

Клиническая физиология  
респираторной поддержки.  
Современные технологии  
респираторной поддержки:  
общие принципы проведения  
ИВЛ

Грицан А.И.

Кафедра анестезиологии и реаниматологии  
ИПО КрасГМУ

## Цель:

- Представить различные методы и варианты проведения респираторной поддержки при острой дыхательной недостаточности различного генеза

# План лекции

- Виды респираторной поддержки
- Методы респираторной поддержки
- Графический мониторинг вентиляции

ИВЛ- метод временного  
поддержания функции легких,  
применяемый при проведении  
реанимации, ИТ тяжелых форм  
ОДН и как компонент  
анестезиологического пособия,  
основанный на принципе подачи  
газовой смеси в дыхательные пути  
пациента

# Основные параметры ИВЛ (1)

№ п \п	Параметр	Аббреви- атура	Единица измерения
1	Число аппаратных дыхательных циклов	F, f	дых\мин
2	Дыхательный объем	Vt	Мл, л
3	Минутный объем вентиляции	MV	Л\мин
4	Выдыхаемый объем дыхания	Vte	Мл, л
5	Выдыхаемый минутный объем дыхания	VE	Л\мин

# Основные параметры ИВЛ (2)

№ п \п	Параметр	Аббреви- атура	Единица измерения
6	Инспираторный поток газа	Flow, $V_i$	Л\мин, л\с
7	Время вдоха	$T_i$	С
8	Время выдоха	$T_e$	С
9	Пауза в конце вдоха	EIP	С
10	Соотношение фаз вдоха и выдоха	$T_i:T_e, I\%E$	отношение

# Основные параметры ИВЛ (3)

№ п \п	Параметр	Аббреви- атура	Единица измерения
11	Пиковое давление вдоха	PIP, Pin	смH <sub>2</sub> O
12	Давление в дыхательных путях во время плато на вдохе	Pplat	смH <sub>2</sub> O
13	Среднее давление в дыхательных путях	Pmean, MAP	смH <sub>2</sub> O
14	Положительное давление конца выдоха	PEEP	смH <sub>2</sub> O
15	Фракция кислорода во вдыхаемой газовой смеси	FiO <sub>2</sub>	0,21-1,0 21-100%

# Виды ИВЛ

- Экспираторная ИВЛ (отрицательное давление)
- Аппаратная ИВЛ (ручные и автоматические респираторы) – положительное давление

ИВЛ может проводиться:

- Газовой смесью
- Жидкостью (полная или частичная жидкостная вентиляция легких)
- Инвазивно (через эндотрахеальную трубку)
- Неинвазивно (через маску, канюлю)



