

Параметры ИВЛ
(базовый курс –
Upper
intermediate)

Царенко С.В.
НИИ скорой помощи им.Н.В.
Склифосовского



Основные понятия

Графики поток-время, объем-время, давление - время

A – пиковый инспираторный поток

Peak inspiratory flow (inspV)

1 L/sec

B – пиковый экспираторный поток

Peak expiratory flow (expV)

2 L/min

C – дыхательный объем

Tidal volume (V_T)

1 L

D – пиковое давление в дыхательных путях

Peak airway pressure (peak P_{aw})

30 cmH₂O

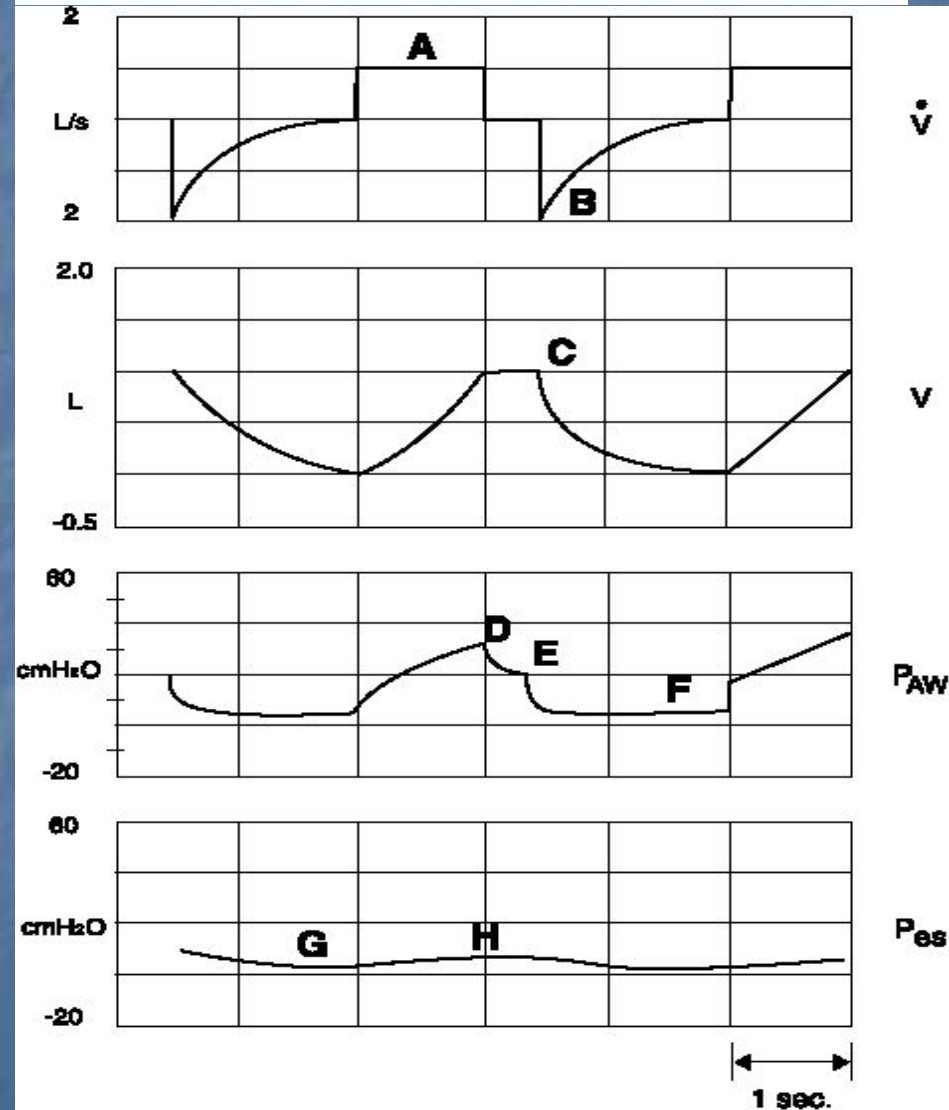
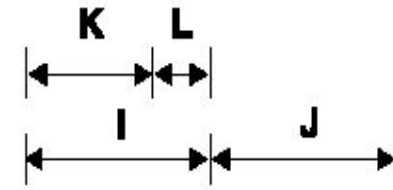
E – давление плато в дыхательных путях

Plateau airway pressure (plat P_{aw})

20 cm H₂O

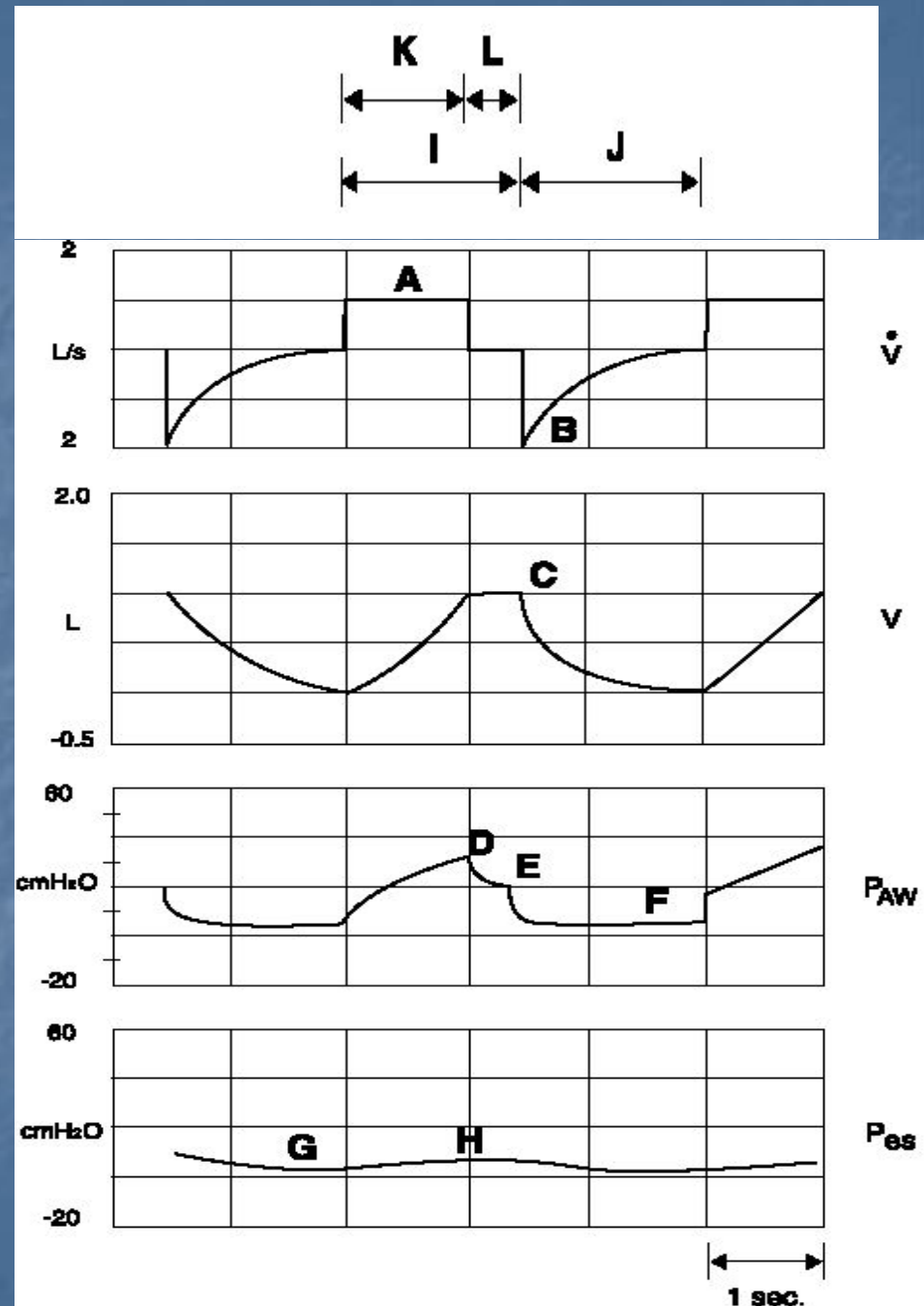
F - конечно-выдыхаемое давление

End expiratory airway pressure (EEP) **5 cmH₂O**



Графики поток-время, объем-время, давление - время

- **I**- время вдоха
Inspiratory time (T_i)
1.5 sec
- **J** – время выдоха
Expiratory time (T_e)
1.5 sec
- **K** – время инспираторного потока
Inspiratory flow time
1 sec
- **L**- время паузы вдоха
Inspiratory hold time
0.5 sec
- **H** – давление в пищеводе в конце вдоха
End inspiratory esophageal pressure (insp P_{es})
8 cmH₂O
- **G** - давление в пищеводе в конце выдоха
End expiratory esophageal pressure (exp P_{es})
2 cmH₂O



Механический вдох

Фазы механического вдоха

- Начало вдоха (фаза запуска)
- Собственно вдох (фаза доставки дыхательного потока)
- Окончание вдоха (фаза переключения с вдоха на выдох)
- Фаза выдоха

Характеристики механического вдоха

1. **Триггер** – что приводит началу вдоха?
2. **Контроль** – что определяет доставку вдоха?
3. **Циклирование** – что является сигналом к окончанию вдоха?
4. **Алгоритм** – как часто повторяются вдохи?

Как описать отдельный механический вдох?

