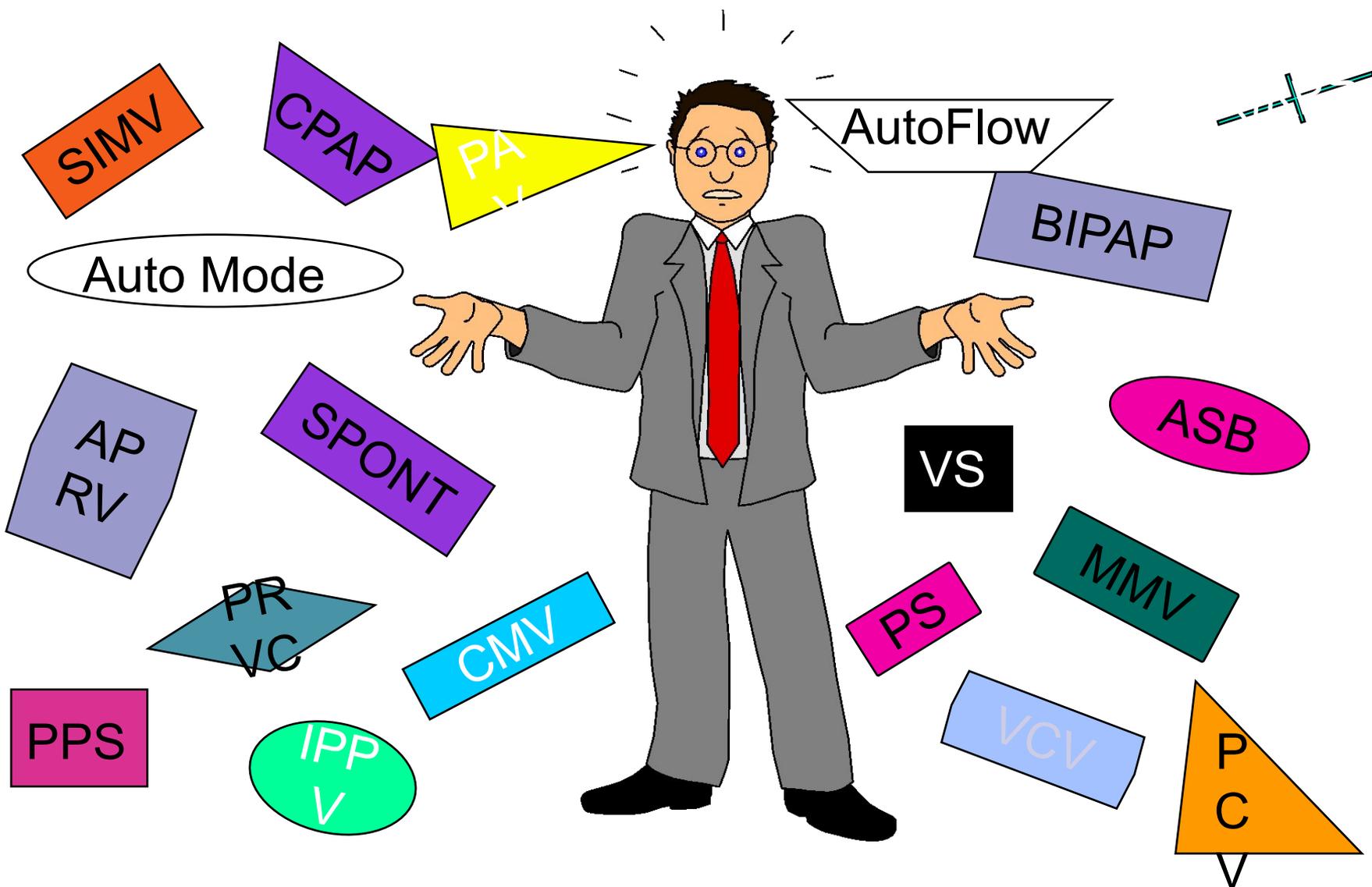
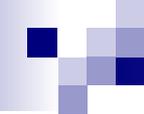


Режимы аппаратной (механической) вентиляции лёгких

О.В. Военнов

Как это работает?





Часть 1

Что такое режим АВЛ (МВЛ,
ИВЛ) и как их
классифицировать???

Режим ИВЛ

- Modes (англ) – метод или режим
- под режимом следует понимать «набор параметров, определяющих взаимосвязь пациента и аппарата ИВЛ, т.е. некоего стереотипа, шаблона, модели, паттерна дыхания» (R.L.Chartburi, 2001).

- Под "режимами вентиляции" целесообразно подразумевать аппаратные и спонтанные вдохи с различными программами ЕДЦ и приоритетами достижения целевых параметров ЕДЦ подчиненных заданному алгоритму дыхания системы "аппарат-больной" (P-SIMV, PLV, BiPAP, ViPAP, APRV, PRVC, VAPS, MMV, ASV, PAV и др.).

Режим ИВЛ

- это программа и технологические условия реализации респираторной поддержки аппаратом ИВЛ (респиратором)

Режим АВЛ

ВОЗМОЖНО/целесообразно

- При формулировке режима использовать общепринятую англоязычную аббревиатуру с указанием способа управления дыханием, алгоритма дыхания или указание паттерна дыхания с указанием логической схемы управления или указывать ТМ режима с названием аппарата ИВЛ.
- VC-SIMV+PS / VC-IMV +PS (setpoint)
- V-SIMV+PS аппарат ИВЛ Велла

При полном описании РЕЖИМА ИВЛ **целесообразно**

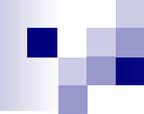
Фазовые переменные,
характеризующие ЕДЦ (триггер, лимит,
циклирование, базовое давление),
количество вдохов, минутную
вентиляцию и содержание кислорода во
вдыхаемой смеси – **актуальные
параметры вентиляции.**

Классификация Американская ассоциация по респираторной терапии (2001)

- 8 режимов: VC-CMV, PC-CMV, DC-CMV, VC-IMV, PC-IMV, DC-IMV, PC-CSV, DC-CSV
- 5 принципов управления: (строгое выполнении установочных параметров - **setpoint**, возможность изменять один параметр для достижения целевого во время вдоха - **autosepoint**, автоматический подбор оптимального показателя во время вдоха - **servo**, возможность изменять один параметр для достижения целевого от вдоха к вдоху - **adaptive**, оптимальный автоматический подбор показателей единичного вдоха и от вдоха к вдоху – **optimal**).

Классификация Царенко С.В.

- 1. Традиционные режимы
 - Режимы с контролем по объему
 - Режимы с контролем по давлению
- 2. Современные режимы
 - Двойные режимы
 - Двухфазные и двухуровневые режимы
 - Серворежимы



Часть 2

Режимы с управлением по объёму

Режимы с контролем по объёму

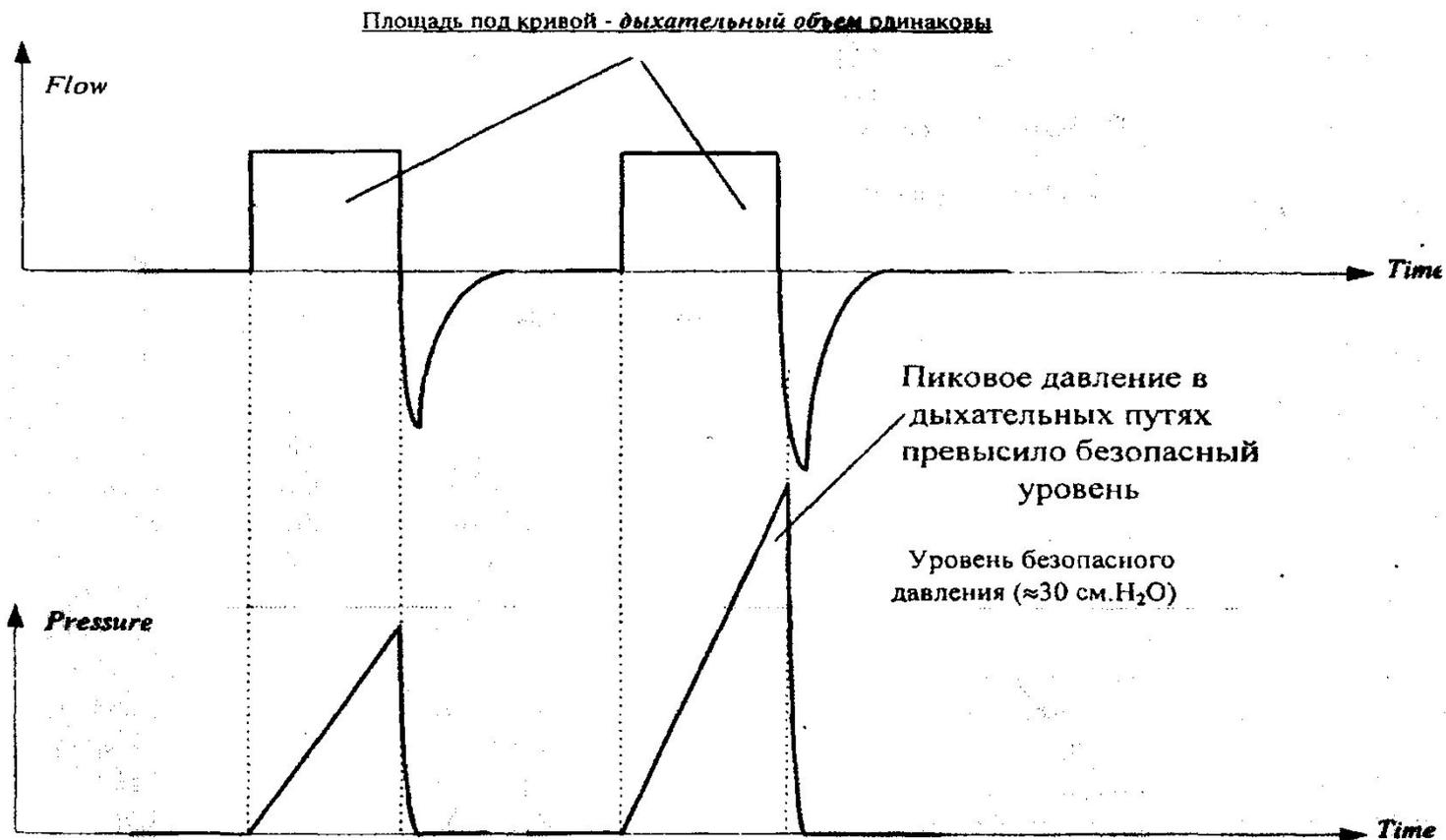
- VC-CMV (VCV, CMV)
- VC-A/C
- VC-IMV
- VC-SIMV

- VC- SIMV + PS

Режимы с контролем по объёму

- Trigger – mashin patient
- Limit – по потоку
- Cycle – по объёму или по времени (если пауза)
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны VC-CMV, VC-IMV
- setpoint

VC-CMV, VCV, IPPV, VC-A/C (при выключенном триггере)

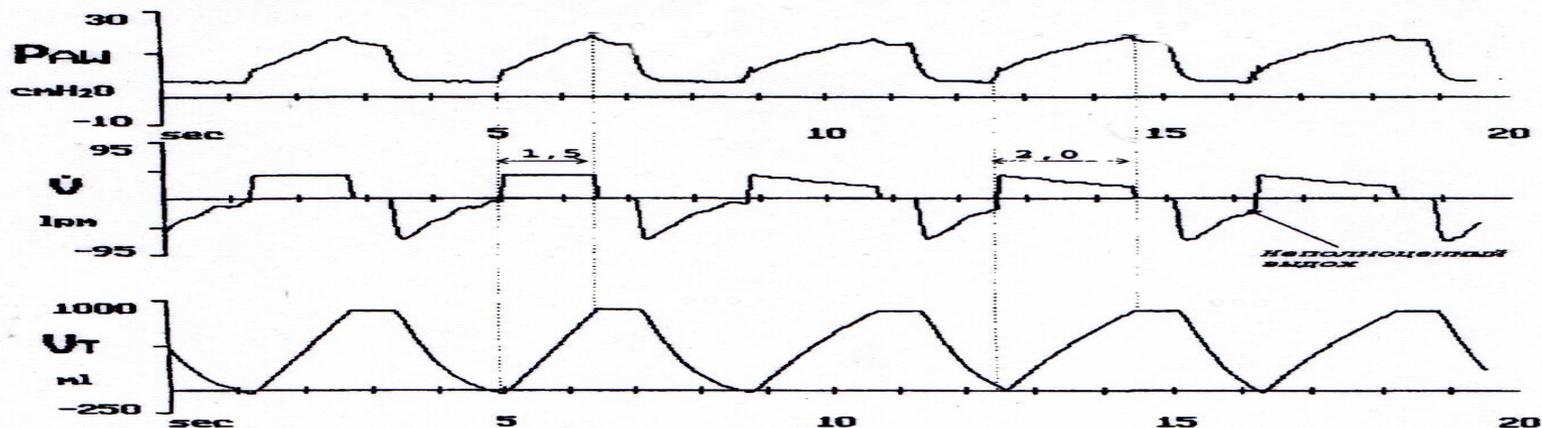


VC-CMV, VCV, IPPV, VC-A/C (при выключенном триггере)

- Вдохи с управлением по объёму
- Все вдохи инициируются аппаратом
- Врач задает ДО, поток, время вдоха, соотношение вдох/выдох, ЧД
- Все остальные параметры – фазовые показатели - производные

VC-CMV, VCV, IPPV, VC-A/C (при выключенном триггере)

- f – число дыханий (12)
- V_t - дыхательный объем (600 мл)
- F - пиковый поток (40 л/мин)
- PEEP – давление в конце выдоха (5 *см H₂O*)
- Тревоги по МОВ, ЧД, давлению



VC-CMV, VCV, IPPV, VC-A/C (при выключенном триггере)

- Преимущества режима.