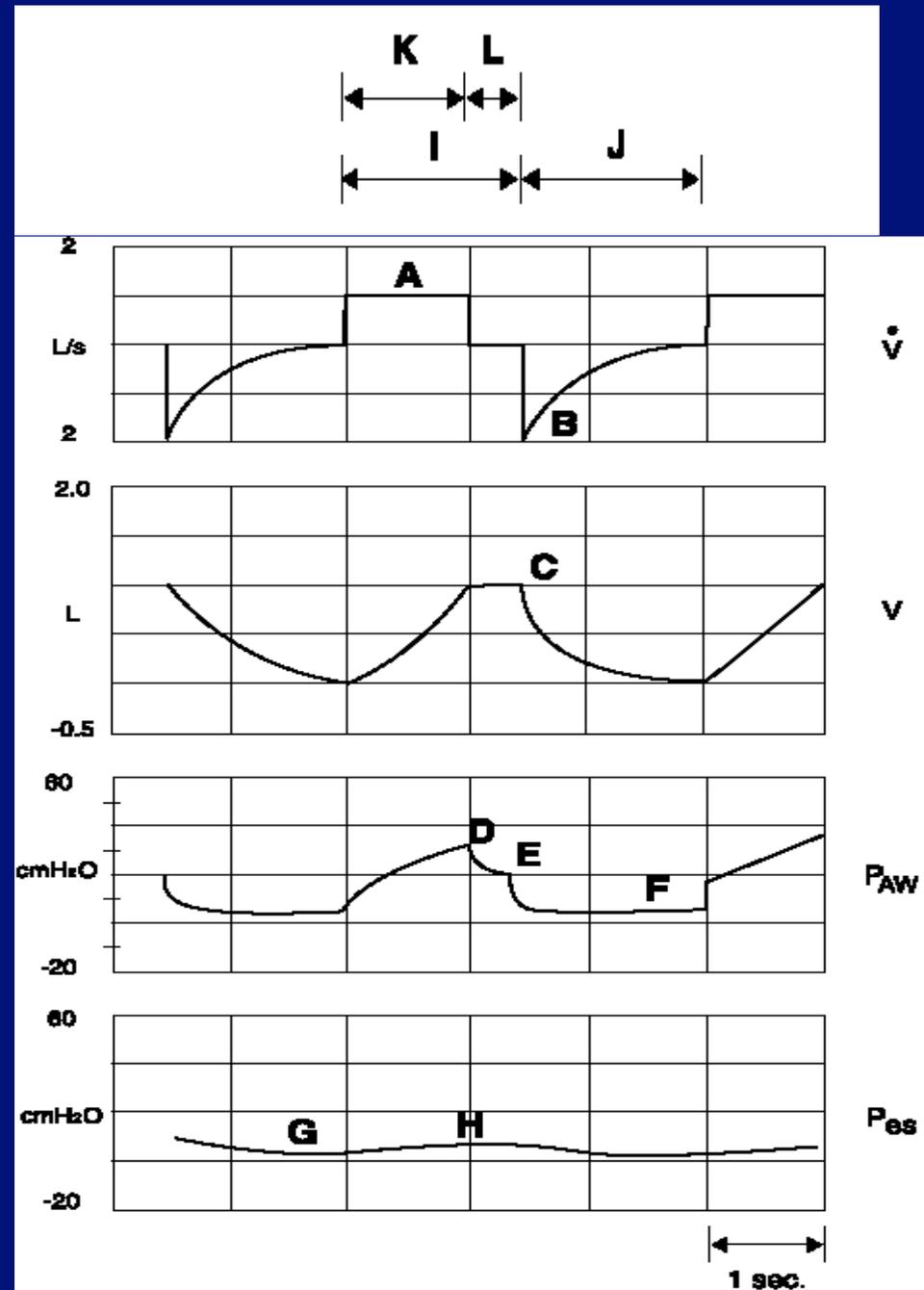
Nasal masks



Full face mask