- Тип триггирования (запуска вдоха)
- Тип доставки дыхательного потока (контроля)
- Тип циклирования (переключения с вдоха на выдох)

Типы триггирования

A - по времени

(машиной или врачом
вручную)

«нулевой» триггер

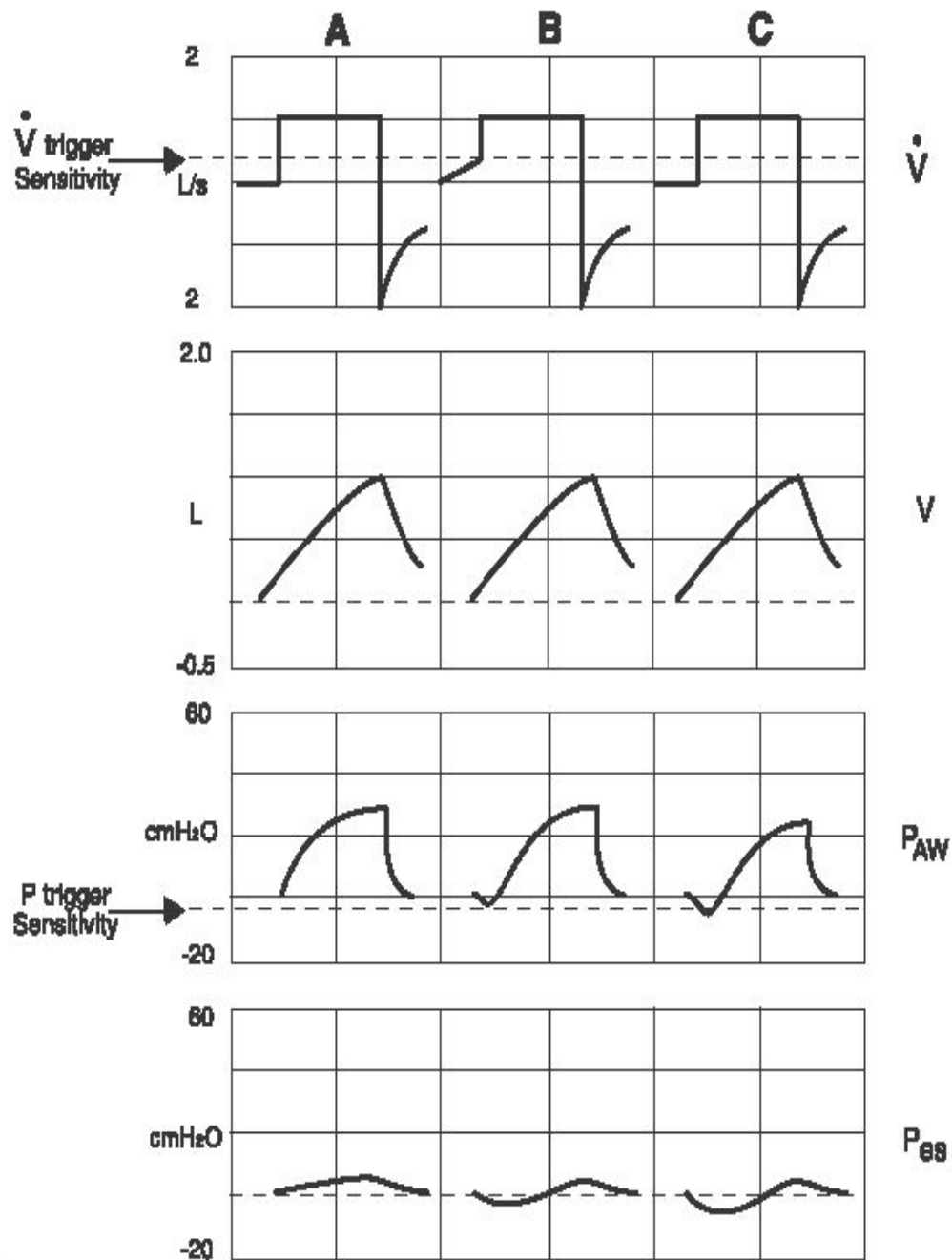
B - по потоку

(Flow by)

C - по давлению

(проксимально и дистально
по отношению к больному)

*B и C – триггируются
пациентом!*



Типы доставки дыхательного потока (контроль!)

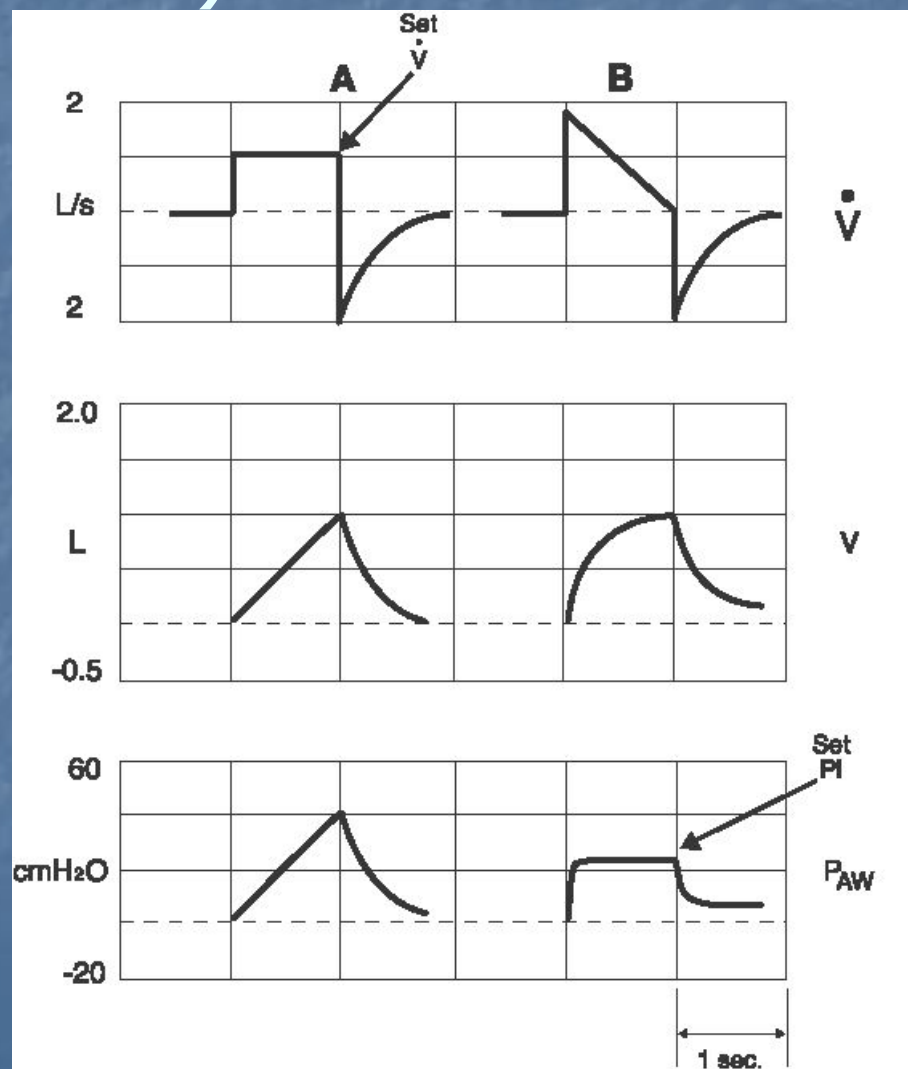
Конечная цель (задача) респиратора:

- А - Доставка объема (потока)
Volume (Flow) control (target)
Устанавливают скорость потока и
время его подачи (объем)

$$\text{Flow} \times \text{time} = \text{volume}$$

Давление (P_{AW}) зависит от
механических свойств легких

- В - Доставка (создание) давления в
дыхательных путях
Pressure control (target)
Устанавливают давление P_{AW}
Поток и объем зависят от
механических свойств легких

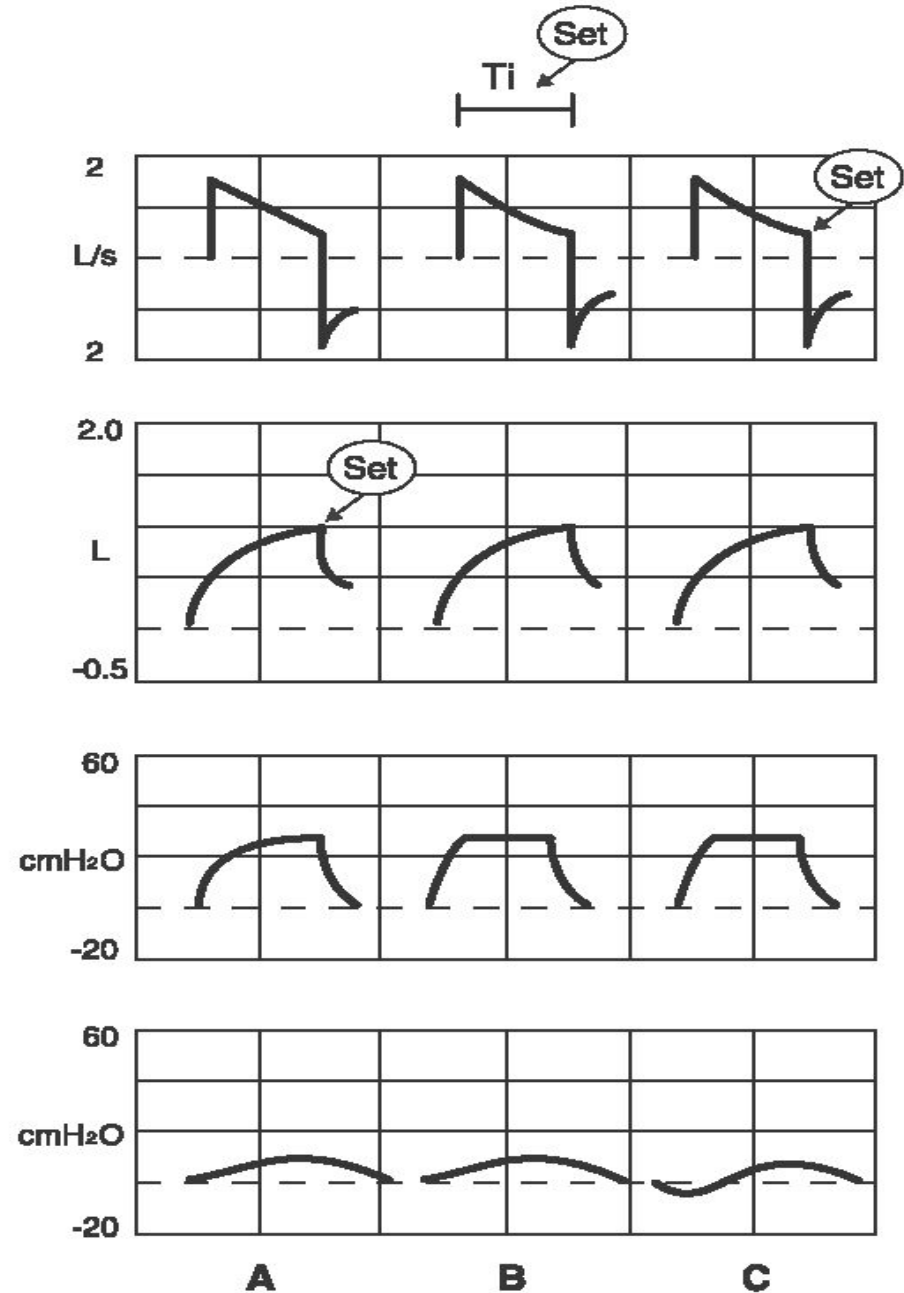


Контроль

- Устарелое определение - контролируемая (CMV) и вспомогательная (триггированная) вентиляция
- Устарелое определение - синхронизированная и несинхронизированная вентиляция
- Современное определение – вентиляция, контролируемая инспираторным потоком (объемом) или давлением