Вентиляция в режиме Volume Control гарантирует поступление заданного объема кислорода и выведение необходимого количества углекислоты.

- Недостатки режима.

При ухудшении механических свойств легких возможно избыточное повышение давления в дыхательных путях, что небезопасно, так как приводит или к баротравме, или к преждевременному прерыванию вдоха и гиповентиляции.

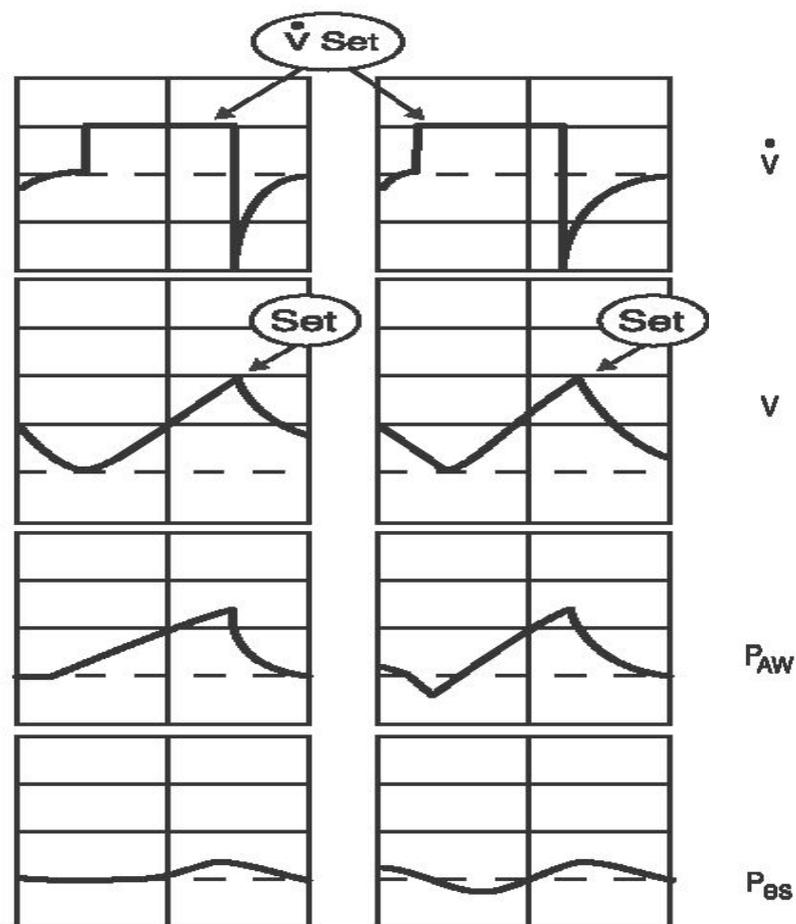
Клиническое применение CMV

1. Проведение респираторной поддержки в тех случаях, когда нет выраженного поражения легких и при этом крайне важно обеспечить точное поступление кислорода и выведение углекислоты.
 - Пациенты с заболеваниями и поражениями головного мозга и сердца
2. Отсутствие спонтанного дыхания
 - Наркоз, столбняк, применение миорелаксантов

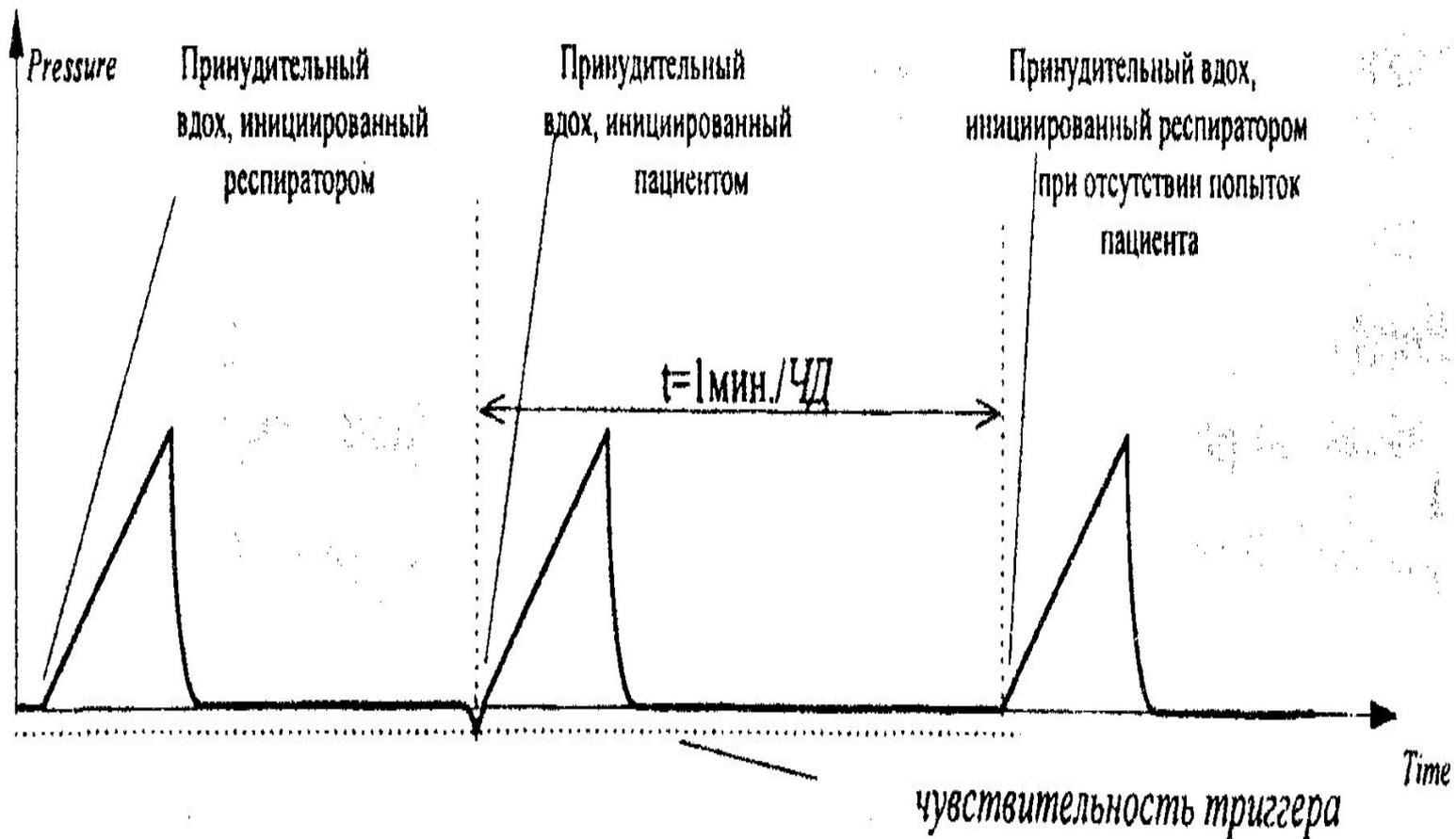
Volume Control и Volume Assist Control

Volume control –
«нулевой» триггер
(по времени)

Volume assist –
триггер по давлению
или по потоку



VCV-A/C, (S)CMV



Volume Assist Control

f – число дыханий (12)

V_t - дыхательный объем (600 мл)

F - пиковый поток (40 л/мин)

PEEP – давление в конце выдоха (5 *cm H₂O*)