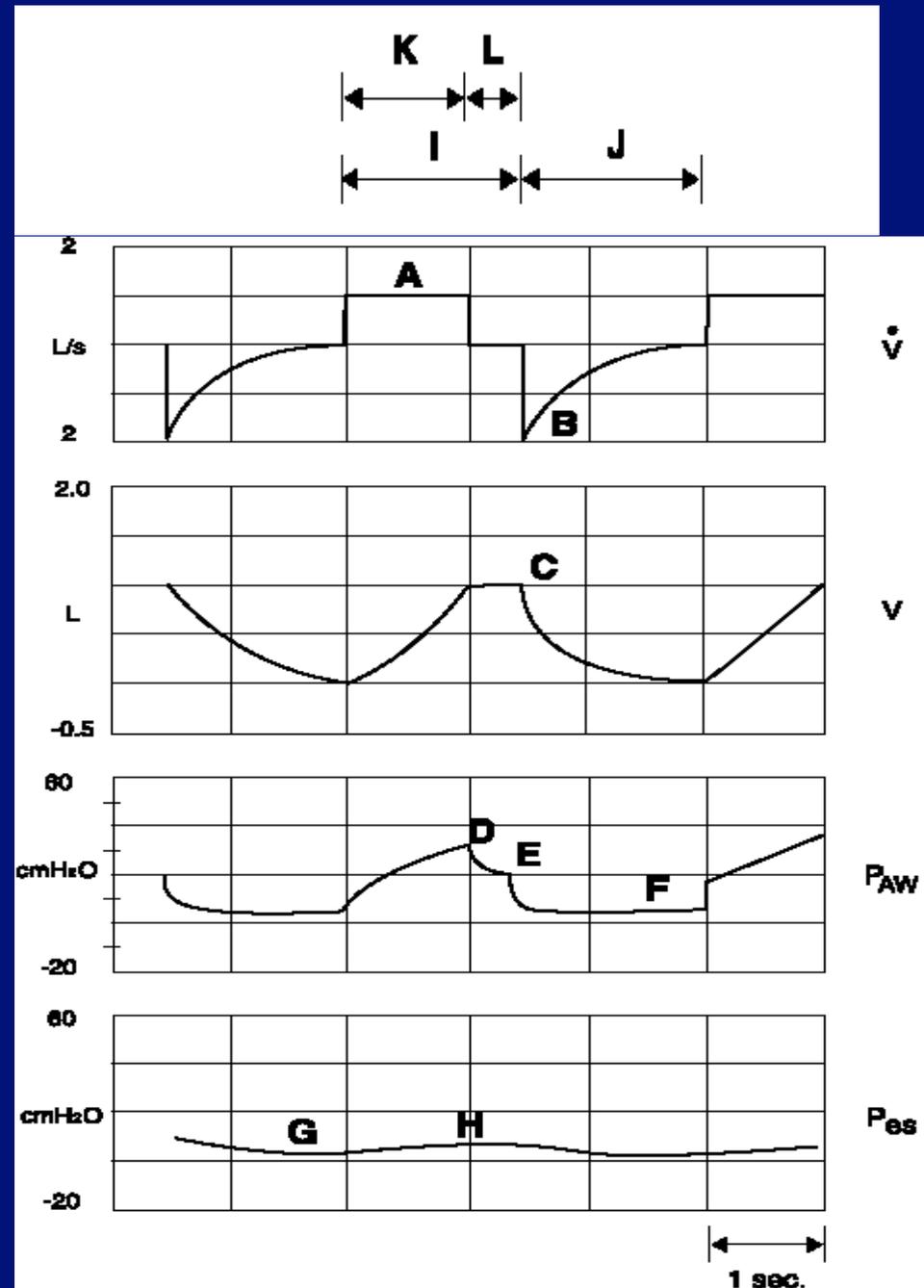
# Графики поток-время, объем-время, давление - время