Основные типы циклирования

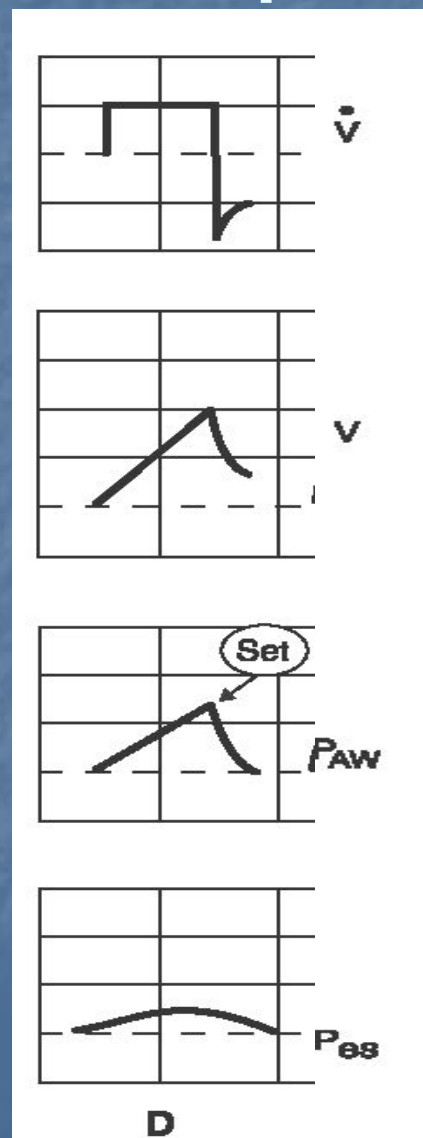
- А - по достижении заданного объема
Volume cycled
- В – по достижении установленного времени
Time cycled
- С – по достижении заданного потока
Flow cycled



Основные типы циклирования

- D - по достижении заданного давления
Pressure cycled

Как основной тип –
устарел или
используется только в
транспортных моделях

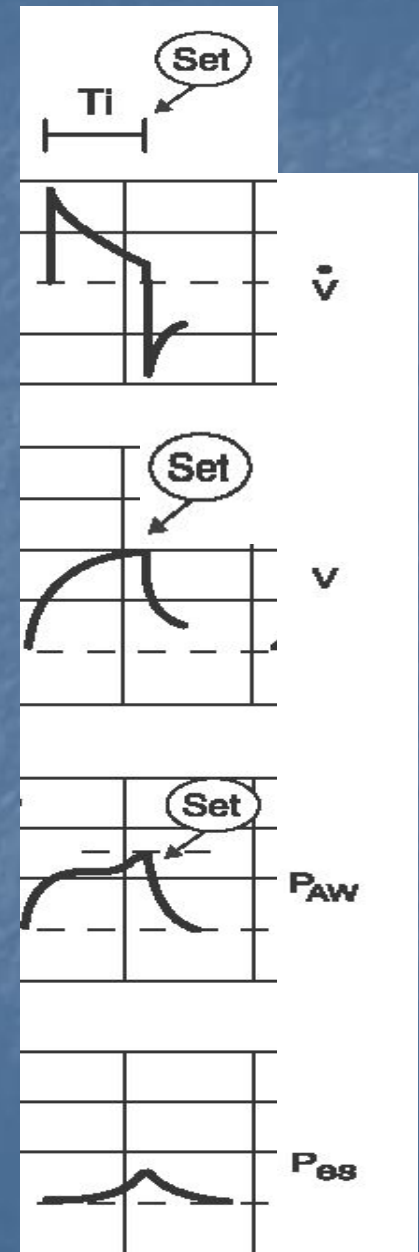


Комбинированное циклирование

- Основной – Volume cycled
Страховочный – pressure cycled

- Основной –
Time cycled
Страховочный – pressure cycled

Страховочный реализуется при
повышении давления в дыхательных
путях выше установленного предела
(лимита)

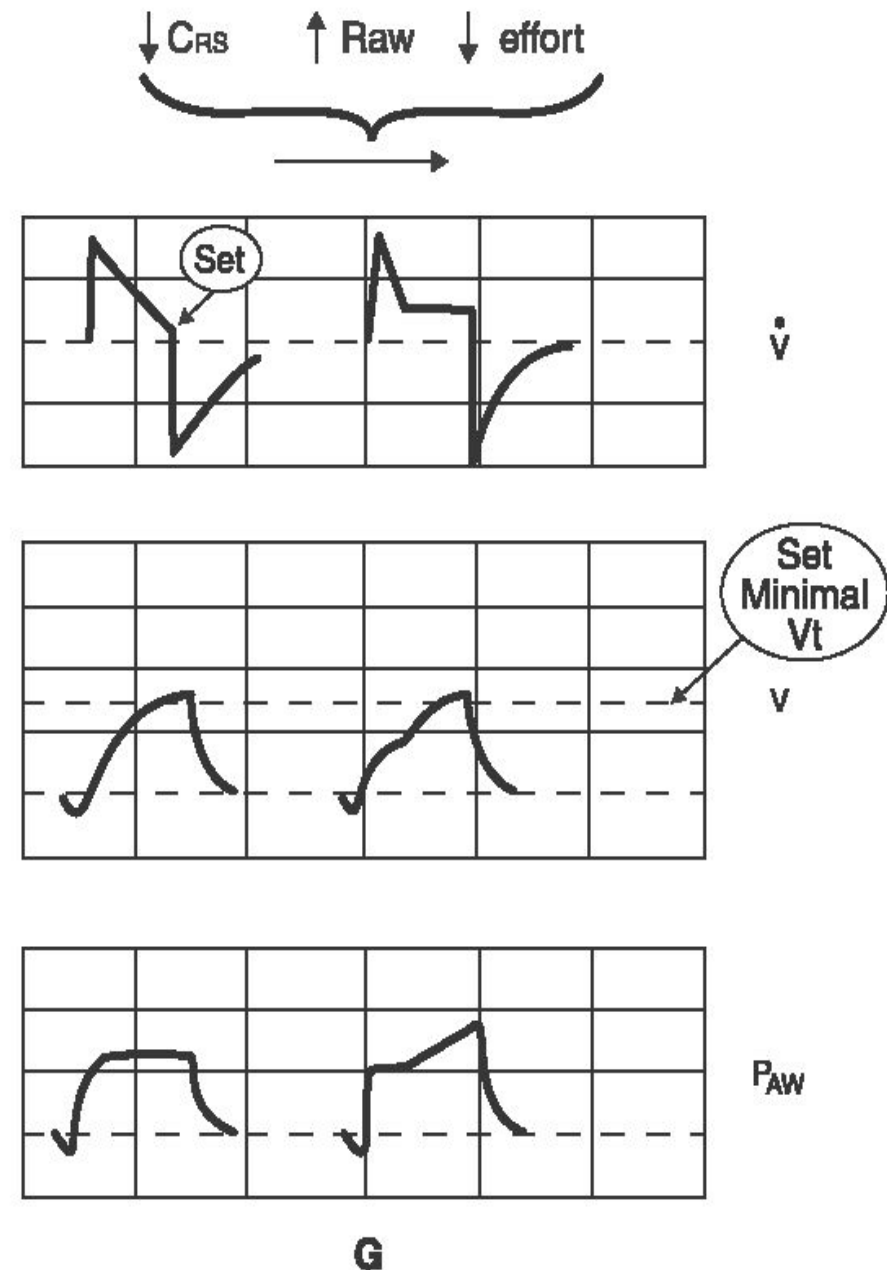


Комбинированное циклирование

- Основной – Flow cycled
Страховочный – volume cycled

Страховочный реализуется при «недостижении» заданного дыхательного объема из-за снижения податливости, повышения сопротивления и снижения активности больного

Pressure Augmentation
(Volume Assured Pressure Support)