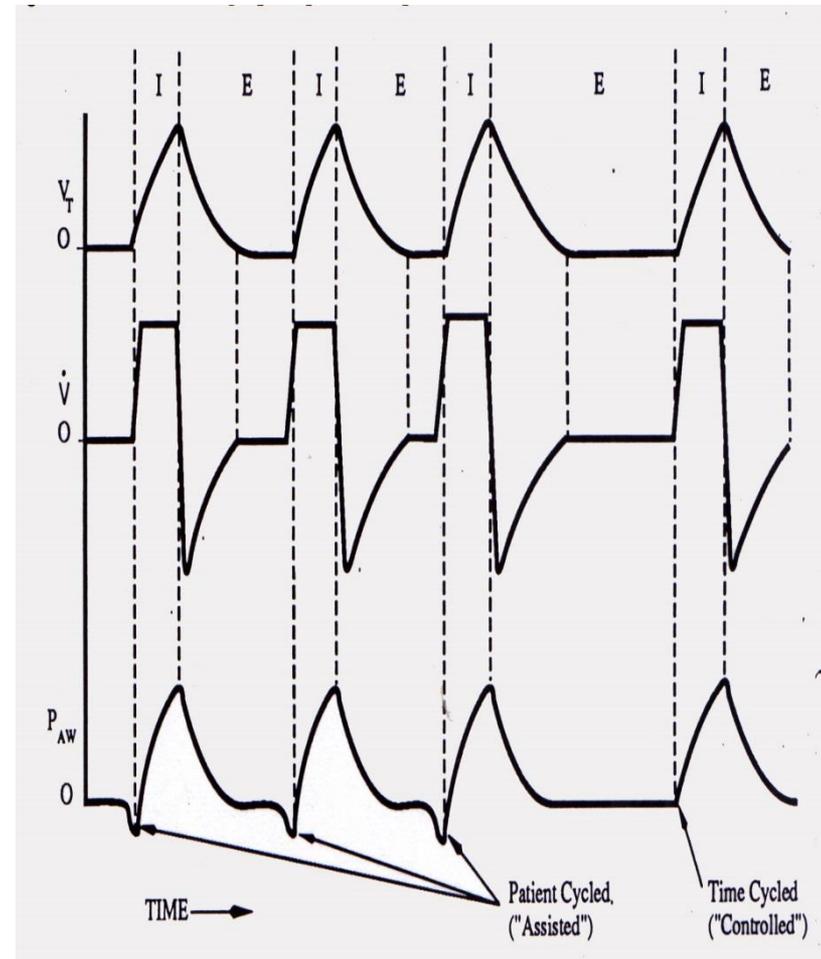
Пауза вдоха – 0

Триггер - вкл

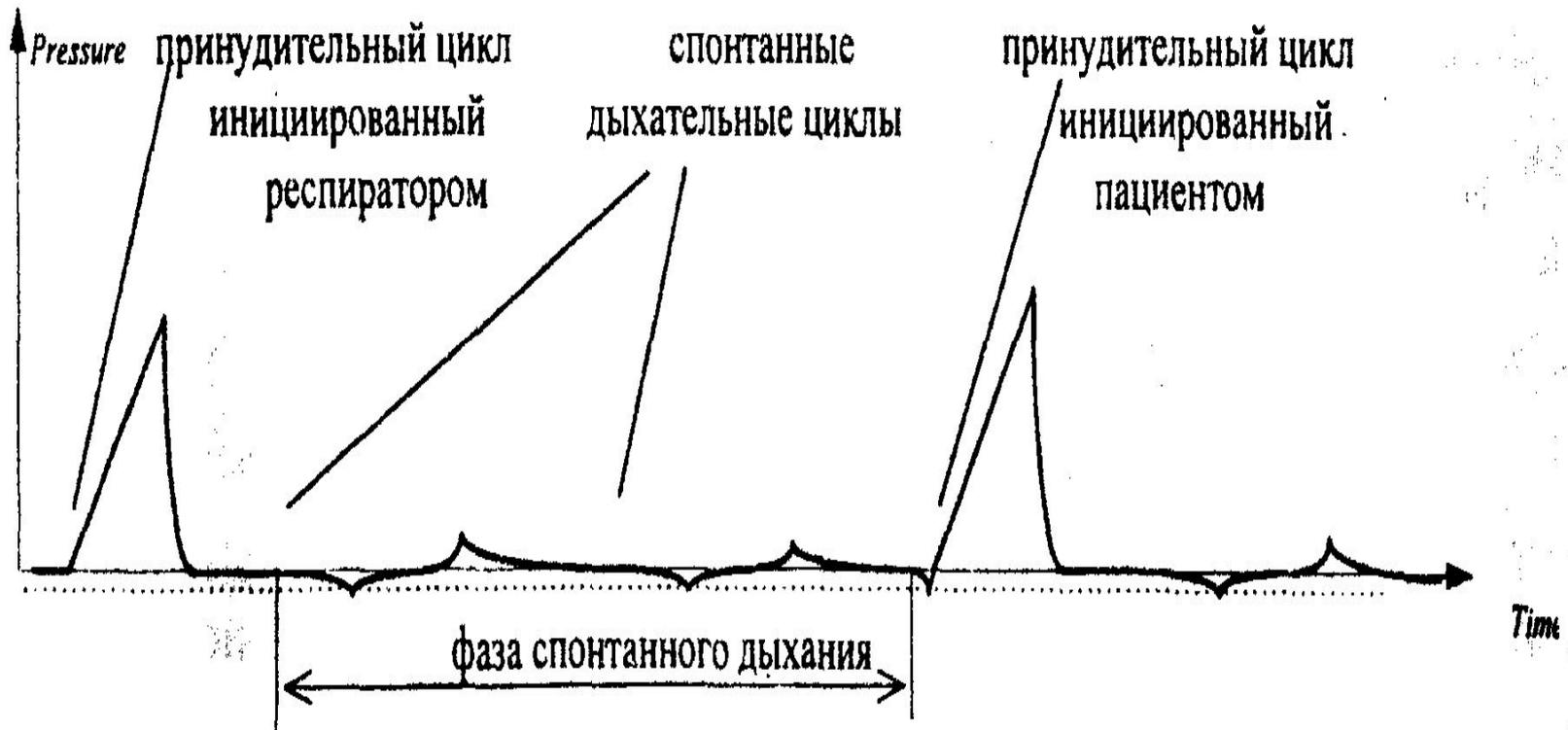
Тревоги по объему и по давлению

Sensitivity – 3 *cm H₂O*, 2 л/мин

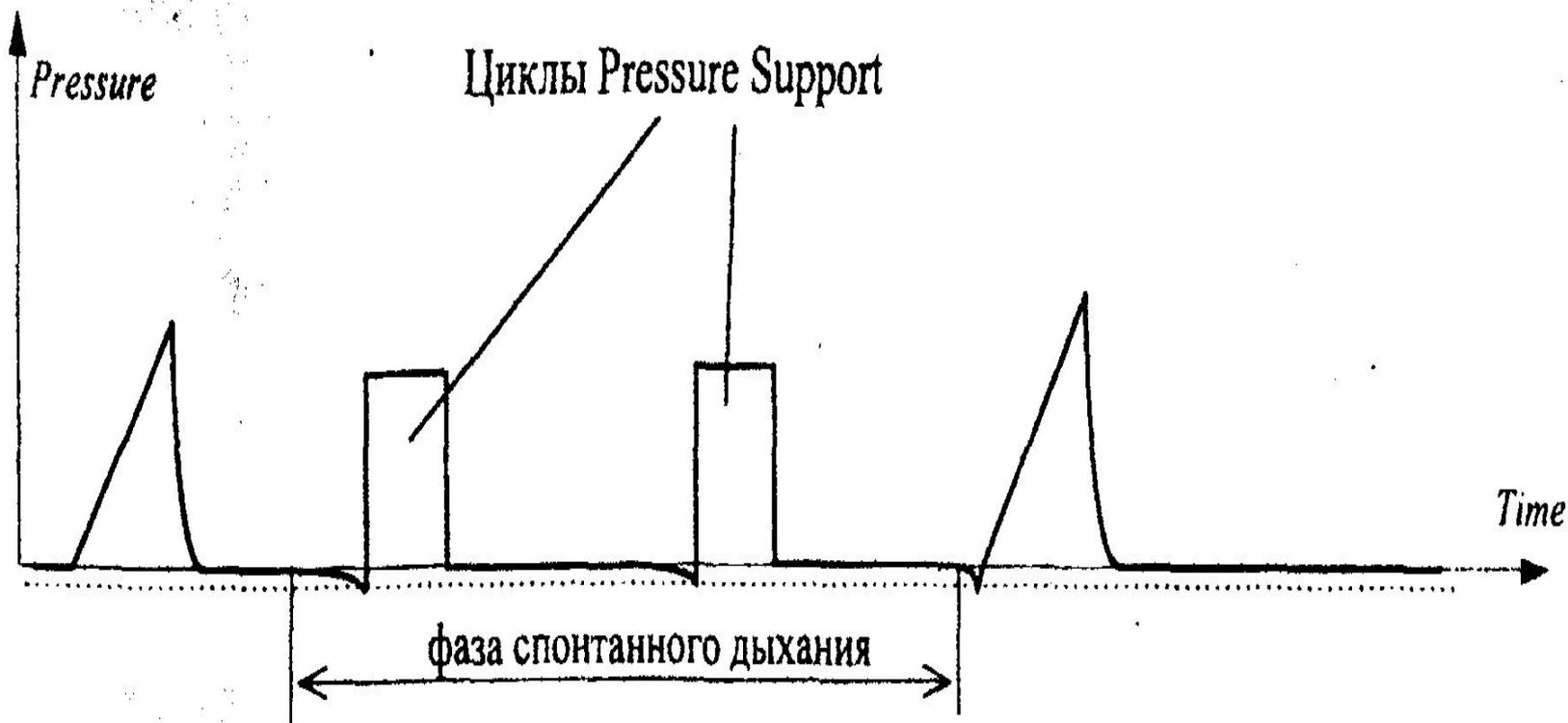
ЧД – не менее f .



Зависимость *давление/время* при вентиляции в режиме *SIMV Volume control*



Зависимость давление/время при режиме *SIMV - Volume control +* *Pressure support*

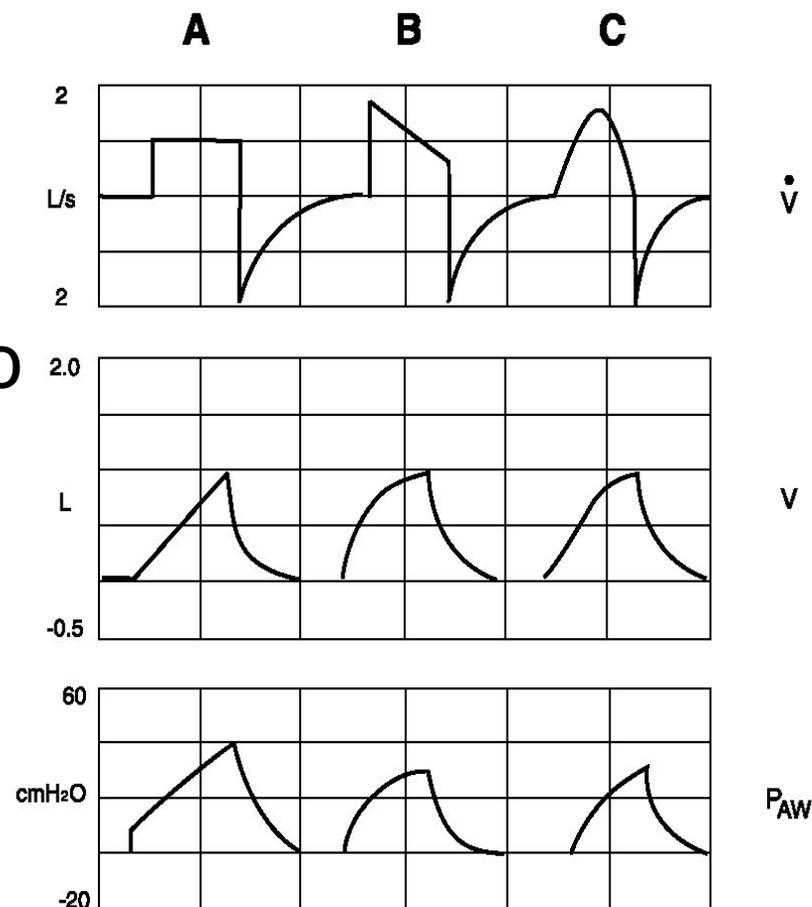


Формы потока в режимах по объему

А - квадратный

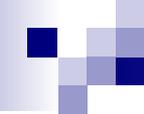
В - Нисходящий –
предпочтительный из-за
меньшего PAW и лучшего
распределения газовой
смеси в легких

С - синусообразный



Клиническое применение Volume Control в ОРИТ

- Нужна уверенность в поступлении достаточного дыхательного объема для обеспечения оксигенации и выведения углекислоты (заболевания и повреждения мозга, коронарные проблемы)
- Не очень опасна баротравма (нет ОРДС)



Часть 3

Режимы аппаратной вентиляции, контролируемые по давлению

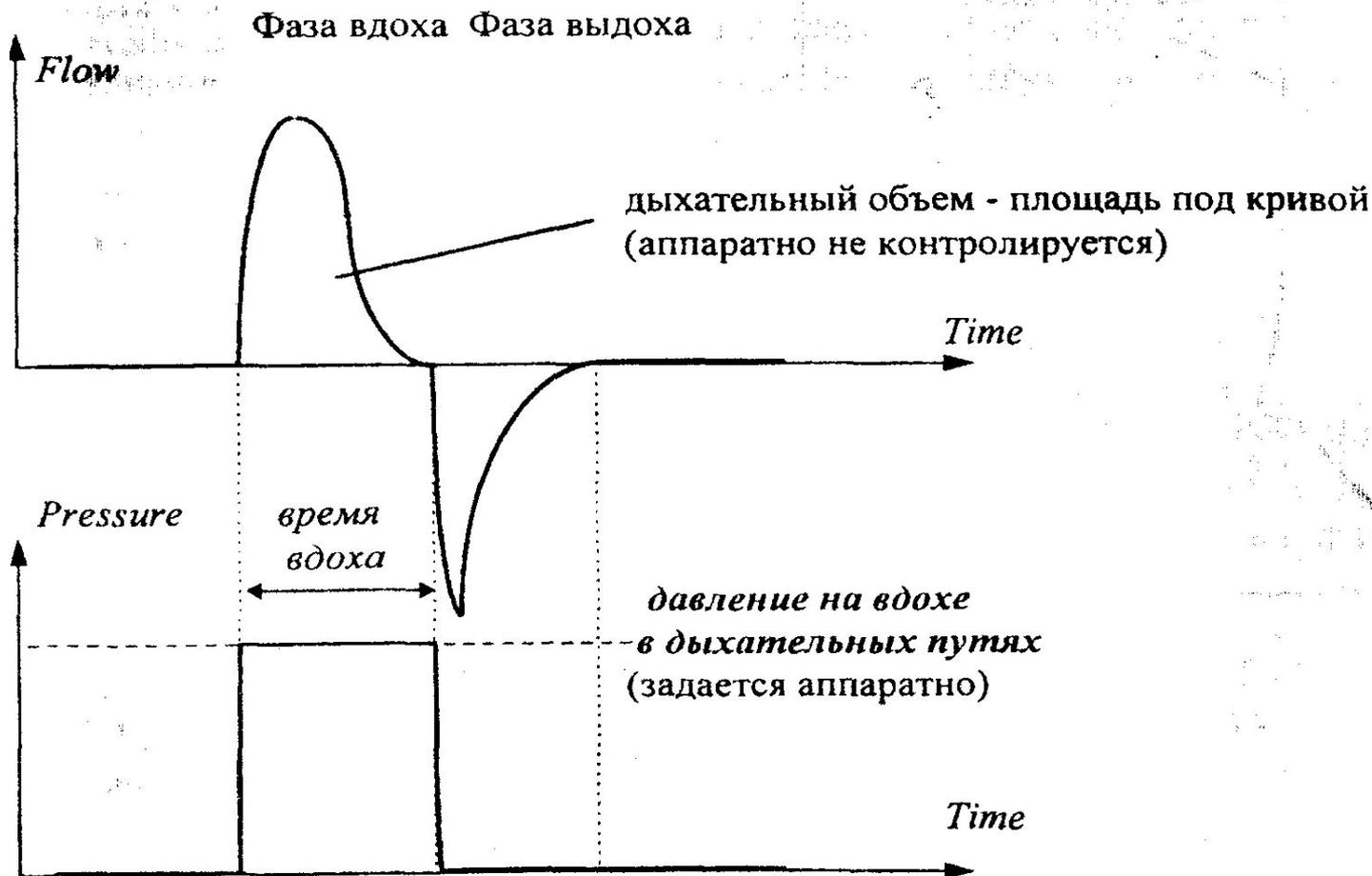
Режимы аппаратной вентиляции, контролируемые по давлению