- **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 cmH<sub>2</sub>O**
- **E** – давление плато в дыхательных путях  
Plateau airway pressure (plat $P_{aw}$ )  
**20 cm H<sub>2</sub>O**
- **F** - конечно-выдыхаемое давление  
End expiratory airway pressure (EEP) **5 cmH<sub>2</sub>O**



# 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 cmH<sub>2</sub>O**
- **G** - давление в пищеводе в конце выдоха  
End expiratory esophageal pressure (exp  $P_{es}$ )  
**2 cmH<sub>2</sub>O**



# 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

А - по времени

(машиной или врачом  
вручную)

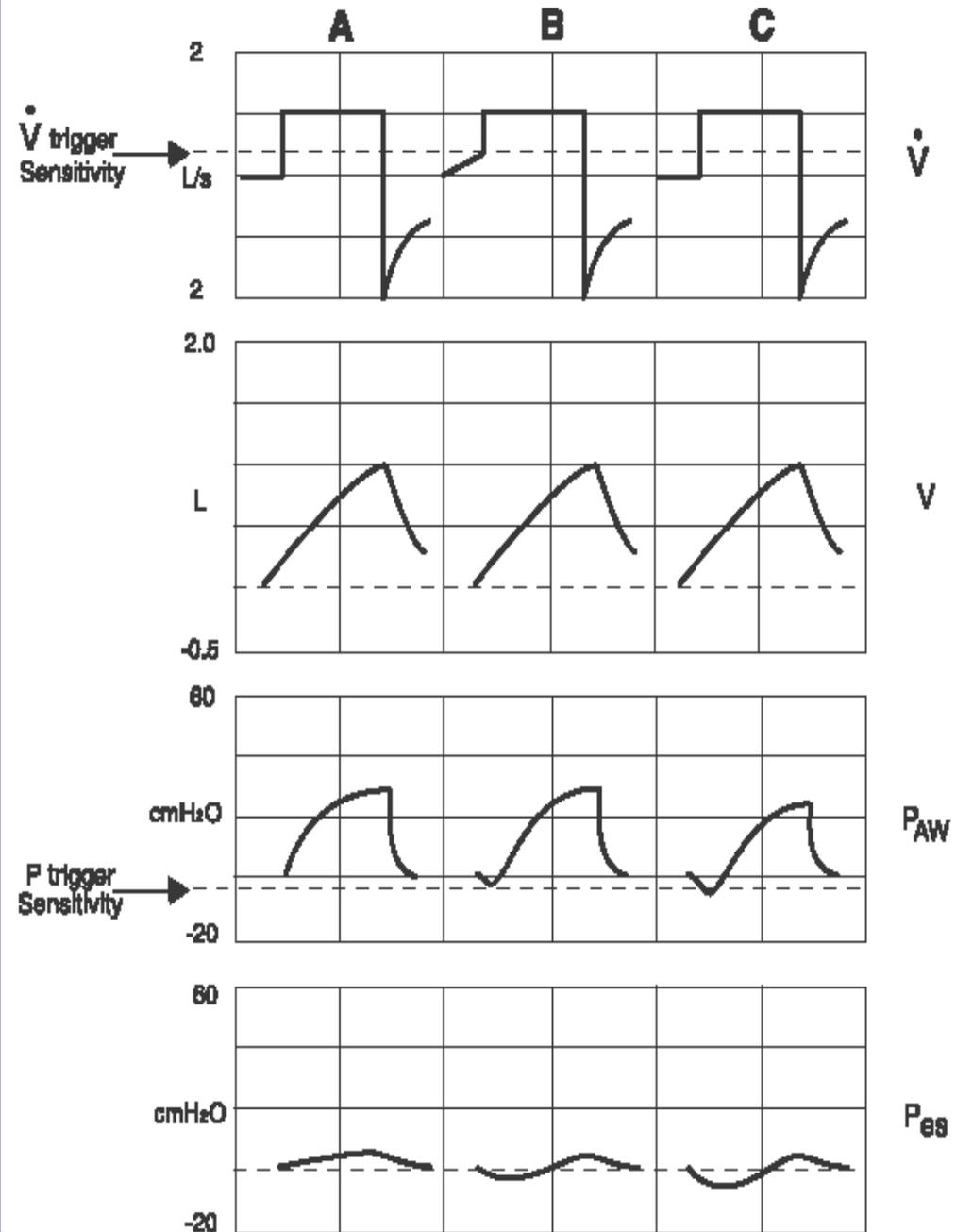
«нулевой» триггер

В - по потоку

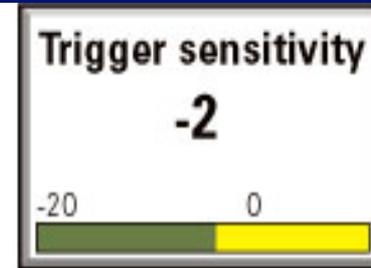
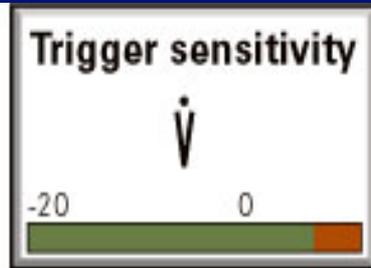
(Flow by)

С - по давлению (проксимально  
и дистально по отношению к  
больному)