Еще раз - типы триггирования

A - по времени

(машиной или врачом
вручную) «нулевой»
триггер

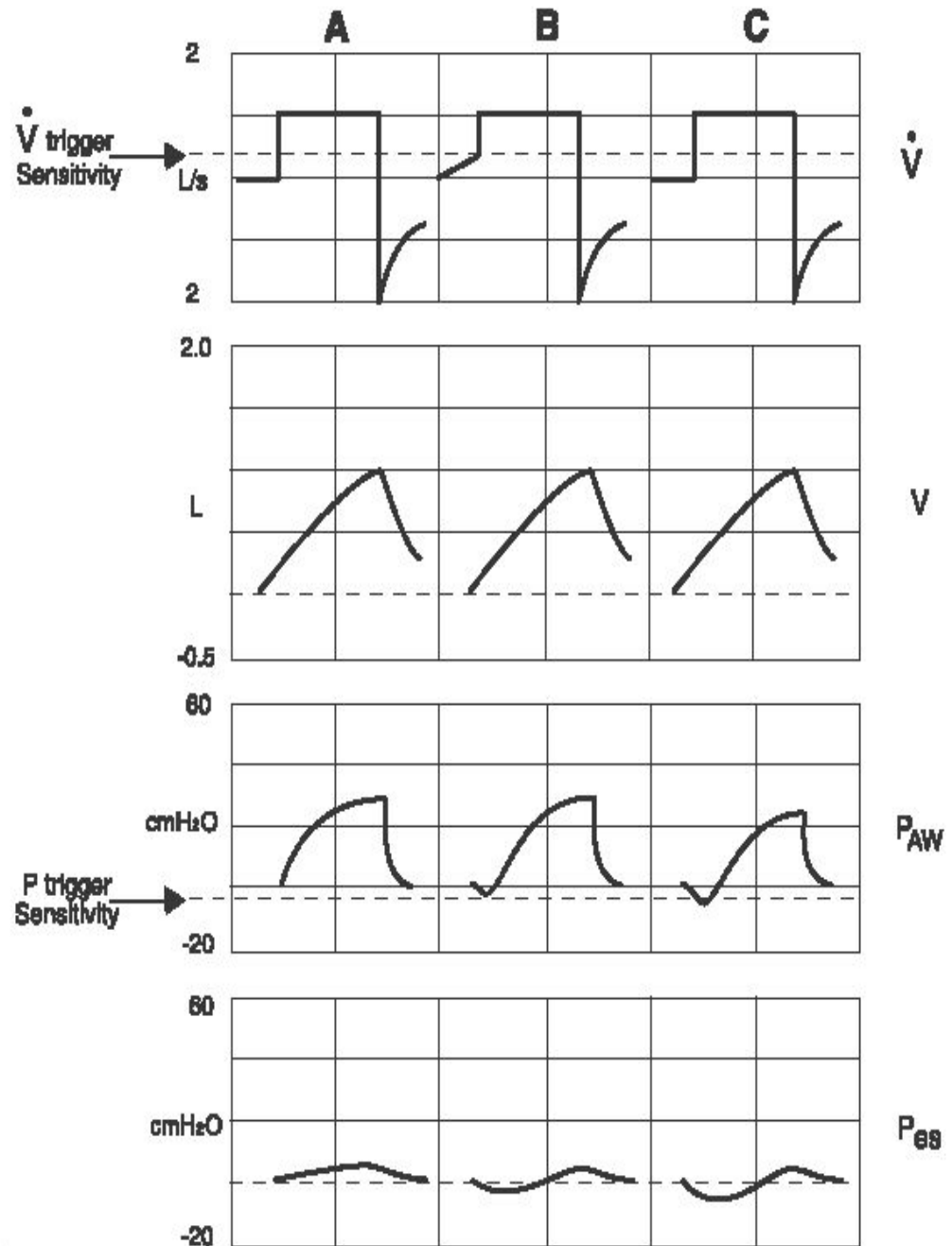
B - по потоку

(Flow by)

C - по давлению

(проксимально и дистально
по отношению к больному)

*B и C – триггируются
пациентом!*



Типы вдохов в зависимости от триггирования

- Обязательные вдохи – запускаются (триггируются) машиной, пациентом, врачом (вручную)
- Вдохи по требованию (PS и спонтанные) – триггируются только пациентом!

Как описать режим вентиляции?

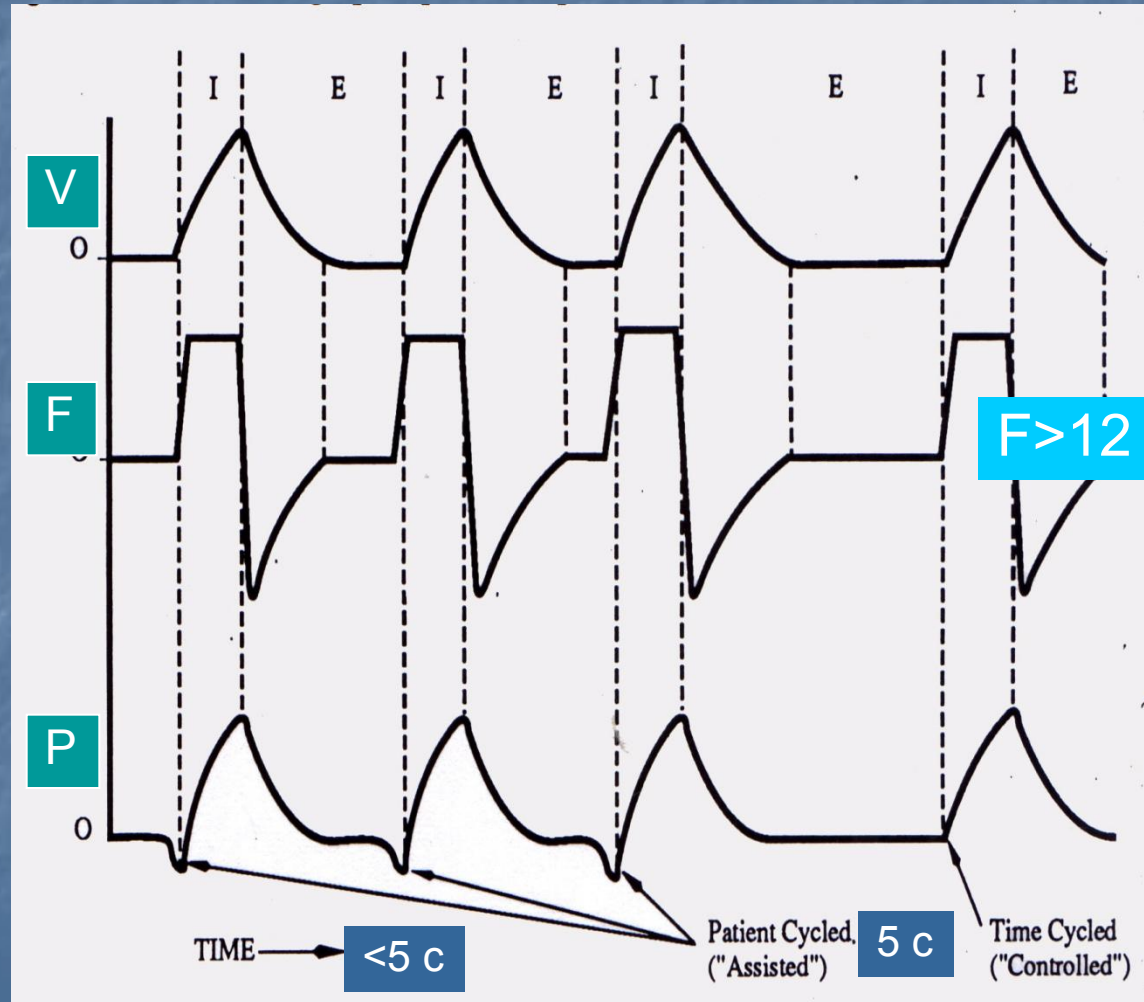
- Характеристики обязательного вдоха (триггер, контроль, циклирование)
- Характеристики вдоха по требованию (триггер, контроль, циклирование)
- Алгоритм повторения обязательных вдохов

Алгоритмы повторения обязательных вдохов (ВАЖНО: не путать с режимами!)

- Assist Control – обязательные вдохи не реже установленной частоты (только обязательные вдохи)
- IMV & SIMV - обязательные вдохи не чаще установленной частоты (последовательность обязательных вдохов и вдохов по требованию)

Assist Control (на примере Volume AC)

- f – число дыханий (12)
- V_t – дыхательный объем (600 мл)
- Sensivity – 3 $cm H_2O$, 2 л/мин
- ЧД – не менее f .

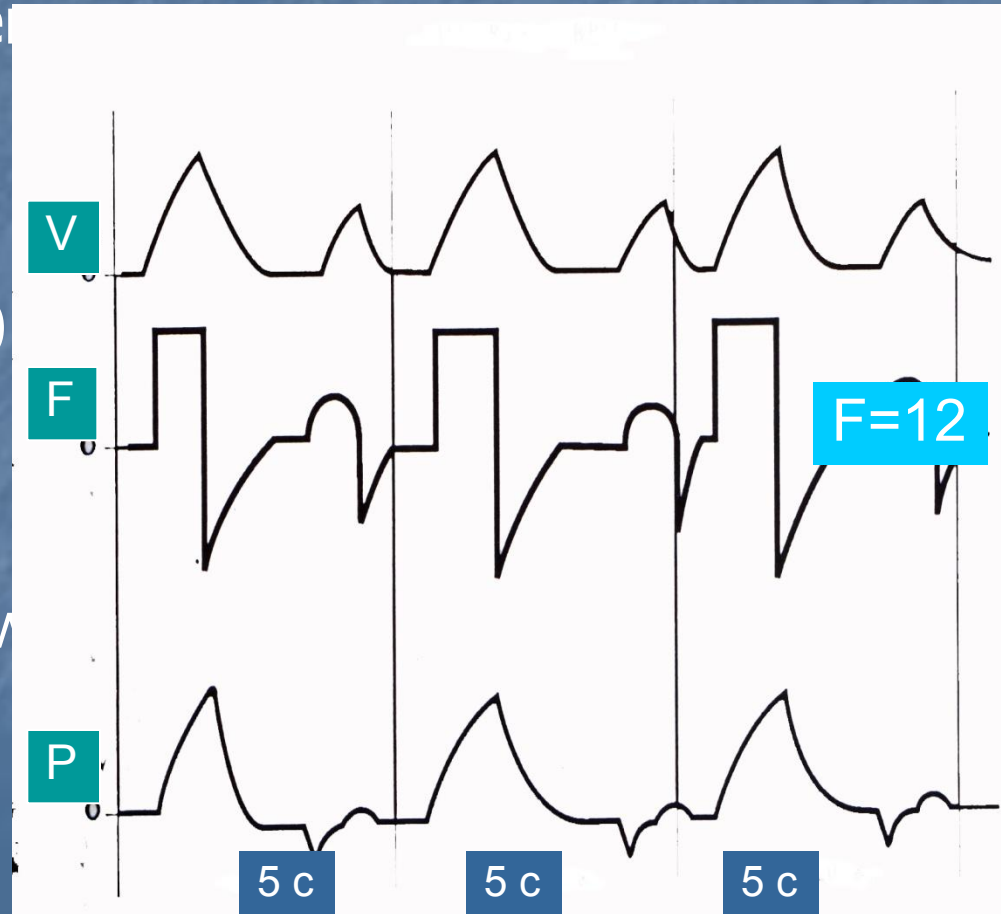


Клиническое применение Assist Control

- Нужна уверенность в том, что при недостаточности базового минутного объема дыхания (МОД) больной получит по своему требованию столько МДО, сколько в данный момент времени ему нужно - изменилась температура тела, нарастает метаболический ацидоз, психомоторное возбуждение, пациент просыпается
- Не очень опасна гипервентиляция