- Существует целый спектр режимов вентиляции контролируемой по давлению вентиляции: обязательная вентиляция CMV Pressure Control (PCV), Pressure Limited Ventilation, вспомогательно-контролируемая вентиляция в алгоритме Assist Control (A|C-PCV), синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция SIMV с ограничением по давлению (SIMV-PCV), поддержка давлением (PS) и др.

Режимы с контролем по давлению

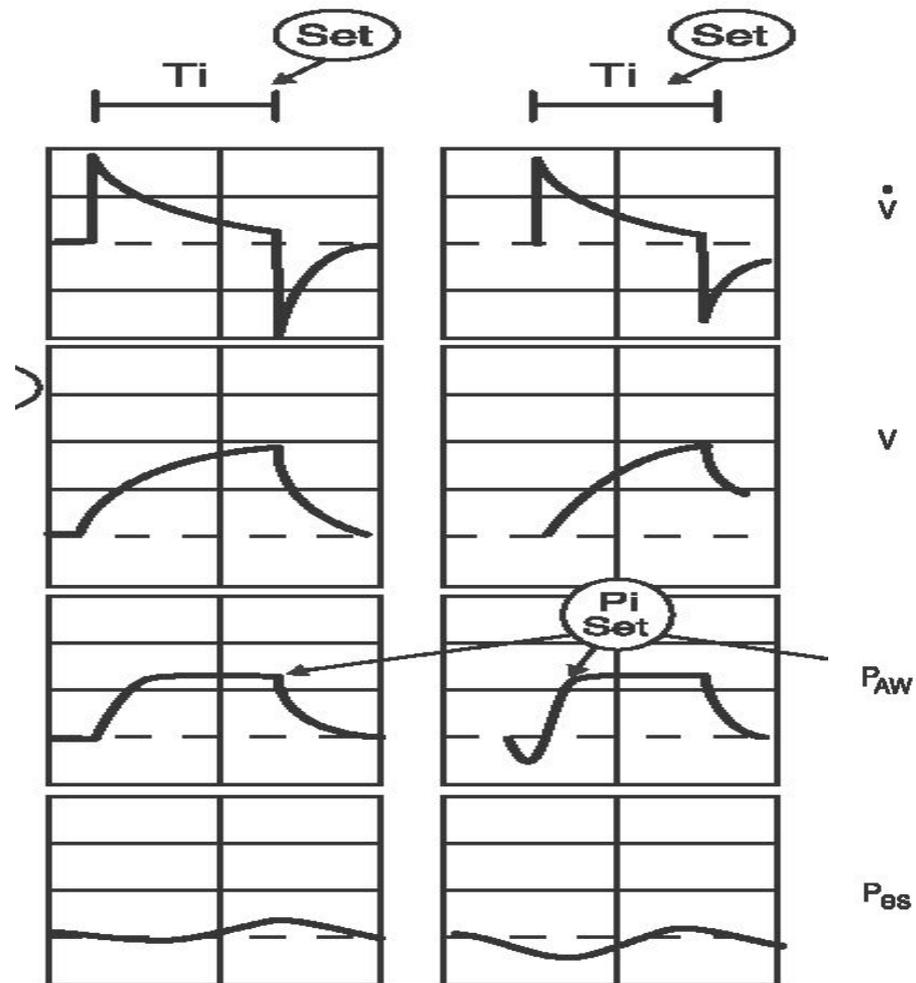
- Trigger – mashin patient
- Limit – по давлению
- Cycle – по времени
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерн: PC-CMV, PC-IMV
- setpoint

Принудительная вентиляция СМV с контролем по давлению



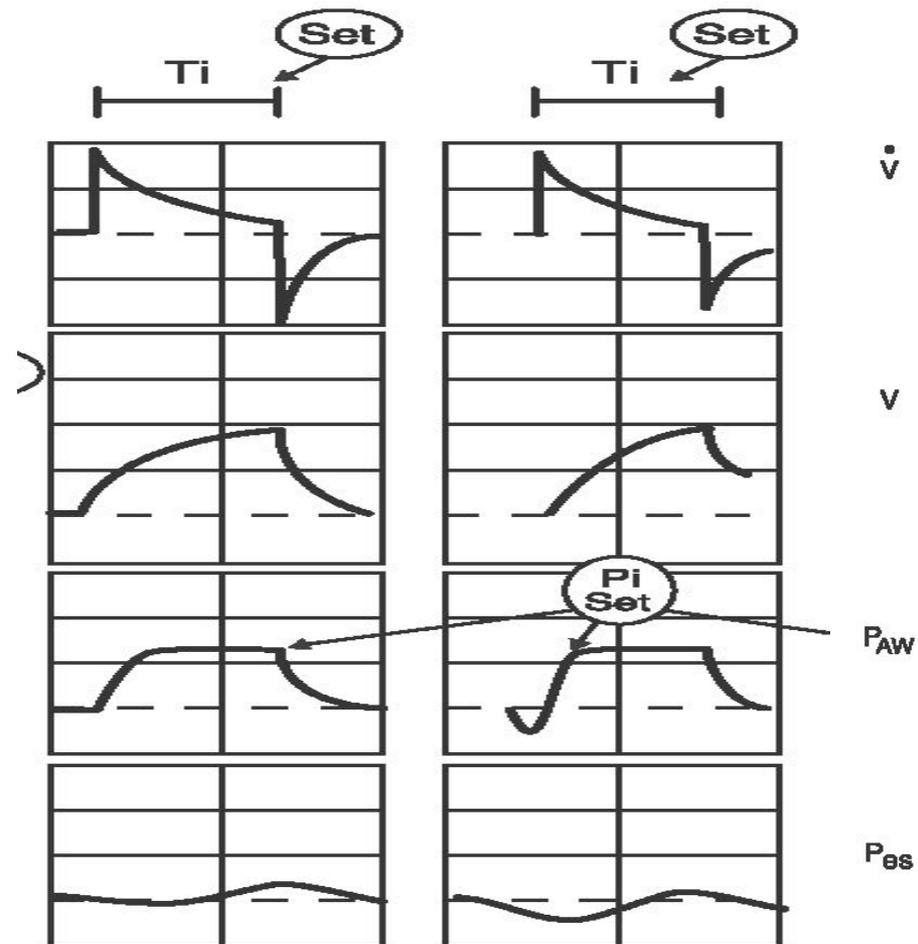
Режимы Pressure Control Ventilation, Assist Control

- Вдохи с управлением по давлению
- Врач задает давление вдоха и время вдоха, ЧД
- ДО – производная от комплайенса
- Поток – от P и T



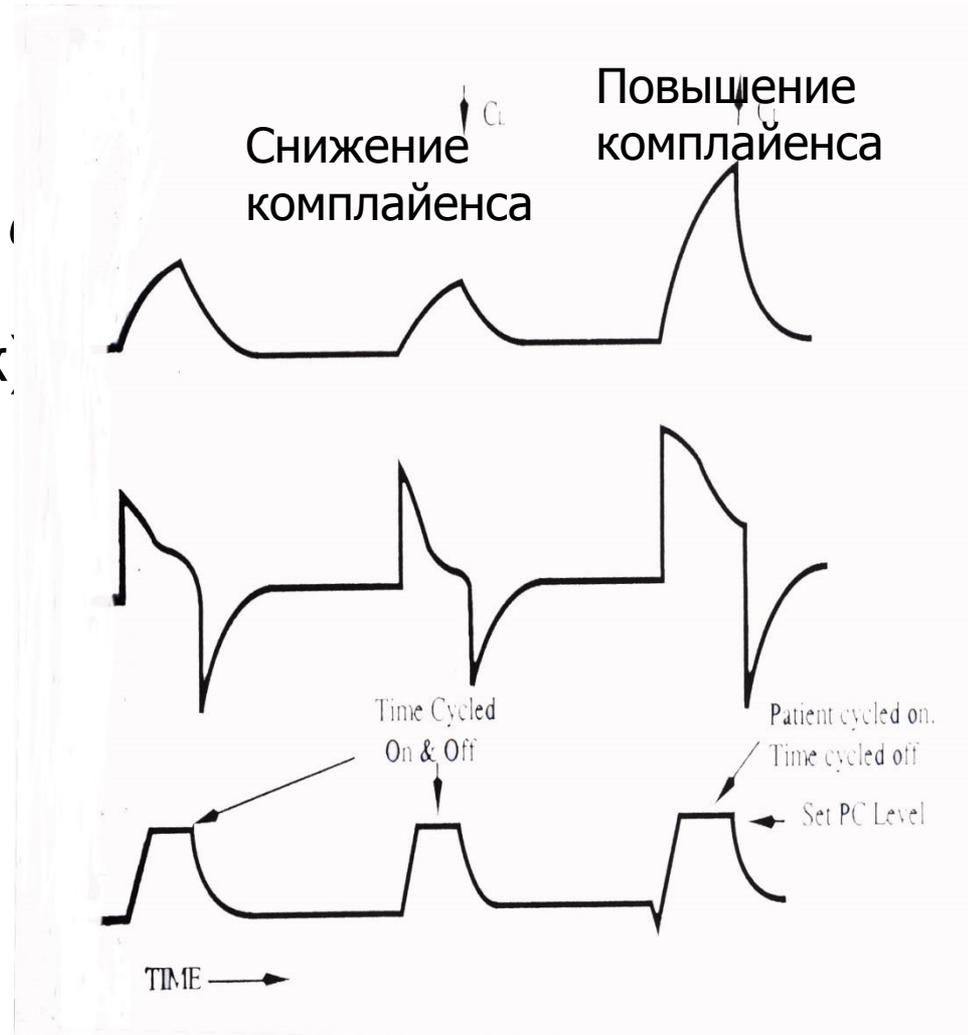
Режимы Pressure Control Ventilation, Assist Control (PC-CMV, PC-A/C).

- Pressure control - триггер по времени
- Pressure assist - триггер по дыхательному усилию пациента



Pressure Assist Control

- f – число дыханий (12)
- P – давление в дыхательных путях (15 $\text{cm H}_2\text{O}$)
- t – время вдоха (0,8 сек)
- Inspiratory Rise
- Тревоги по объему
- Sensivity – 3 $\text{cm H}_2\text{O}$, 2 л/МИН
- ЧД- не менее f



Преимущества режимов РС

- При проведении респираторной поддержки в режиме Pressure Control **гарантировано ограничение давления в дыхательных путях, что исключает опасность баротравмы.**
- При реализации режима создается **нисходящий пиковый поток, который способствует хорошему распределению кислородно-воздушной смеси в дыхательной системе и обычно хорошо адаптирован к потребностям больного.**

Недостатки режима РС

- Снижение податливости легких, механические препятствия для поступающей дыхательной смеси вызывают снижение МОД.
- Не определённости ДО
- Указанное обстоятельство может приводить к гипоксии и гиперкапнии при некорректных установках тревог.