*В и С – триггируются  
пациентом!*

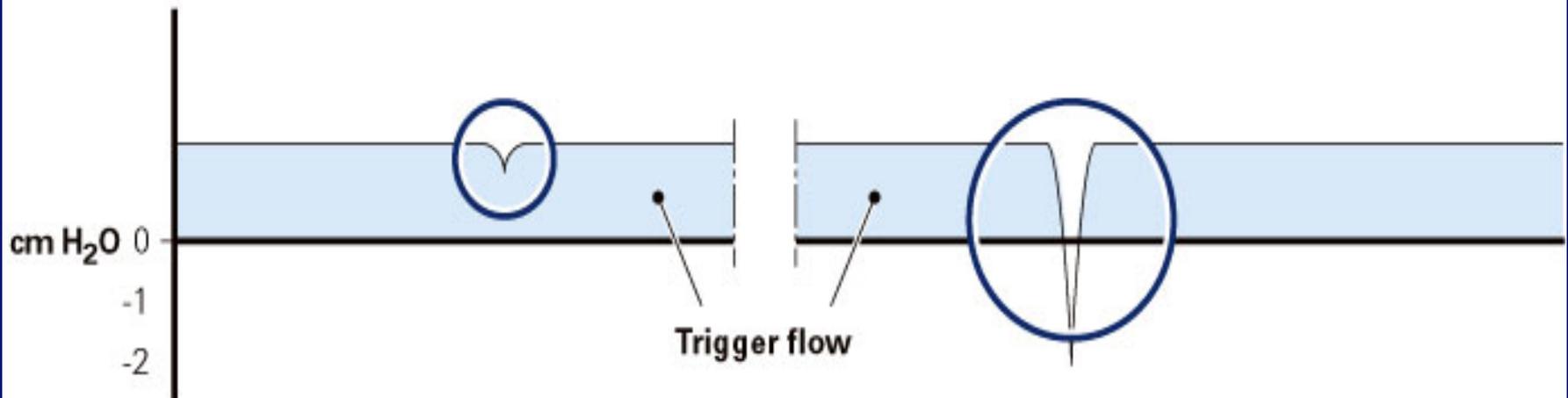


# Trigger sensitivity

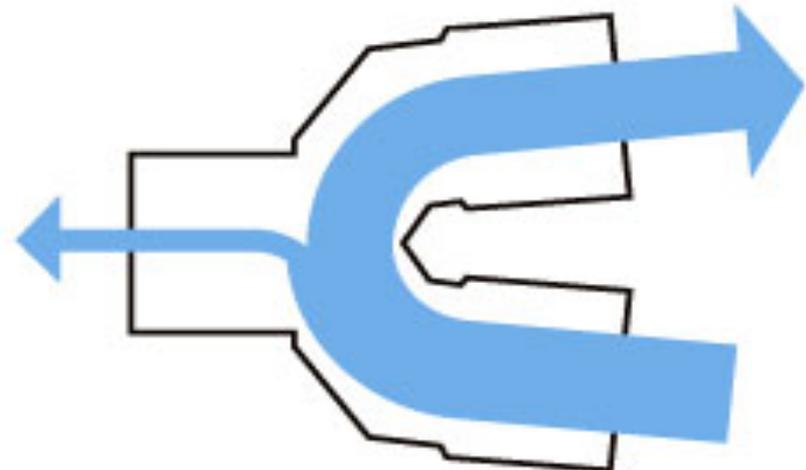
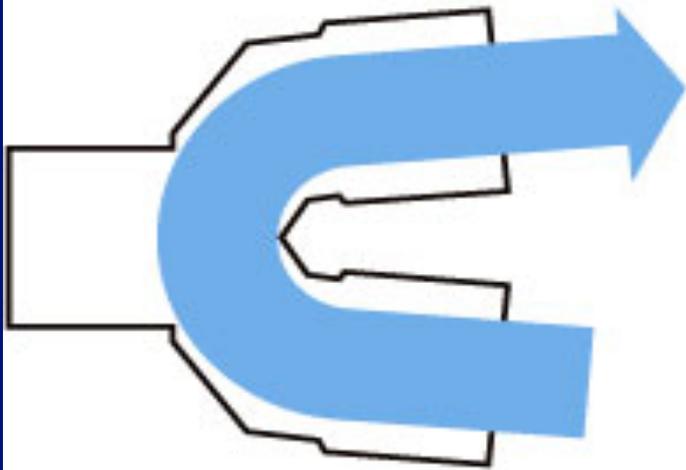
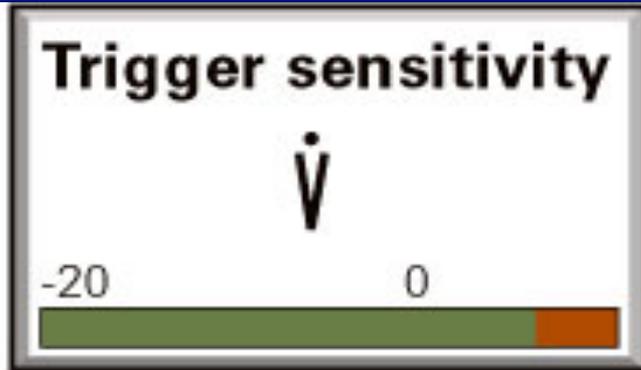