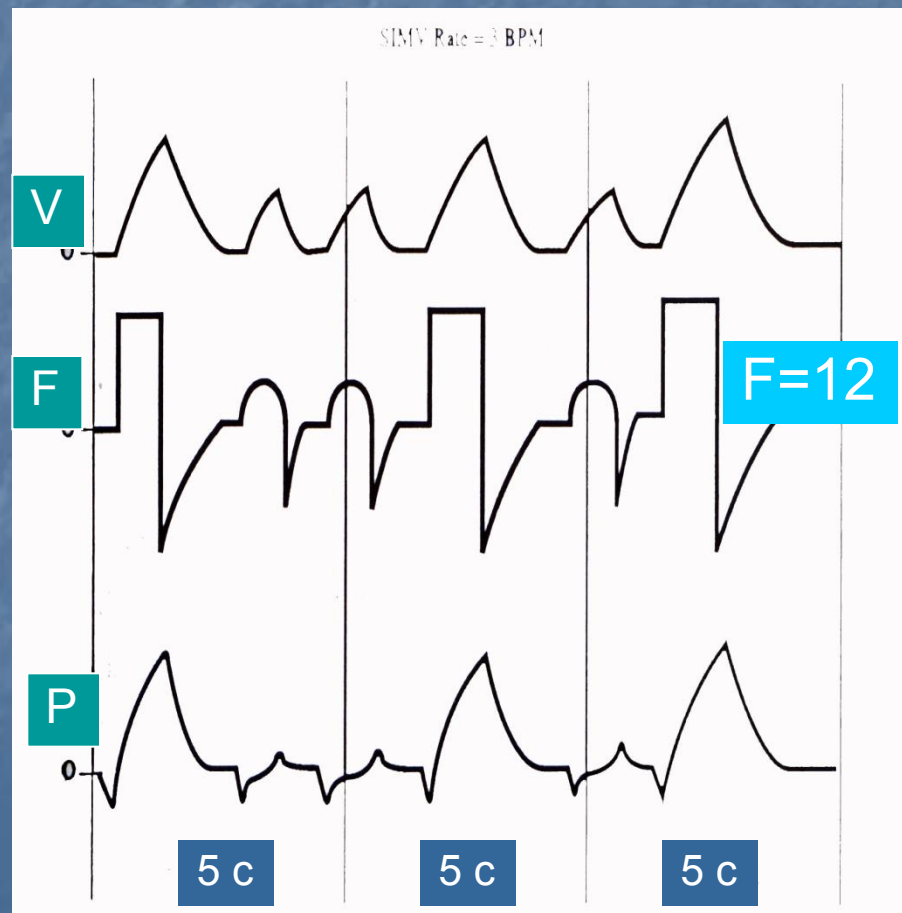
IMV (Intermittent Mandatory Ventilation) – устарелый режим

- f – число дыханий (12)
- V_t - дыхательный объем (600 мл)
- Sensivity – 3 $cm H_2O$, 2 л/мин
- ЧД = f (обязательные) спонтанные
- При $f = 0$ – CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)



SIMV (Synchronized IMV) – на примере Volume SIMV

- f – число дыханий (12)
- V_t - дыхательный объем (600 мл)
- Sensivity – 3 *cm H₂O*, 2 л/мин
- ЧД = f (обязательные) + спонтанные
- Обязательный вдох синхронизирован в период 60 сек/ f или наступает по его окончании
- При $f = 0$ – CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)



Клиническое применение SIMV

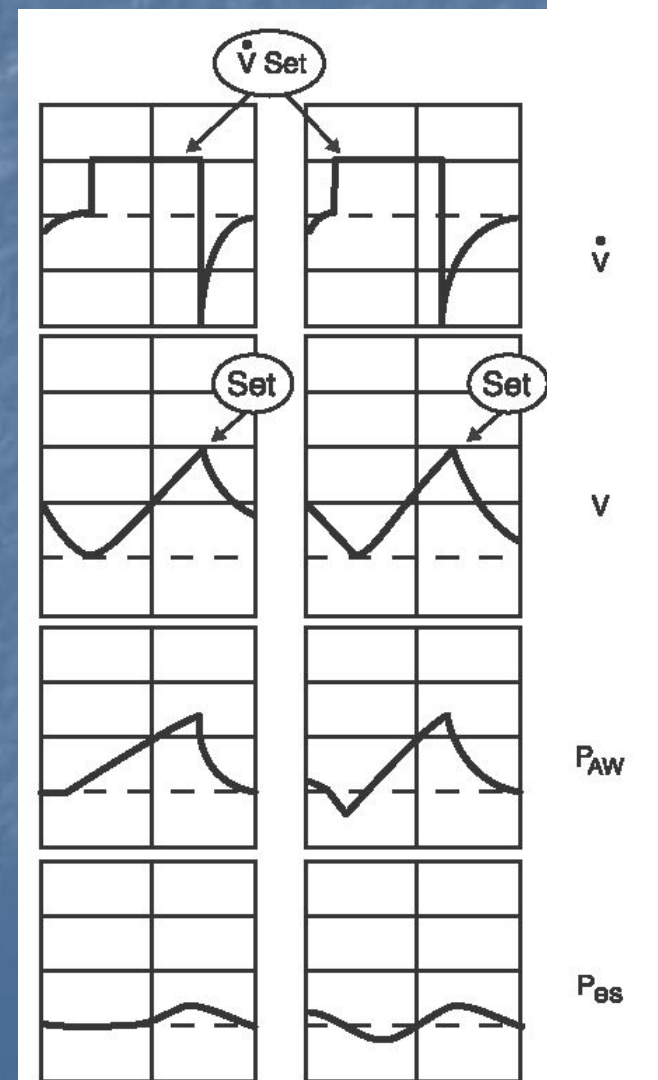
- Очень опасна гипервентиляция-нарастание церебральной ишемии
- Для расправления легких желательны неравномерные вдохи (SIMV+PS) – склонность к ателектазированию

Классические режимы ИВЛ

Обязательные вдохи

Объемные вдохи

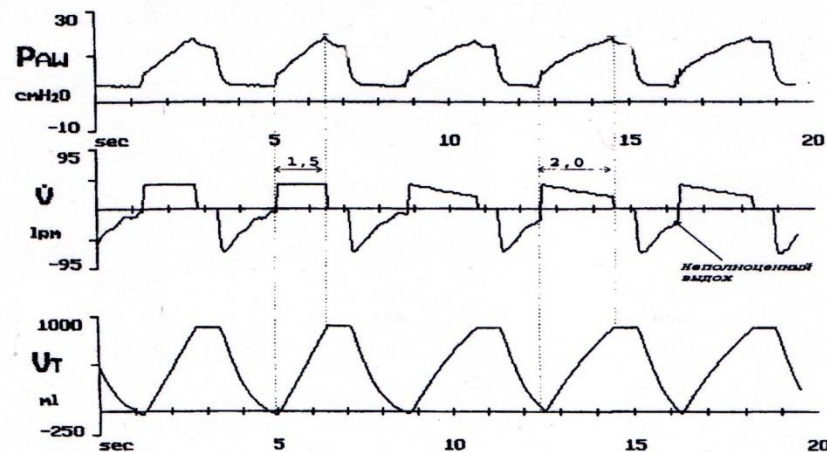
- Volume control – «нулевой» триггер (по времени)
- Volume assist – триггер по давлению или по потоку



CMV (Control Mechanical Ventilation) IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation – частный случай Volume AC & SIMV

- 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 объему и ограничению по давлению

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled,



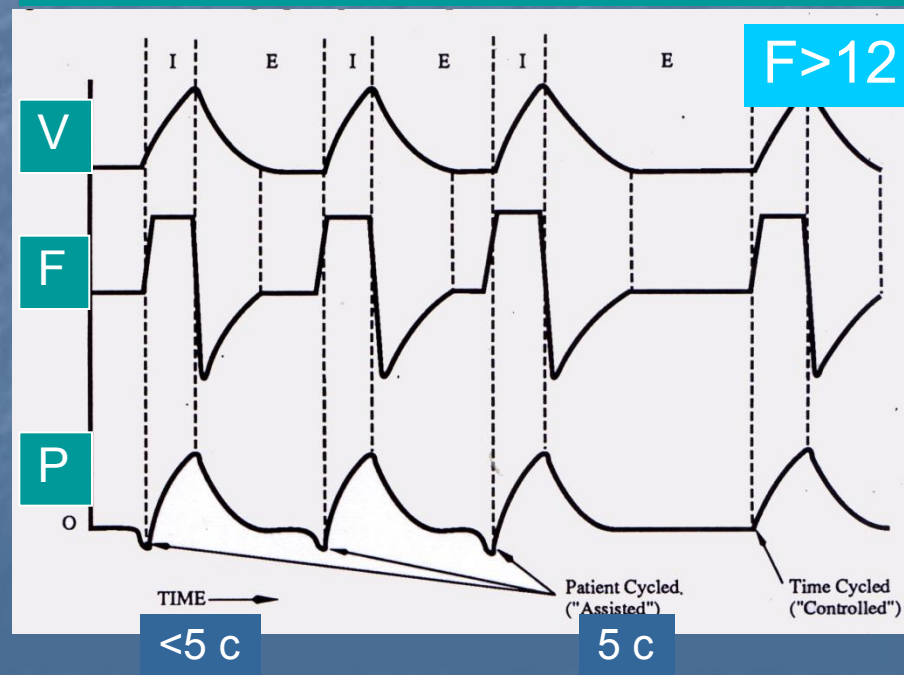
Клиническое применение CMV (Control Mechanical Ventilation)