Клиническое применение Pressure Control

- Очень опасна баротравма (СОПЛ, ОРДС)
- Можно допустить минимальную оксигенацию (pO_2 – 60 мм рт.ст., SaO_2 – 89-90%) и значительную гиперкапнию (pCO_2 более 60 мм рт.ст.) - заболевания и повреждения мозга, коронарные проблемы
- Нужна уверенность в определенном времени окончания вдоха – утечки воздуха, тенденция к гиперинфляции легких при ХОБЛ

Pressure limited ventilation

- может быть рассмотрен как Volume control ventilation с ограниченным давлением и как Pressure control ventilation с ограниченным потоком.

Режим PLV

- Trigger – mashin
- Limit – по потоку или по давлению
- Cycle – по объёму
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерн: DC- CMV (VC-CMV, PC-CMV)
- autosetpoint

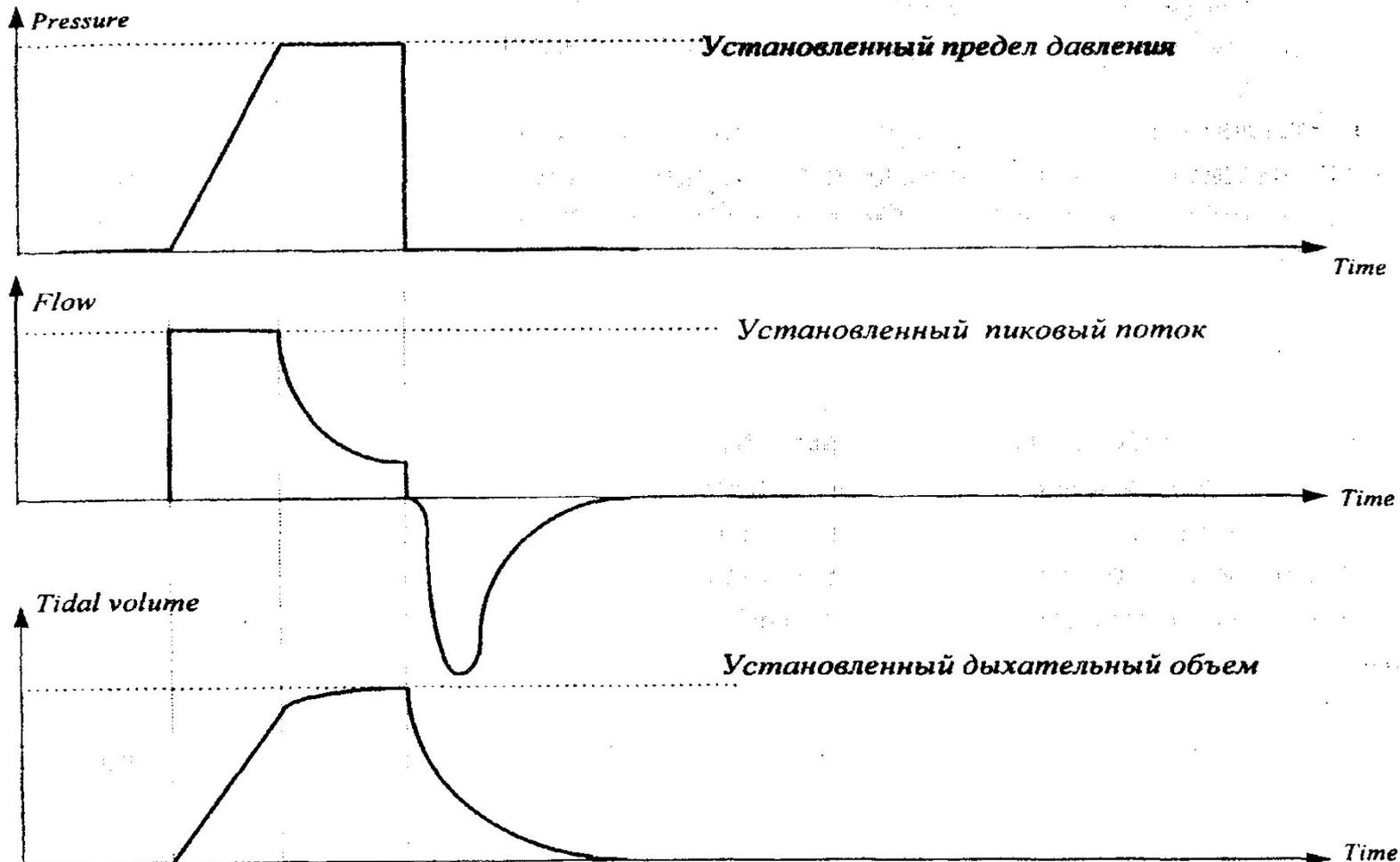
Pressure limited ventilation

- Оператор задает на панели аппарата *дыхательный объем, пиковый поток, максимальное давление.*
- Респиратор подает в дыхательные пути больного заданный пиковый поток, как при VCV с постоянным потоком. Однако при достижении предела допустимого давления респиратор снижает поток до уровня, не вызывающего дальнейшего повышения давления.

Pressure limited ventilation

- Поток подается до достижения заданного дыхательного объема.
- Если респираторная система пациента не позволяет реализовать заданный дыхательный объем вследствие недостаточной растяжимости легких, респиратор прекращает вдох и извещает об этом врача сигналом тревоги и вдох прекращается.

Дыхательные кривые при Pressure limited ventilation-объемной вентиляции с ограниченным давлением



Pressure limited ventilation

- при установленном заведомо высоком пределе давления Pressure limited ventilation будет выглядеть как Volume control ventilation, а при заведомо высоком пиковом потоке и низком установленном давлении - приближаться к "классической" Pressure control ventilation, однако с ориентацией на достижение заданного дыхательного объема.

Преимущества режима

- Вентиляция в режиме PLV относительно безопасна в плане возможной баротравмы легких.
- Для проведения ИВЛ в режиме PLV не нужна хорошей герметичности дыхательных путей.
- Указанное обстоятельство объясняет его широкое использование в детской практике, поскольку на интубационных трубках малого диаметра нет манжеты.
- Используют данный режим у пациентов с бронхоплевральными свищами.

Недостатки режима.

- Требуется опыт в установке целевых параметров (V_T , P_L , F) для обеспечения адекватного МО
- Недостатком режима является также нерациональное распределение кислородно-воздушной смеси в легких из-за того, что повышение давление в дыхательных путях носит пиковый характер

Режим Pressure Support

- В отличие от Pressure Control и PLV он требует обязательной дыхательной попытки больного, т.е. происходит только **по требованию**.
- Режим может применяться как в качестве самостоятельного варианта ИВЛ, так и для поддержки спонтанных вдохов при реализации алгоритма SIMV.

Режим PSV

- Trigger – patient
- Limit – по давлению
- Cycle – по потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерн: PC- CSV
- setpoint

Режим Pressure Support

Переключение: flow-cycled

PS – давление поддержки

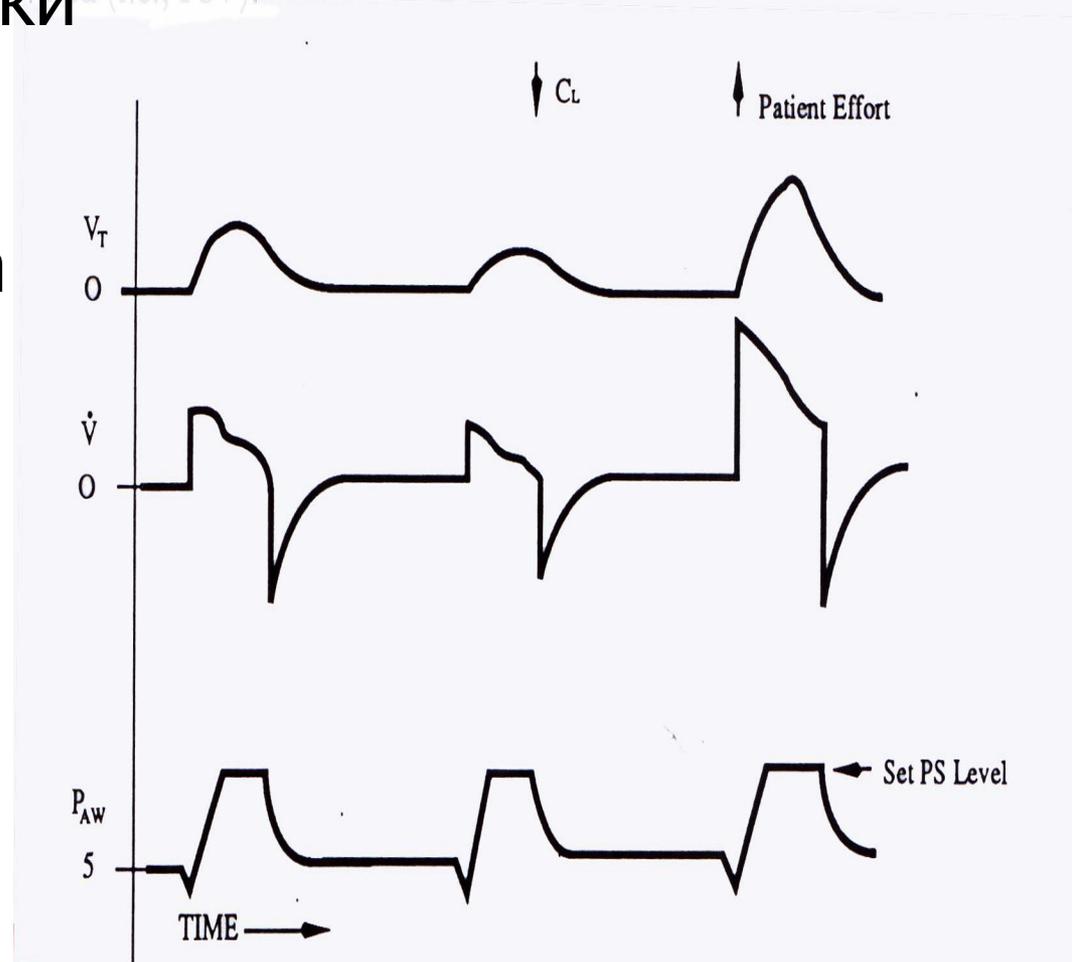
PEEP

Тревоги по объему

Триггер вдоха и выдоха

ЧД - по требованию

Часто – SIMV + PS



Преимущества режима

- Весьма физиологичный режим вентиляции, поскольку наиболее соответствует дыхательному паттерну больного.
- В отличие от других режимов по давлению в Pressure Support переключение с вдоха на выдох происходит в соответствии с логичными физиологическими принципами.