Flow triggering

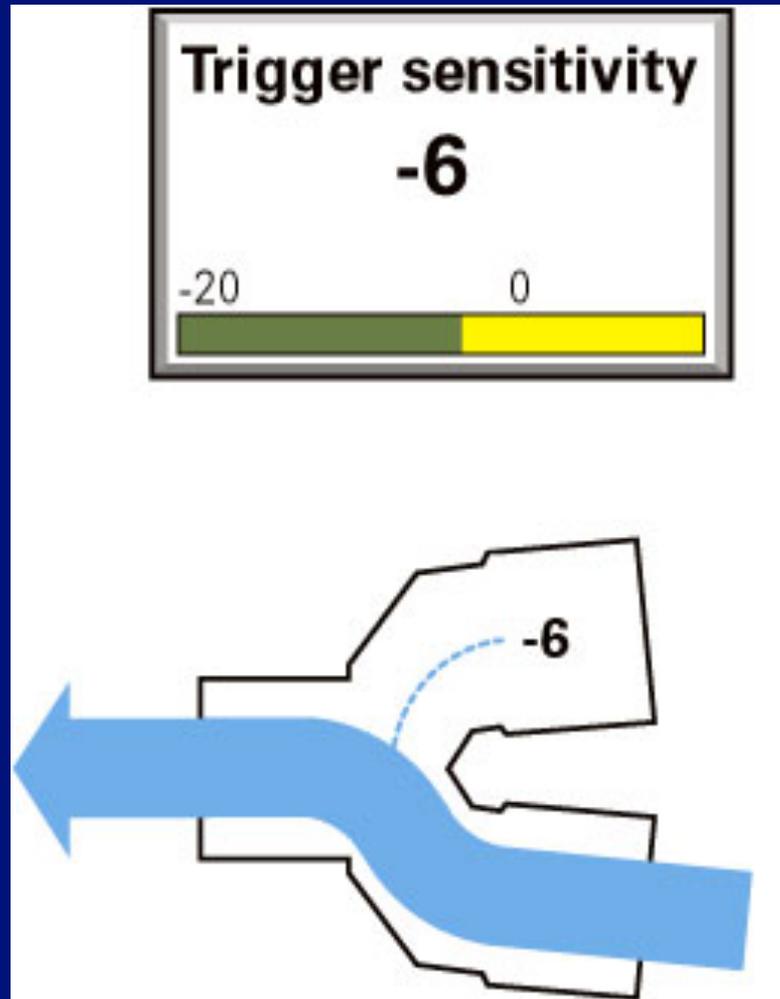
Pressure triggering



# Flow Trigger sensitivity



# Pressure Trigger sensitivity



# Типы доставки дыхательного потока

Конечная цель (задача) респиратора:

- А - Доставка объема (потока)

Volume (Flow) control (target)

Устанавливают скорость потока и время его подачи (объем)

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

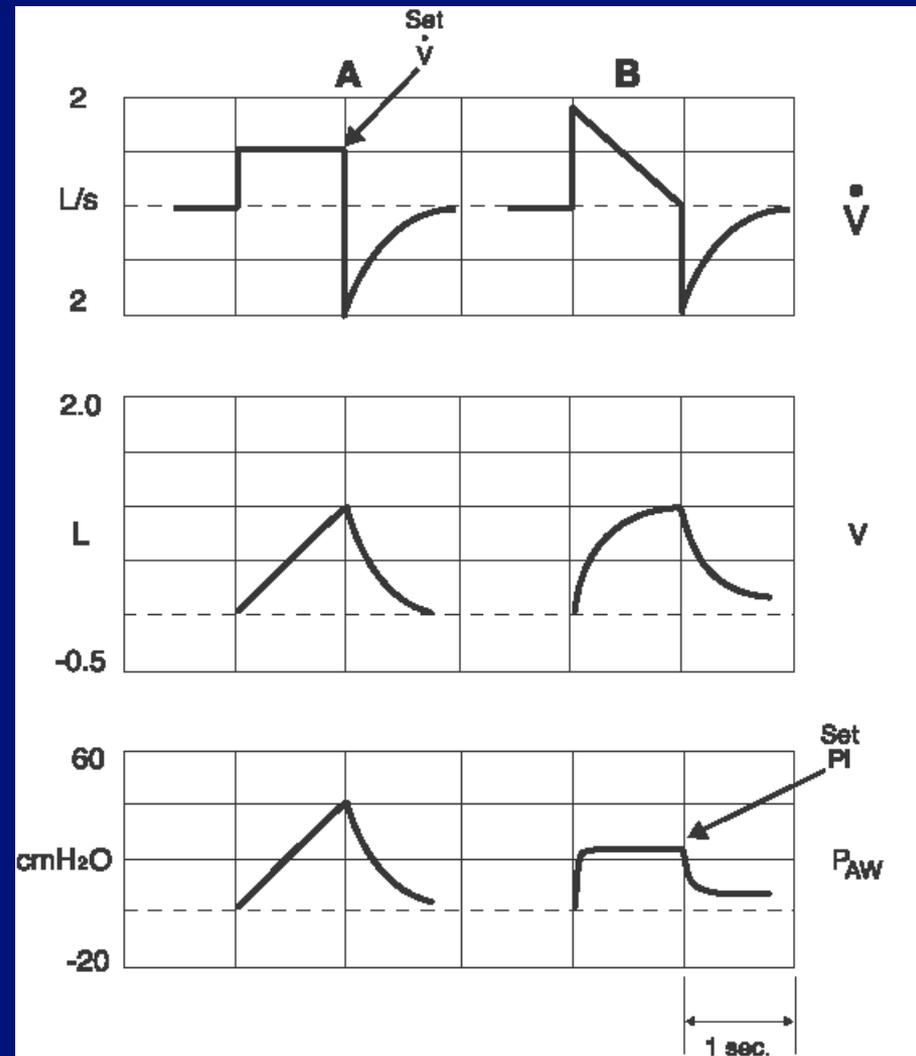
Давление ( $P_{AW}$ ) зависит от механических свойств легких