- Полное выключение спонтанного дыхания – наркоз, судорожный статус
- Устарелые представления – всегда при тяжелом ОРДС
- Современное представление – в ряде случаев тяжелого ОРДС

Volume Assist Control

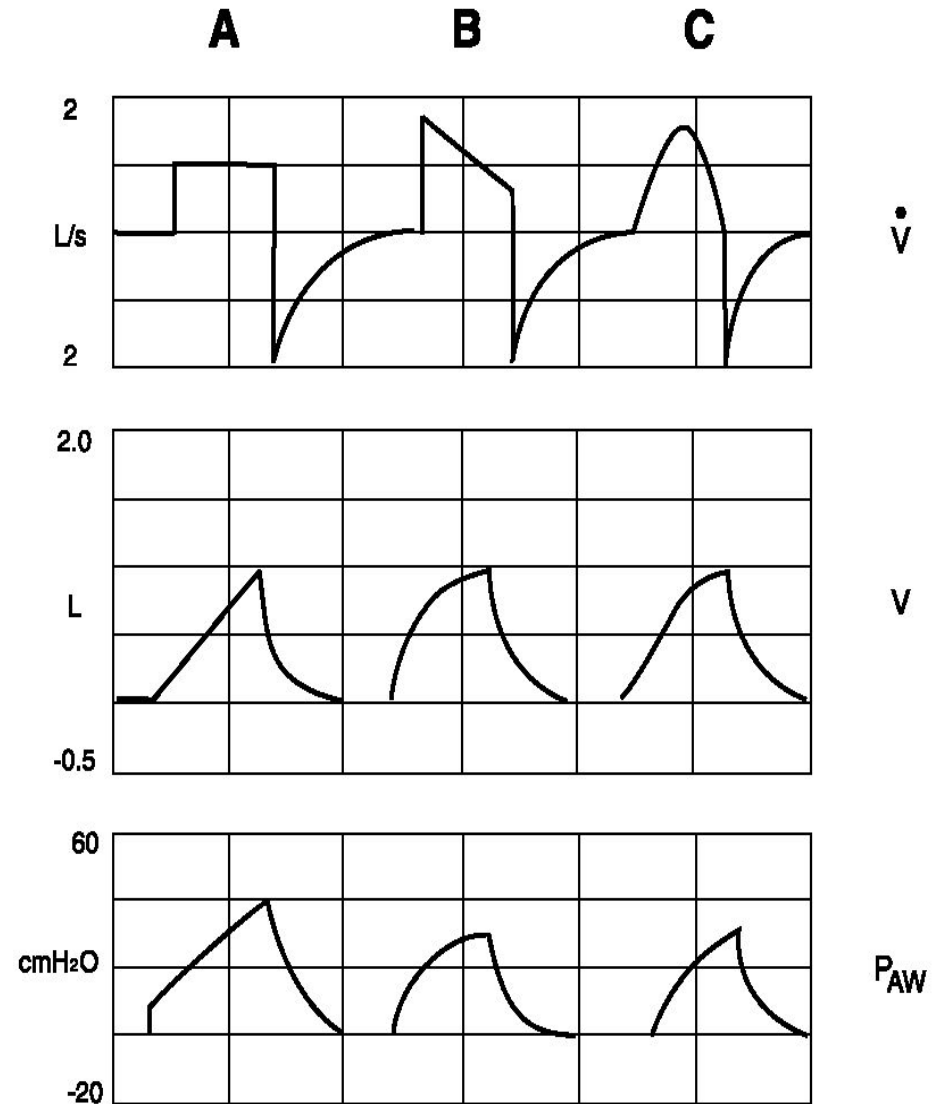
- f – число дыханий (12)
 - V_t - дыхательный объем (600 мл)
 - F - пиковый поток (40 л/мин)
 - РЕЕР – давление в конце выдоха ($5 \text{ cm H}_2\text{O}$)
 - Пауза вдоха - 0
-
- Тревоги по объему и ограничение по давлению
 - Sensivity – $3 \text{ cm H}_2\text{O}$, 2 л/мин
 - ЧД – не менее f .

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled
- Все вдохи – обязательные



Формы потока в режимах по объему

- А - квадратный
- **В - Нисходящий** – предпочтительный из-за меньшего P_{AW} и лучшего распределения газовой смеси в легких
- С - синусообразный



Клиническое применение Volume Control

- 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)

Клиническое применение различных параметров Volume Control

- V_T 8-9 мл/кг - здоровые легкие
5-6 мл/кг - ОПЛ, ОРДС (волюмотравма)
гиповолемия
- F 20-30 л/с - ОПЛ, ОРДС (баротравма)
35-45 л/с - норма
70-100 л/с - ХОБЛ (гиперинфляция)
- **Форма потока** нисходящий – норма, ОПЛ, ОРДС (баротравма)
квадратный - ХОБЛ (гиперинфляция)
- **Пауза вдоха** 0,2-0,4 с – низкая оксигенация
0 с - гиперинфляция
- **ЧД** 6-8 в мин - ХОБЛ
9-12 в мин - норма
13 в мин и более – ОПЛ, ОРДС
- **РЕЕР** 0 см вод.ст. – 3 стадия ОРДС (восстановления)
5-6 см вод.ст. – норма
7-8 см вод.ст. и более – ОПЛ, ОРДС

Volume SIMV

- f – число дыханий (12)

- V_t - дыхательный объем (600 мл)

- F - пиковый поток (40 л/мин)

- PEEP – давление в конце выдоха (5 $cm H_2O$)

- Пауза вдоха - 0

- Тревоги по объему и ограничение по давлению

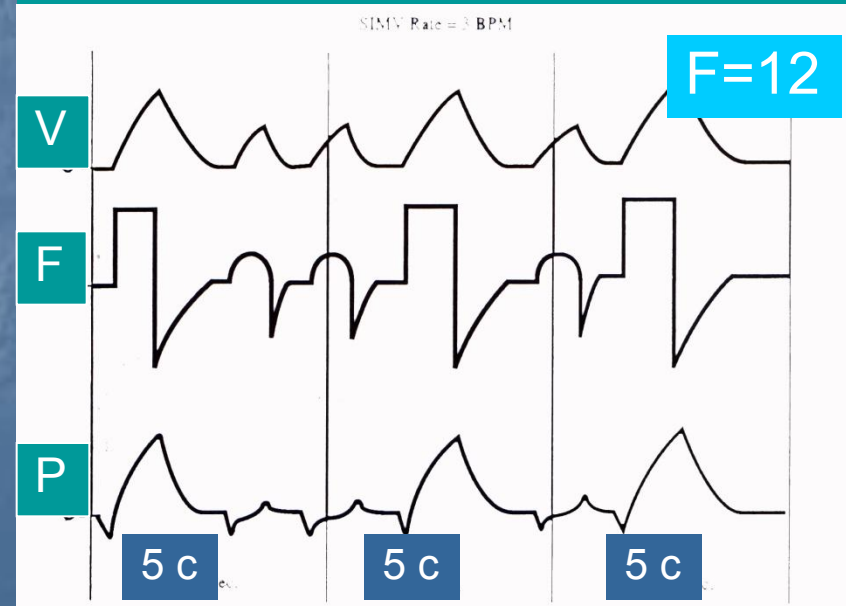
- Sensivity – 3 $cm H_2O$, 2 л/мин

- ЧД = f (обязательные) + спонтанные

- Обязательный вдох синхронизирован в период 60 сек/ f или наступает по его окончании

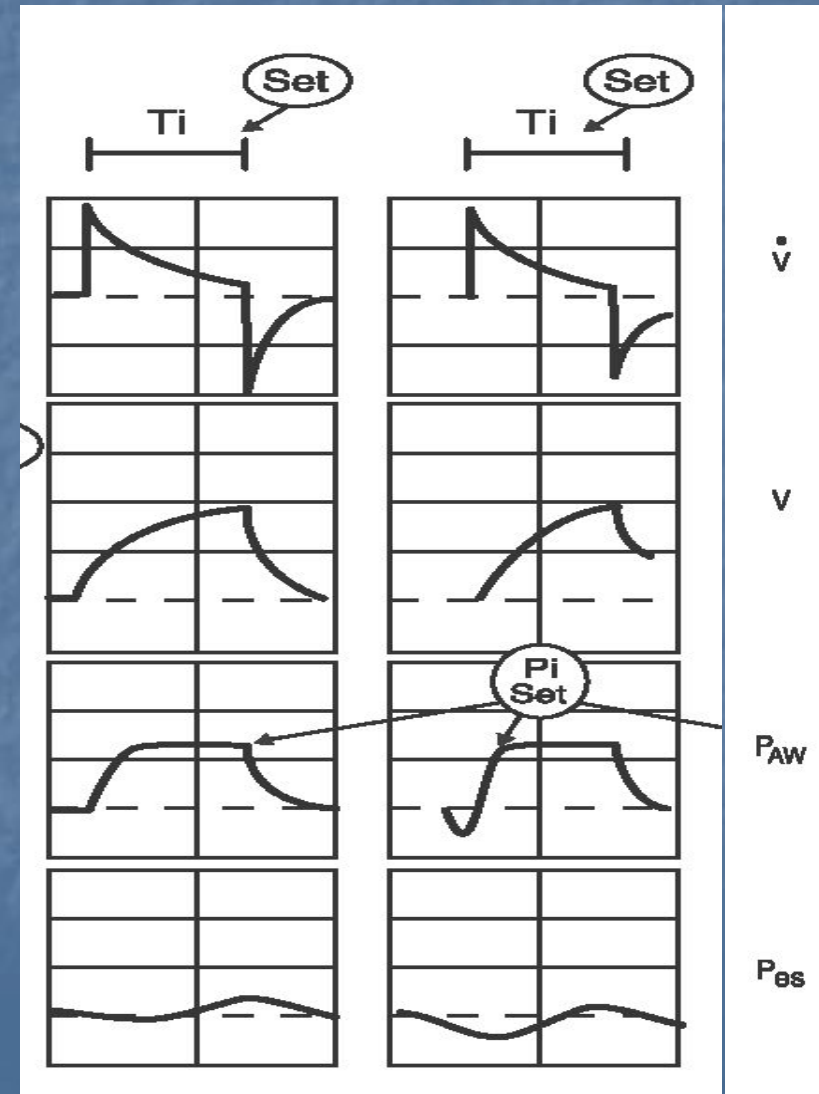
- При $f = 0$ – CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled
- Обязательный вдох синхронизирован и наступает в любой момент периода 60 сек/ f