Критерии переключения с вдоха на выдох

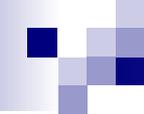
- В большинстве респираторов вдох в режиме Pressure Support оканчивается, когда инспираторный поток снижается до 25% от величины пикового потока
- В современных респираторах критерий выдоха может изменяться от 10 до 90%

Критерии переключения с вдоха на выдох

- У больных с ХОБЛ – до 50-60%
- При наличие утечек – трудно добиться адаптации респиратора к потребностям больного
- У больных с низкой податливостью – до 10%

Клиническое применение Pressure Support

- В процесс прекращения АВЛ или необходимость сохранения спонтанного дыхания – лечение кардиогенного отека легких, ХОБЛ
- Инвазивная / неинвазивная



Часть 4

Режимы с двойным контролем

Режимы с двойным контролем вдоха / от вдоха к вдоху

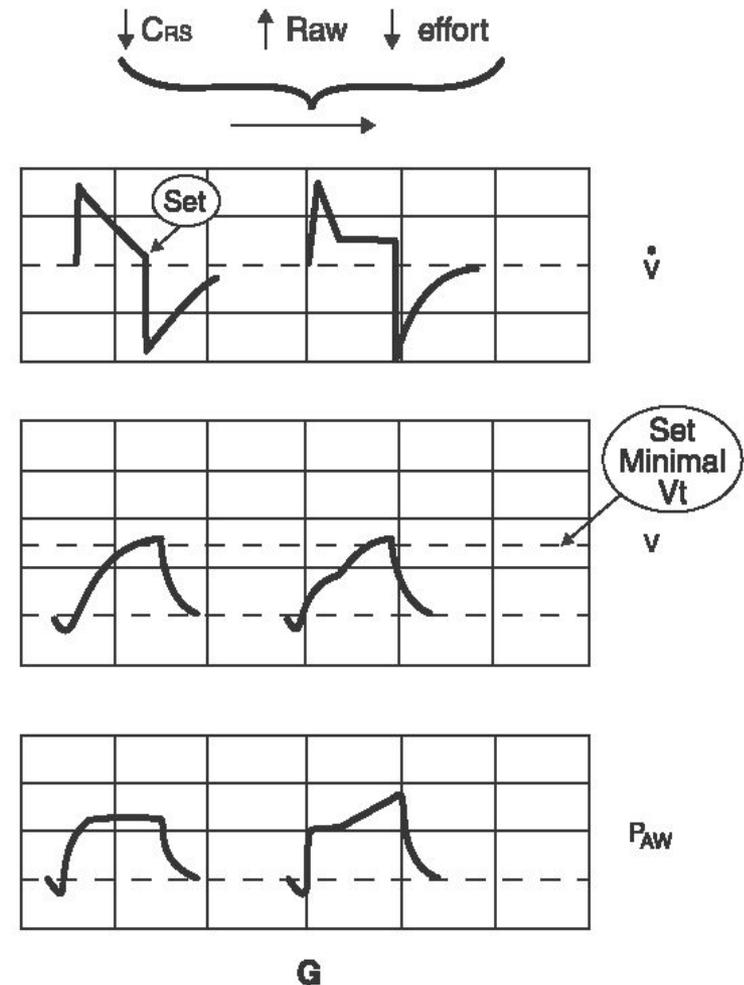
- Попытка совместить преимущества вентиляции с контролем по объёму и вентиляцию с контролем по давлению
- PLV
- VAPS

Режим VAPS

- Trigger – **mashin (VC)** patient (PS)
- Limit – **по потоку** или **по давлению**
- Cycle – **по объёму** или **по потоку**
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны **VC-CMV**, **PC-CSV** (DC-IMV)
- autosetpoint

VAPS (PS+VC)

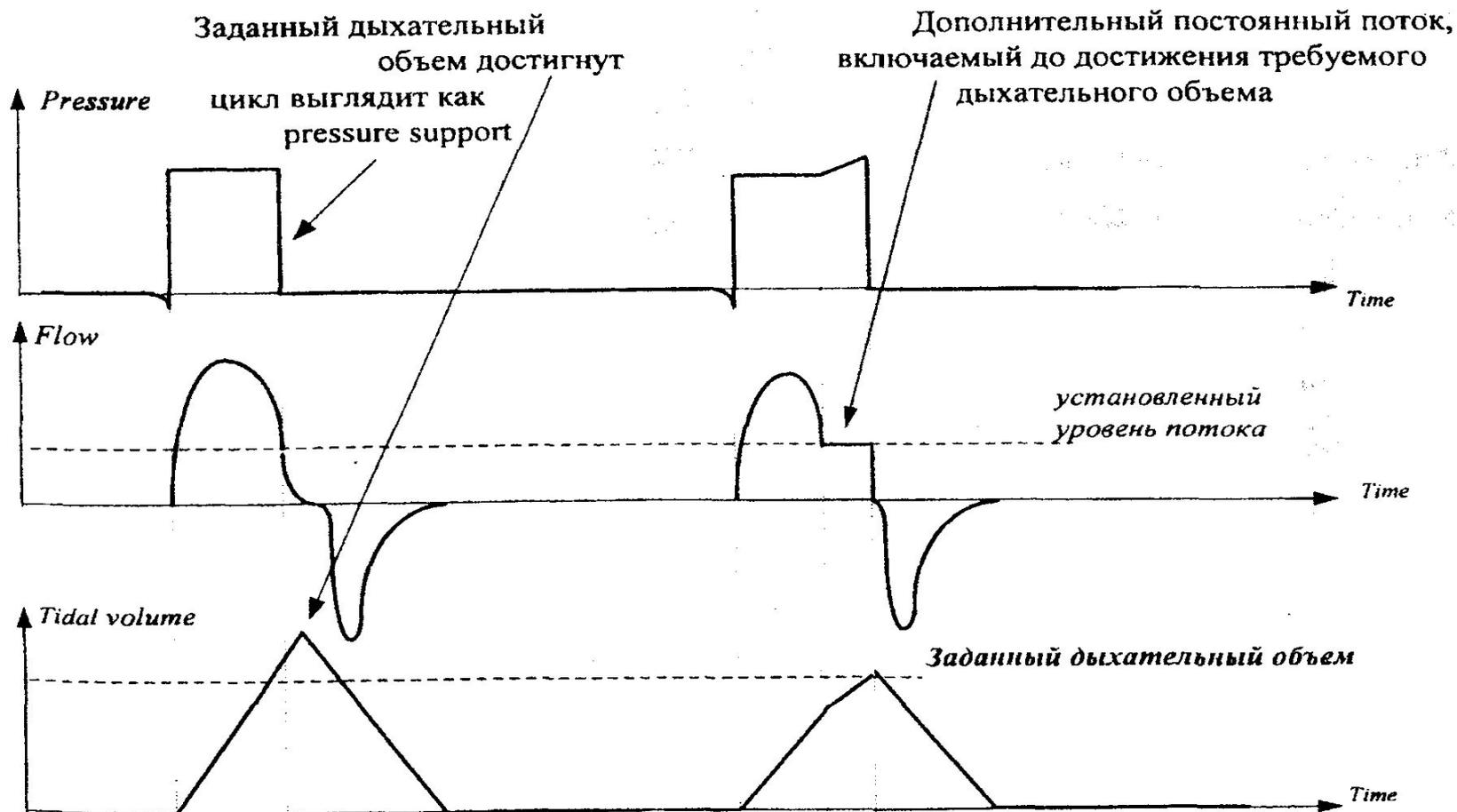
Комбинированная
вентиляция по
давлению и объему



Контроль V и P во время одного вдоха

- **Поддержка давлением с гарантированным объемом (Volume Assured Pressure Support) и Приращение Давления (Pressure Augmentation)**
- **Гарантирует ДО**
- **Имеют преимущества PSV в сочетании с дополнительной безопасностью и удобством объемной вентиляции**

Формирование дыхательного цикла в режиме VAPS



Volume assured *pressure support* — VAPS (PS+VC)

- Иницируется пациентом –
дыхательный объём достигнут –
PS, не достигнут – DC-CMV
- Нет дыхательных усилий - VC-CMV.

Режим VAPS

- **Может использоваться у больных без дыхания, со слабыми и редкими дыхательными усилиями с гарантированной МВ, что полезно у больных, перенесших гипоксию.**
- **Может использоваться и у спонтанно дышащих пациентов с периодами апноэ, гарантируя при этом, что дыхательный объем не будет ниже требуемого**

VAPS

-,но пиковое давление в дыхательных путях не ограничено, как при Pressure support, во время принудительной составляющей давление может подниматься значительно выше установленного уровня.
- Может ли быть альтернативой SIMV?

Режимы адаптивной вентиляции

- Trigger – **machine** patient
- Limit – **по потоку** или по давлению
- Cycle – **по объёму** или по времени или по потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны **VC-CMV**, **PC-SIMV+PS**, **PC-CSV** (DC-SIMV+DC-CSV)
- adaptive

PRVC

Pressure Regulated Volume Control

- Тестирующий вдох по объему
- Последующие вдохи – по давлению
- Машина рассчитывает то минимальное давление в дыхательных путях, которое за заданное время позволит ввести такой же объем воздуха, какой был введен во время объемного вдоха.

PRVC

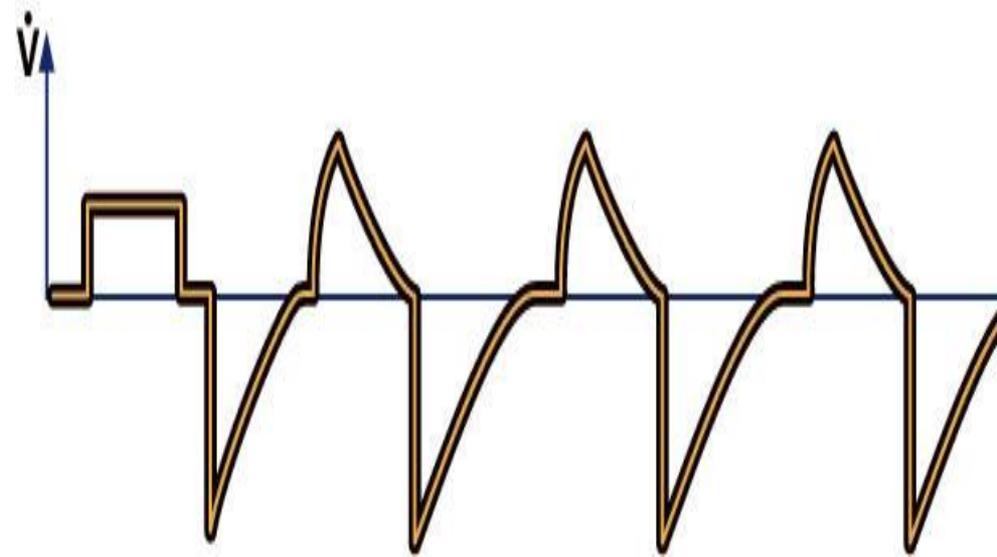
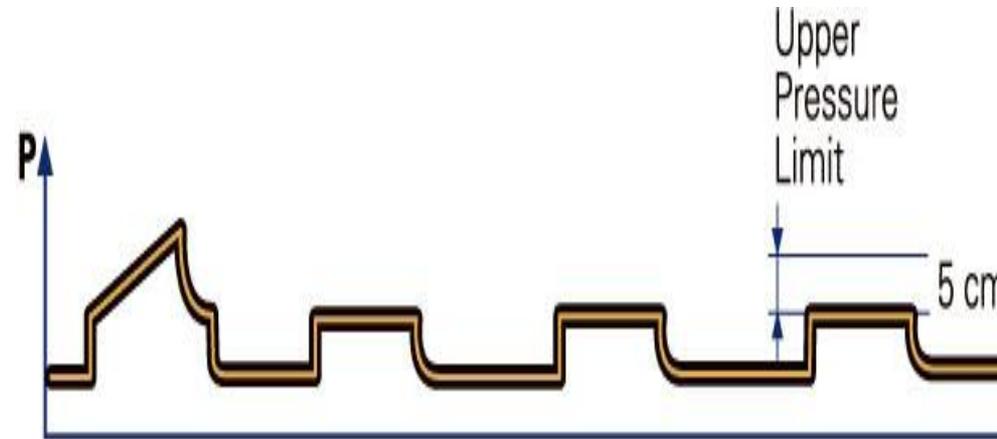
Pressure Regulated Volume Control

f – число дыханий (не менее 12)
 V_t - дыхательный объем (600 мл)
PEEP – давление в конце выдоха (5 *cm H₂O*)
 P_{max} - 15 *cm H₂O*
Flow Acceleration 40 *cm H₂O/c*
Время вдоха -1.1 с

Тревоги по объему и ограничение по давлению

Sensitivity – 3 *cm H₂O*, 2 л/мин
ЧД – не менее f

Возможно наложение вдохов по требованию



Преимущества режима

- Режим PRVC позволяет упростить подбор параметров вентиляции.
- Заданный объем дыхания гарантирует поступление нужного количества кислорода и оптимального выведения необходимого объема углекислоты.
- В то же время последующие вдохи по давлению обеспечивают преимущества Pressure Control.
- При изменении механических свойств дыхательной системы больного респиратор сам подстраивается под новые требования.
- Возможность спонтанного дыхания

Недостатки режима

- При частом изменении дыхательного паттерна больного респиратор вынужден раз за разом производить тестирующие вдохи с последующим подбором параметров вдохов по давлению.
- Указанное обстоятельство может вызывать значительный дыхательный дискомфорт. Кроме того, постоянный подбор давления вдоха приводит к избыточной или недостаточной минутной вентиляции.