- В - Доставка (создание) давления в дыхательных путях

Pressure control (target)

Устанавливают давление  $P_{AW}$

Поток и объем зависят от механических свойств легких



# Классификация респираторов по цикличности (1)

- Определение – Параметр, определяющий смену дыхательного цикла

Виды:

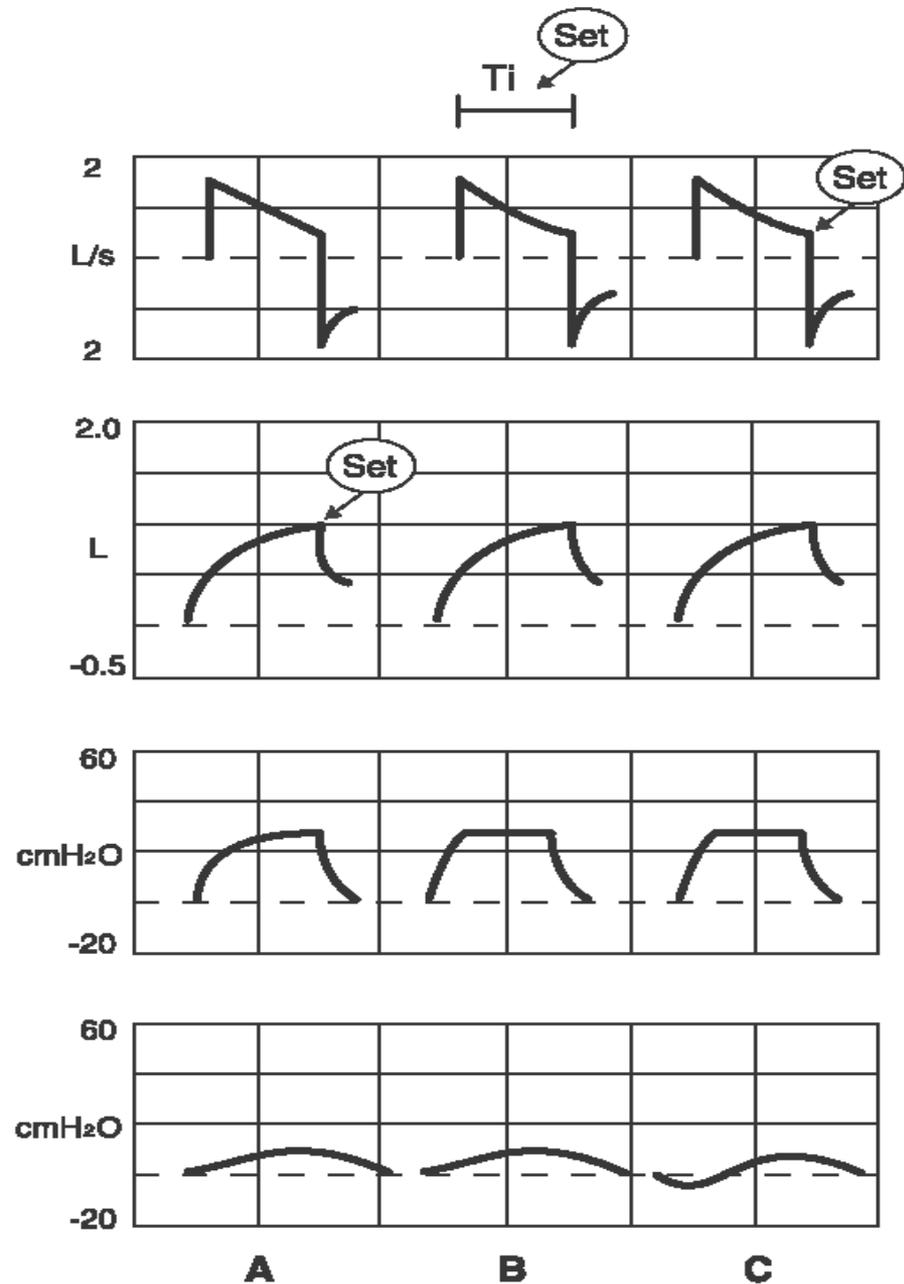
- Выдох – вдох (начало вдоха):
  - - Врач – респиратор (время)
  - - Пациент (поток, давление, импеданс и др)
- Вдох – выдох (окончание вдоха)
  - - Врач – респиратор (время)
  - Пациент (поток, объем, импеданс и др)