Вдохи по давлению

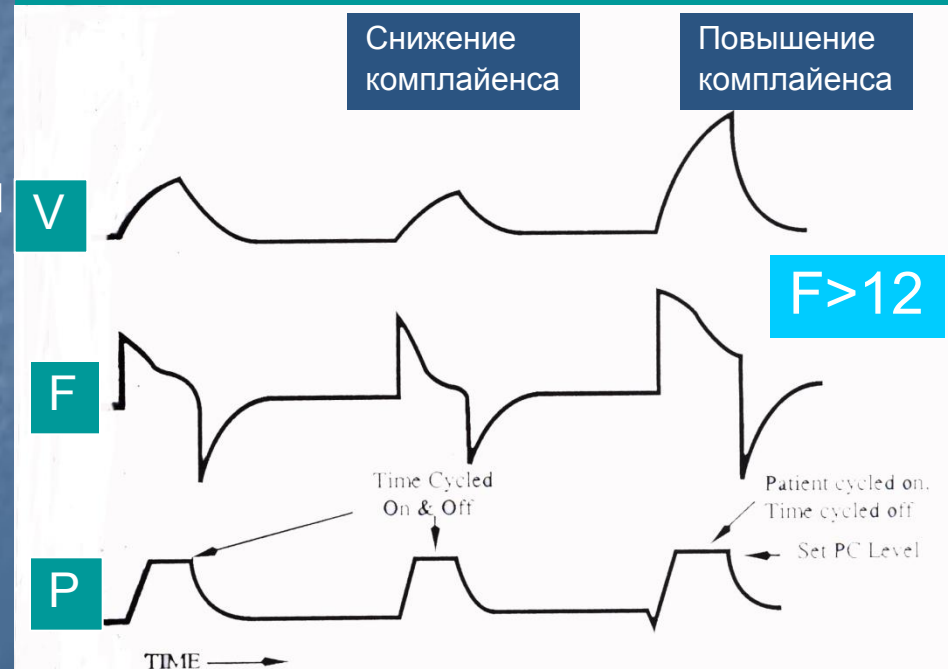
- Pressure control - «нулевой» триггер (по времени)
- Pressure assist - триггер по давлению или по потоку



Pressure Assist Control

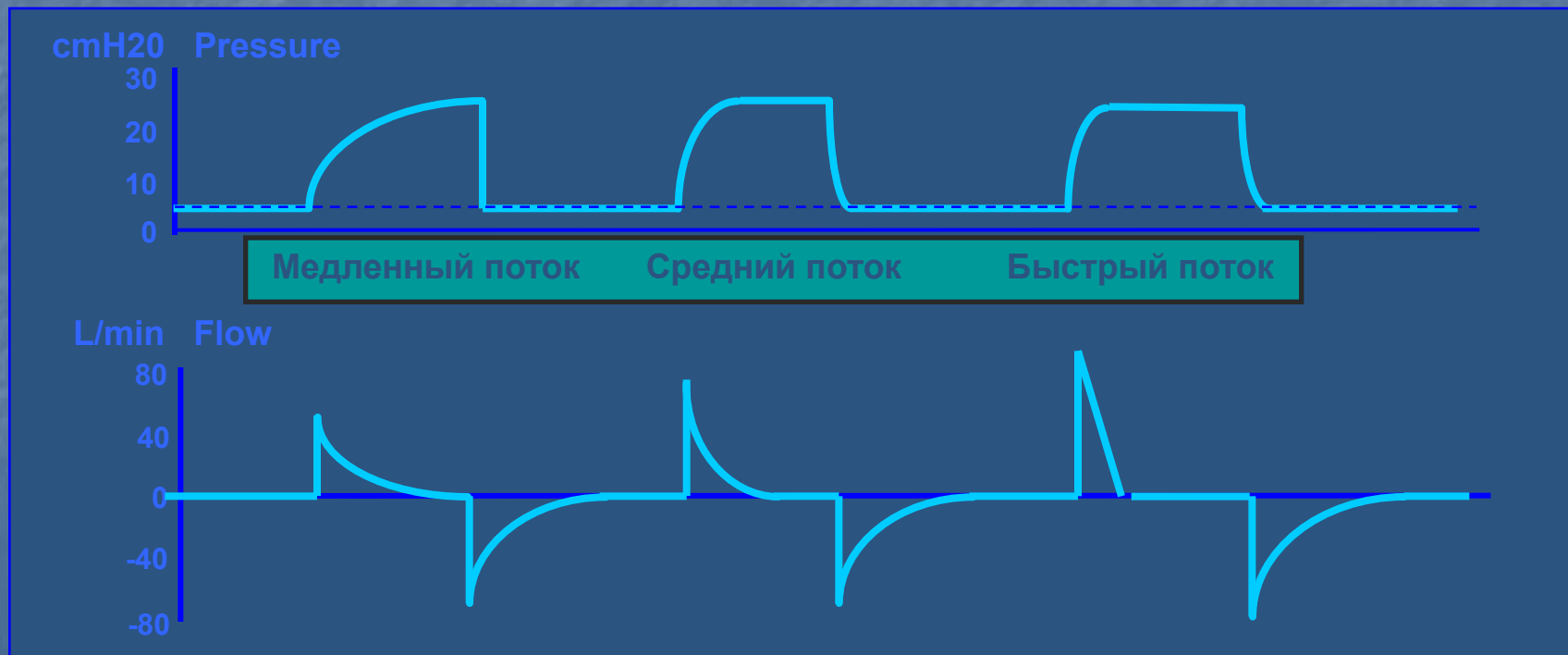
- f – число дыханий (12)
- P – давление в дыхательных путях ($15 \text{ cm H}_2\text{O}$)
- t – время вдоха (0,8 сек)
- Inspiratory Rise
- Тревоги по объему
- Sensivity – $3 \text{ cm H}_2\text{O}$, 2 л/мин
- ЧД- не менее f

- Pressure-controlled
- Переключение: time-cycled
- Все вдохи - обязательные



Изменение скорости поступления дыхательной смеси на вдохе (наклон кривой давления)

- Наклон кривой давления соответствует потребностям пациента. Различают медленный, средний и быстрый дыхательные паттерны
 - «Взрывной» спонтанный вдох – быстрый инспираторный поток
 - «Расслабленный» спонтанный вдох – медленный инспираторный поток



Клиническое применение Pressure Control

- Очень опасна баротравма (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

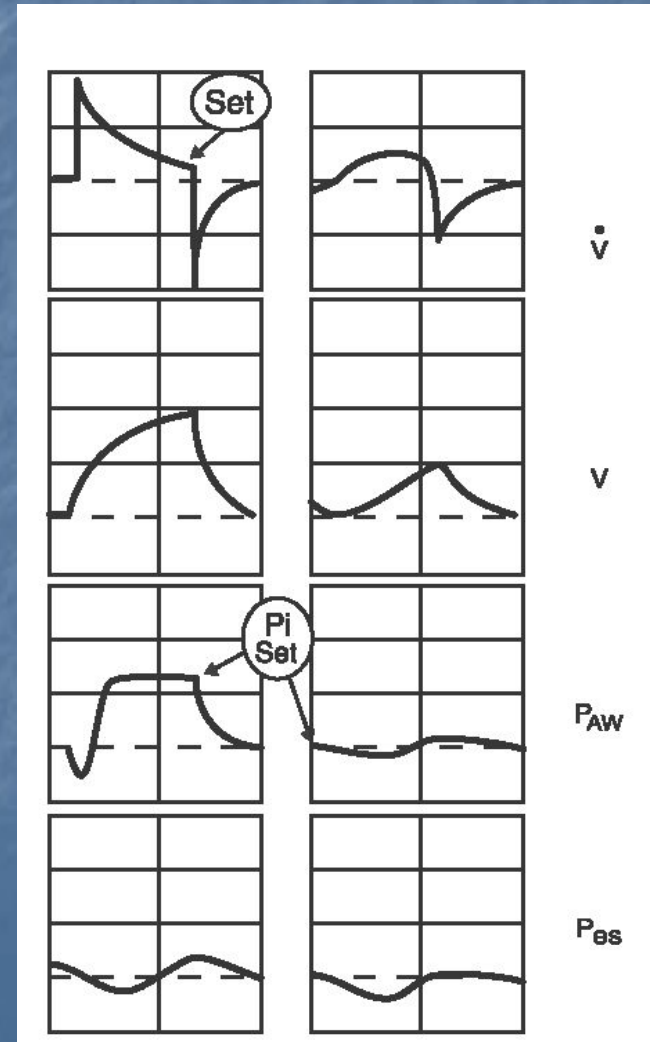
Клиническое применение различных параметров Pressure Control

- **P_{insp}** 12 -15 см вод.ст. - гиповолемия
20 см вод.ст. - здоровые легкие
не более 30 см вод.ст. ОПЛ, ОРДС - (баротравма)
- **Наклон кривой P** медленный - ОПЛ, ОРДС (баротравма)
средний - норма
быстрый - ХОБЛ (гиперинфляция)
А также: в зависимости от потребности больного
- **Время вдоха** 0,4-0,6 с – гиперинфляция
0,8 с и более - низкая оксигенация
- **ЧД** 6-8 в мин - ХОБЛ
9-12 в мин - норма
13 в мин и более – ОПЛ, ОРДС
- **PEEP** 0 см вод.ст. – 3 стадия ОРДС (восстановления)
5-6 см вод.ст. – норма
7-8 см вод.ст. и более – ОПЛ, ОРДС