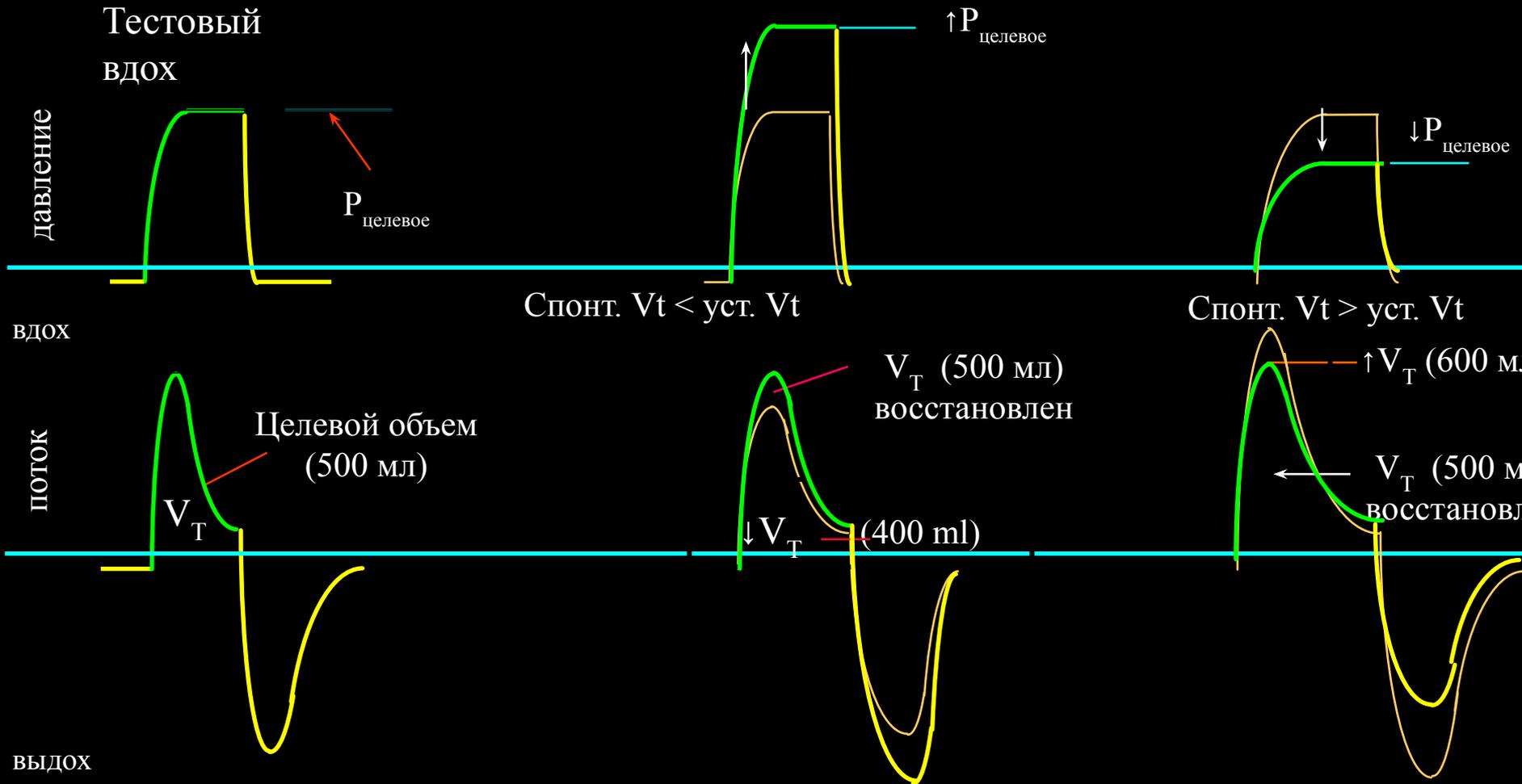
Показания к использованию

- Необходимость гарантированного дыхательного объема при высоком риске баротравмы: например, при сочетании заболевания или повреждения мозга с ОРДС.
- Обязательным условием является стабильное состояние больного и наличие регулярного дыхательного паттерна.

Volume Support

- Режим поддержки объемом представляет собой модификацию Pressure Support.
- После вдоха с поддержкой давлением респиратор анализирует выдыхаемый больным объем и рассчитывает динамическую податливость легких.
- На основе этих расчетов респиратор производит серию вдохов в режиме Pressure Support и постепенно подбирает такую величину поддержки давлением, которая позволит обеспечить заданный врачом дыхательный объем.

VS



Уровень поддержки ниже, если повышается респираторный запрос

Ограничения режима VS

- Требуется определенное мастерство при выборе адекватного целевого объема, в зависимости от конкретной тактической цели
- При высоком уровне поддержки, увеличение производительности вентилятора детренирует пациента, делает его «ленивым»
- При низком уровне поддержки снижение производительности вентилятора является причиной увеличенной работы дыхания и истощения сил пациента

Часть 5

Двухфазная вентиляция

- Режимы Biphasic Positive Airway Pressure (BIPAP) и Airway Pressure Release Ventilation (APRV)

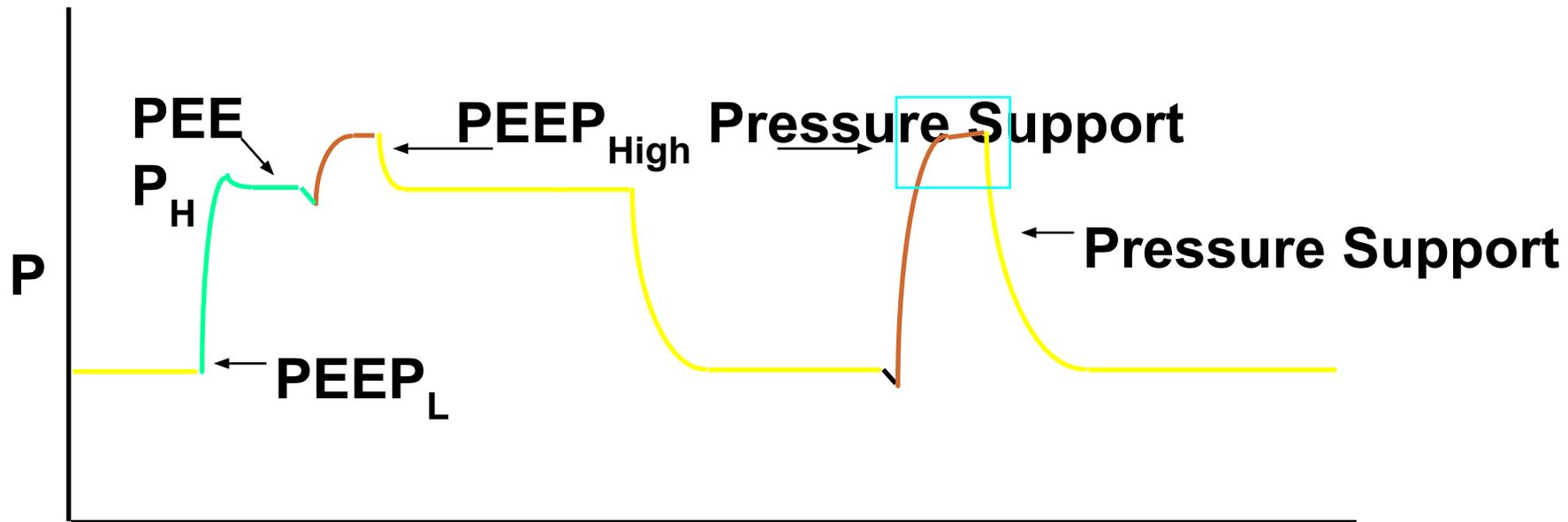
Режим ВІРАР

- Trigger – mashin patient
- Limit – по давлению
- Cycle – по времени или по потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны PC-SIMV+PS h\l (+PC-CSV)
- setpoint

ВІРАР

- Устанавливаются 2 уровня давления и 2 времени поддержки давления
- Спонтанное дыхание с поддержкой давлением возможно на любом из уровней
- При отсутствии СД – РСV (возможны триггированные и нетриггированные вдохи)

BIPAP c Pressure Support



APRV (Airway Pressure release ventilation)

- Это инвертированный VIPAP
- Когда клиницист изменяет соотношение I:E, устанавливая время высокого PEEP и низкого PEEP с сильной инверсией (2:1, 3:1, 4:1), то не остается достаточно времени для нормального выдоха
- Давление в дыхательных путях, в основном, остается на высоком уровне и уменьшается только на короткий период времени
- Применение ограничено

Преимущества режимов

- Режим ВІРАР позволяет реализовывать все преимущества вентиляции по давлению: распределения дыхательной смеси в легких и предупреждения баротравмы.
- Сохранение спонтанного дыхания больного увеличивает оксигенацию, улучшает выведение углекислоты, способствует улучшению венозного возврата к сердцу и стабилизации гемодинамики.
- Отсутствие десинхронизации

Недостатки режимов

- Вероятность тахипноэ. В результате спонтанное дыхание из положительного фактора превращается в отрицательный: больной тратит слишком много кислорода на избыточную работу дыхательной мускулатуры.
- Значительное повышение внутрибрюшного давления также способно затруднять самостоятельное дыхание и проведение вентиляции в режиме ВІРАР.

Клиническое применение ВІРАР

- СОПЛ/ОРДС
- СОПЛ/ОРДС с коронарной и церебральной патологией (контроль МОД)

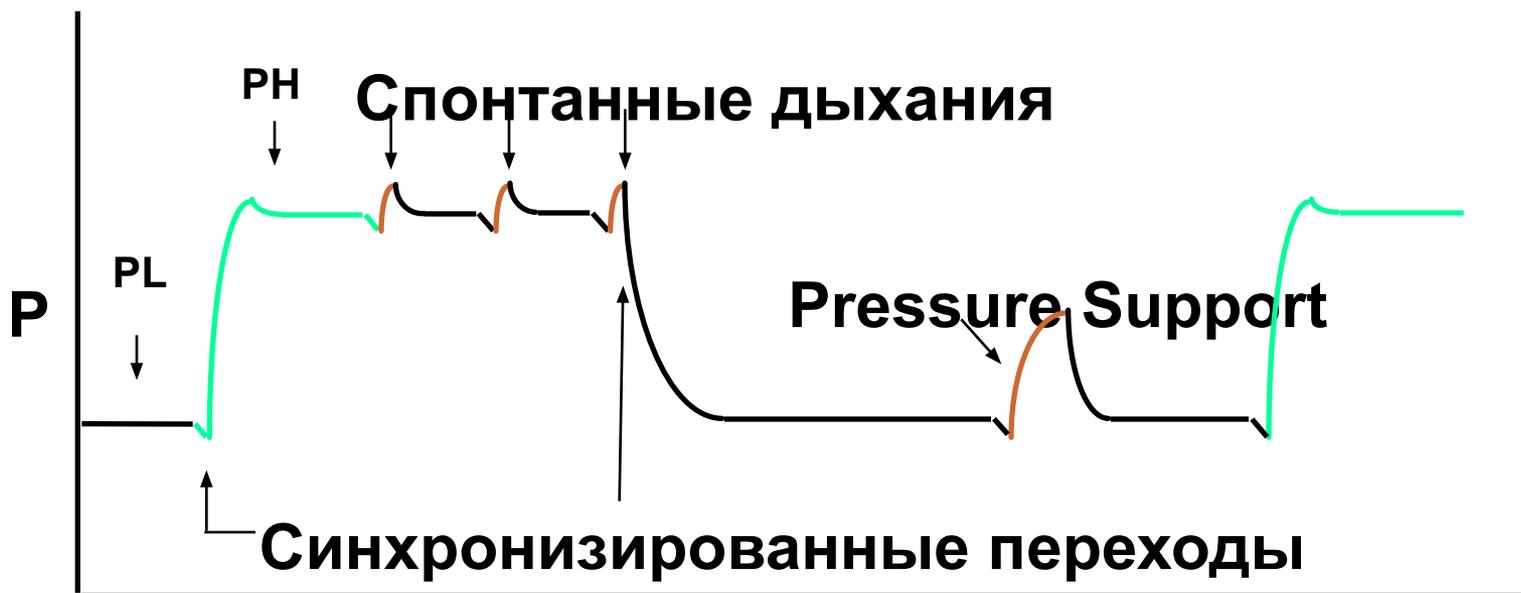
Режим ViPAP

- Trigger – patient
- Limit – по давлению
- Cycle – по времени / потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны PC-CSV
- setpoint

Режим Bilevel Positive Airway Pressure (BiPAP) – двухуровневая вентиляция

- Двойной CPAP, требуется самостоятельное дыхание больного.
- Указанное обстоятельство коренным образом отличает его от режима Biphasic Positive Airway Pressure (BiPAP).
- При прекращении самостоятельного дыхания больного аппарат ИВЛ вентиляция прекращается

BiPAP



Преимущества режима

- Респираторная поддержка в режиме ViPAP позволяет решить практически те же клинические задачи, что и CPAP:
 1. обеспечить воздушность альвеол за счет повышения остаточной емкости легких и предупреждения преждевременного экспираторного закрытия дыхательных путей;
 2. поддерживать проходимость верхних отделов дыхательных путей при проведении неинвазивной вентиляции

Недостатки режима

- При усталости дыхательной мускулатуры и в других случаях угнетения самостоятельного дыхания могут развиваться гипоксия и гиперкапния.