Вдохи по требованию

Вдохи по требованию

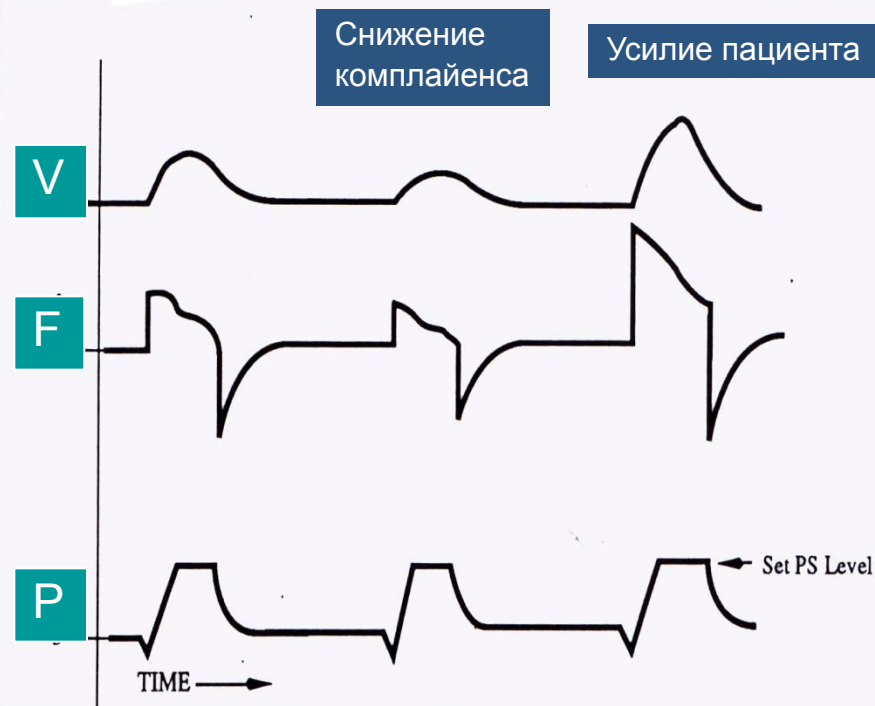
- Pressure support (PS)
- Spontaneous



Pressure Support (PS)

- P – давление в дыхательных путях выше PEEP ($15 \text{ cm H}_2\text{O}$)
- PEEP – давление в конце выдоха ($5 \text{ cm H}_2\text{O}$)
- Тревоги по объему
- Sensivity – $3 \text{ cm H}_2\text{O}$, 2 л/мин
- ЧД - по требованию
- Часто – SIMV + PS

- Pressure-controlled
- Переключение: flow-cycled
- Выдох наступает после достижения потока 30% от пикового (в современных респираторах – регулируется от 10 до 90%)



Клиническое применение Pressure Support

- Нужна уверенность в наличии спонтанного дыхания – отлучение от респиратора, лечение кардиогенного отека легких
- Не нужно определенное время окончания вдоха – нет утечек воздуха, гиперинфляции легких при ХОБЛ

Клиническое применение различных параметров Pressure Support

- **P_{insp}**
 - 10 -12 см вод.ст. – готовность к переводу на самостоятельное дыхание
 - 15 см вод.ст. – начало использования режима
 - не более 30 см вод.ст. - тахипноэ
- **Наклон кривой P** в зависимости от потребности больного
- **PEEP**
 - 0 см вод.ст. – 3 стадия ОРДС (восстановления)
 - 5-6 см вод.ст. – норма
 - 7-8 см вод.ст. и более – ОПЛ, ОРДС
 - А также: в зависимости от оксигенации и гиповолемии

CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)

- f – число дыханий (0)
- РЕЕР – давление в конце выдоха ($5 \text{ cm H}_2\text{O}$)
- Тревоги по объему и ограничение по давлению
- Sensivity – $3 \text{ cm H}_2\text{O}$, 2 л/мин
- ЧД = спонтанные ВДОХИ

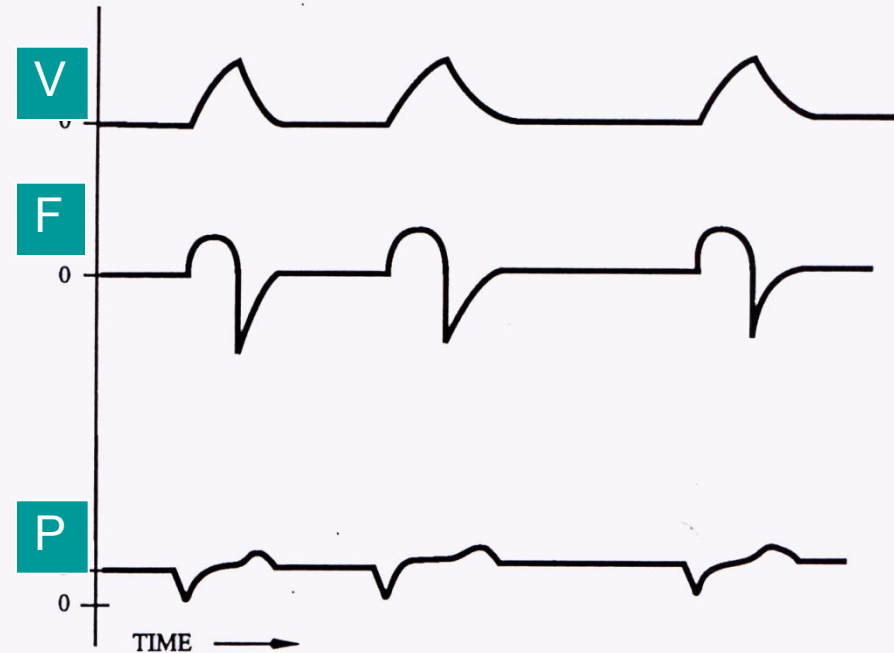


FIGURE 32
CPAP

Клиническое применение различных параметров СРАР

- **Наклон кривой P** в зависимости от потребности
больного
- **PEEP** в зависимости от оксигенации и
гиповолемии, обычно не менее 5 см вод. ст.

Клиническое применение CPAP

- Нужна уверенность в наличии спонтанного дыхания – отлучение от респиратора, профилактика ателектазов в послеоперационном периоде, лечение кардиогенного отека легких
- Нет опасности гипоксии и гиперкапнии

Лучшее в классической ИВЛ

- Сочетание машинных вдохов и вдохов по требованию - в разных дыхательных циклах - SIMV + PS
- Хотя как правило достаточно Volume Assist Control...

С чего начать?

Алгоритм начальной установки параметров ИВЛ

- «Базовые» режимы вентиляции – Volume Assist Control (или SIMV + Pressure Support)
- «Аппаратные» вдохи:
 - $FiO_2 = 0,4$
 - $V_t = 8-10$ мл/кг
 - $F_{PEAK} = 35-45$ л/мин
 - $f = 10-12$ в 1 мин
 - PEEP = 5 см H₂O
 - Нисходящая форма потока
 - МОД 8-9 л/мин.
- Если Pressure Support, то P = 15 см H₂O
- Sensivity Достаточно высокая для синхронизации больного и респиратора. Достаточно низкая, чтобы не вызывать аутоциклирования. Обычная величина - по давлению (-3)–(-4) см H₂O, по потоку (-2)–(-3) л/мин.
- Тревоги – Pmax = 30 см H₂O, V_t min = 400 ml, f max = 24

К чему стремиться?

Оптимальные цели ("open lung rest")

- **Общая реаниматология:** оптимальная доставка кислорода
$$DO_2 = CO \times (1,34 \times Sat O_2 \times Hb + 0,003 \times paO_2)$$
- Стабильная центральная гемодинамика
- $Sat O_2$ 95-96% $paO_2 > 70$ mmHg ,
- Hb 100-120 г/л, Ht 31-33%
- $paCO_2 = 32-48$ mmHg

- **Нейрореаниматология:** максимальная доставка кислорода
- Высокий сердечный выброс и АД
- $Sat O_2$ 99,9% , $paO_2 > 150$ mmHg
- Hb 100-120 г/л, Ht 31-33%
- $paCO_2 = 36-42$ mmHg
- ВЧД < 20 mmHg
- $Sv O_2$ 55-75%

Минимальные цели ("open lung rest")

- **Общая реаниматология:**

- Стабильная центральная гемодинамика
- Минимально достаточная оксигенация ($pO_2 = 60$ ммHg, $SaO_2 = 89\%$)
- Hb 100-120 г/л, Ht 31-33%
- Гиперкапния допустима? ($paCO_2 > 55$ mmHg)

- **Нейрореаниматология:**

- Высокий сердечный выброс и АД
- $Sat O_2$ 99% , $paO_2 > 100$ mmHg
- Hb 100-120 г/л, Ht 31-33%
- $paCO_2 = 36-42$ mmHg
- $ВЧД < 20$ mmHg
- $Sv O_2$ 55-75%

А если не удастся?

При недостаточной оксигенации

- Экстренно – повысить FiO_2 до 0,8-1,0 (по возможности, не дольше 2 ч, длительно FiO_2 не более 0,7)
- Повысить РЕЕР до 8-10 *см H₂O*
- Диагностика ауто РЕЕР и его коррекция
- Повышение комплайенса и снижение резистенса

При недостаточной вентиляции

- Увеличение МОД
- Коррекция ауто РЕЕР и снижение резистенса
- Снижение температуры тела, купирование психомоторного возбуждения и ограничение поступления углеводов

При избыточной вентиляции

- Лечение ишемии мозга
- Коррекция гипоксемии
- Купирование психомоторного возбуждения и гипертермии
- Снижение МОД (осторожно – гипоксия и внутричерепная гипертензия!)

ИВЛ – это искусство, основанное на физиологии...

- Механика дыхания
- Доставка кислорода и выведение CO_2
- Особенности режимов
- Особенности больного
- Особенности респираторов

- **«Ручная» работа!!!**