Показания к использованию

- Респираторная поддержка у больных с синдромом обструктивного сонного апноэ, неинвазивная вентиляция при сердечной астме и кратковременная ИВЛ в неосложненном послеоперационном периоде.



Часть 6

Серворежимы

Режим PAV

- Trigger – patient
- Limit – по давлению
- Cycle – по потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерн PC-CSV
- servo

Режим Proportional Assist Ventilation (PAV)

- Один из последних и пока малоизученных режимов поддержки СД
- Не нужно обеспечивать одинаковыми все вдохи, как при PS
- Осуществляет поддержку спонтанного вдоха пропорционально развиваемому пациентом потоку
- Создан для прекращения АВЛ

PAV

- Задаваемый врачом в режиме PAV параметр – это желаемая степень поддержки дыхания пациента в %.
- При проведении вентиляции респиратор постоянно анализирует мгновенные значения потока или объема поступающего в легкие воздуха. На основе этого анализа аппарат подает давление, дополнительное к тому, которое создано самим больным.

PAV

- Врач устанавливает уровень компенсации в % работы дыхания пациента, например 75%. При этом сам больной выполнит 25% работы. На каждый сантиметр давления, который создаст пациент, респиратор добавит 3 см вод. ст.
- По мере усиления спонтанных попыток следует уменьшить степень поддержки

Преимущества режима

- Режим позволяет практически полностью исключить несинхронность дыхательных попыток пациента и работы респиратора, что улучшает субъективный комфорт больного.
- Регуляция степени эластической и резистивной разгрузки от 100% до 0 позволяет постепенно нагружать дыхательные мышцы больного, что очень удобно при отлучении от респиратора

Недостатки режима

- При избыточной поддержке объемом респиратор начинает создавать большее давление, чем нужно, что приводит к повышению вводимого дыхательного объема и пациент перестаёт дышать (ленится).
- При недостаточной поддержке пациент совершает избыточную работу (устаёт)
- Требуется постоянный контроль и постепенная нагрузка на дыхательную мускулатуру, требует времени



Часть 7

Режимы *ASV/ iSV* (optimal)

Режимы ASV/ iSV

- Trigger – mashin patient
- Limit – по потоку или по давлению
- Cycle – по объёму или по времени или по потоку
- Baseline pressure - PEEP
- Паттерны DC-SIMV+DC-CSV
- optimal

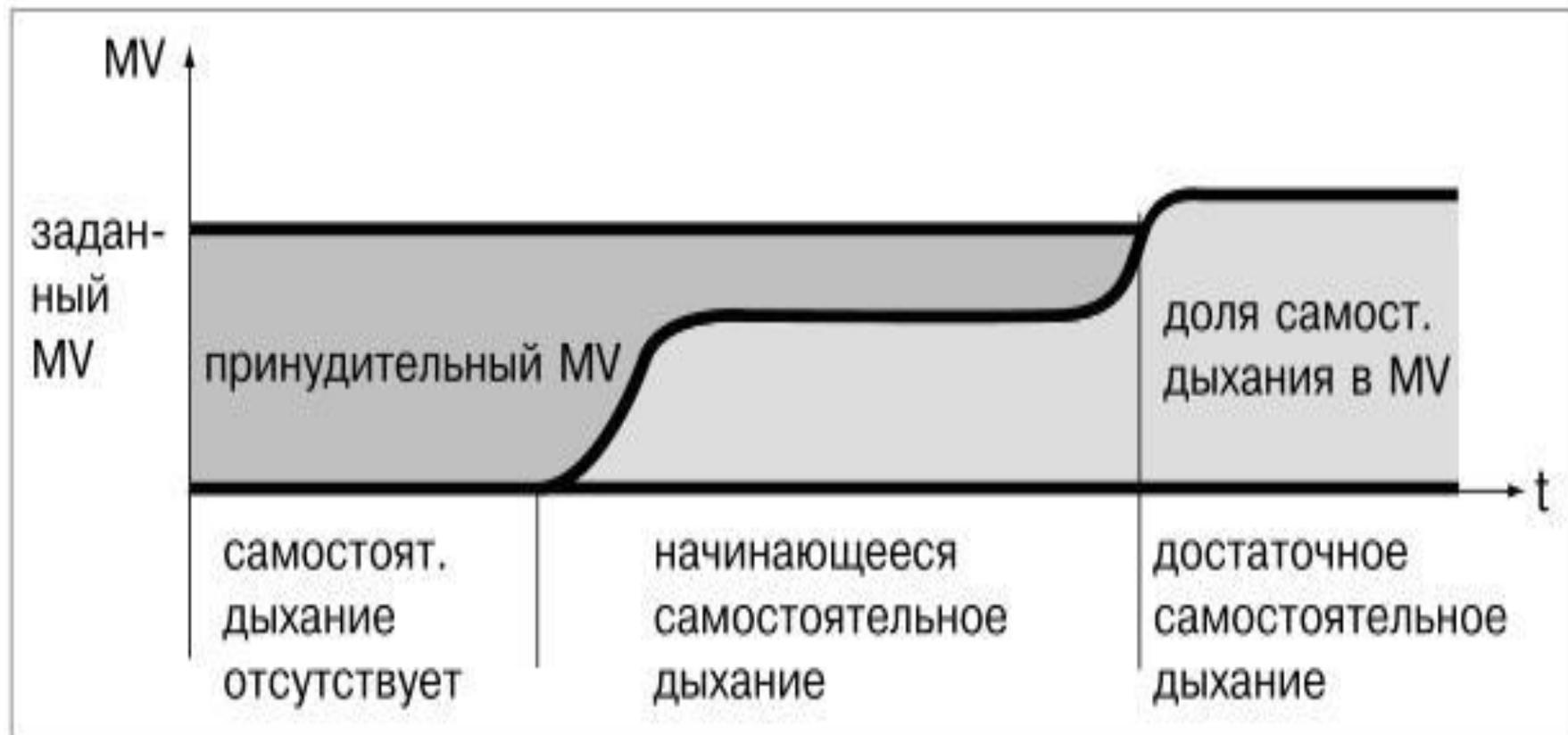
Адаптивная поддерживающая вентиляция

- автоматически определяет параметры управляемого и поддерживающего давления;
- автоматически в реальном времени определяет оптимальную частоту дыхания и целевой дыхательный объем на основе данных респираторной механики пациента, обеспечивая минимальную работу дыхания;

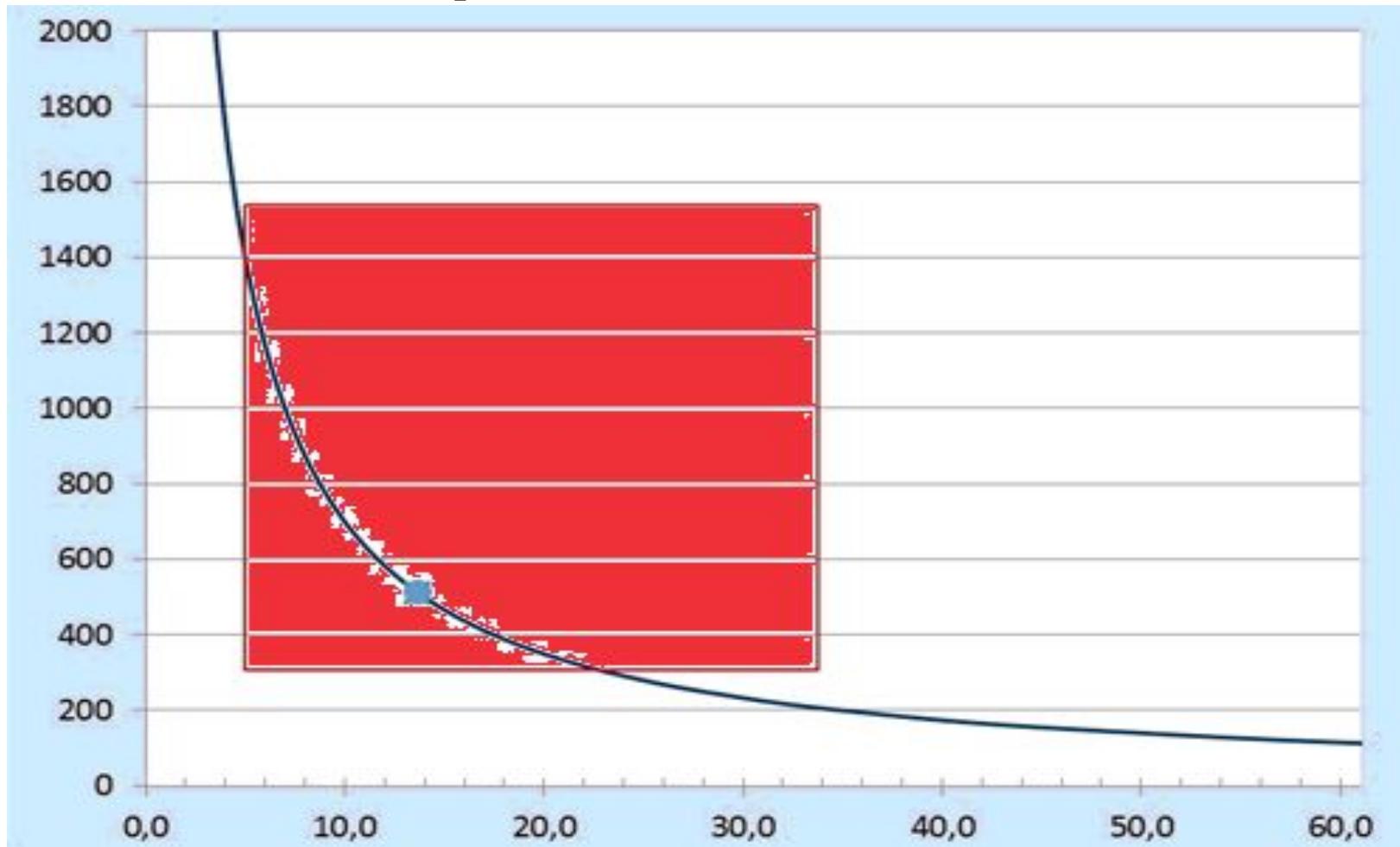
Адаптивная поддерживающая вентиляция

- обеспечивает автоматическое поддержание заданной MV
- в зависимости от респираторной активности пациента, автоматически корректирует долю принудительной и вспомогательной вентиляции

Адаптивная поддерживающая вентиляция



Границы безопасной вентиляции iSV



Адаптивная поддерживающая вентиляция

- рассчитан на вентиляцию от интубации до экстубации и изначально рассчитан на прекращение АВЛ по мере восстановления его спонтанной дыхательной активности;
- имеет минимум основных настроек управления:
- для вентиляции – MV, для оксигенации: FiO₂ и PEEP.

Заключение

- Режимов в аппарате много....
- Как их применять?