# Классификация респираторов по цикличности (2)

- Переключение вдох\выдох
- По времени (циклическая по времени ИВЛ, циклическая по времени, ограниченная по давлению)
- По объему (циклическая по объему ИВЛ)
- По давлению (циклическая по давлению ИВЛ)
- По потоку (циклическая по потоку ИВЛ)
- По импедансу

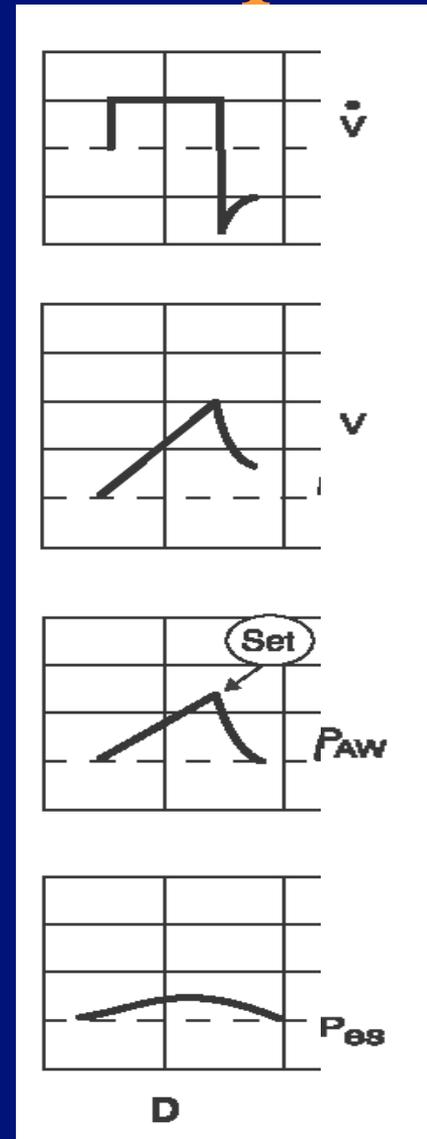
# Основные типы циклирования

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



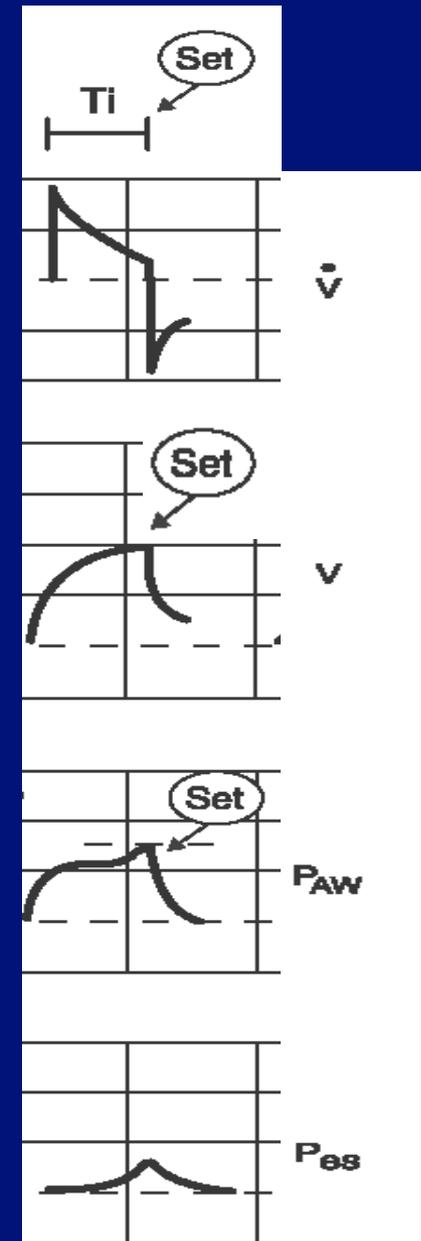
# Основные типы циклирования

- D - по достижении заданного давления  
Pressure cycled



# 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)

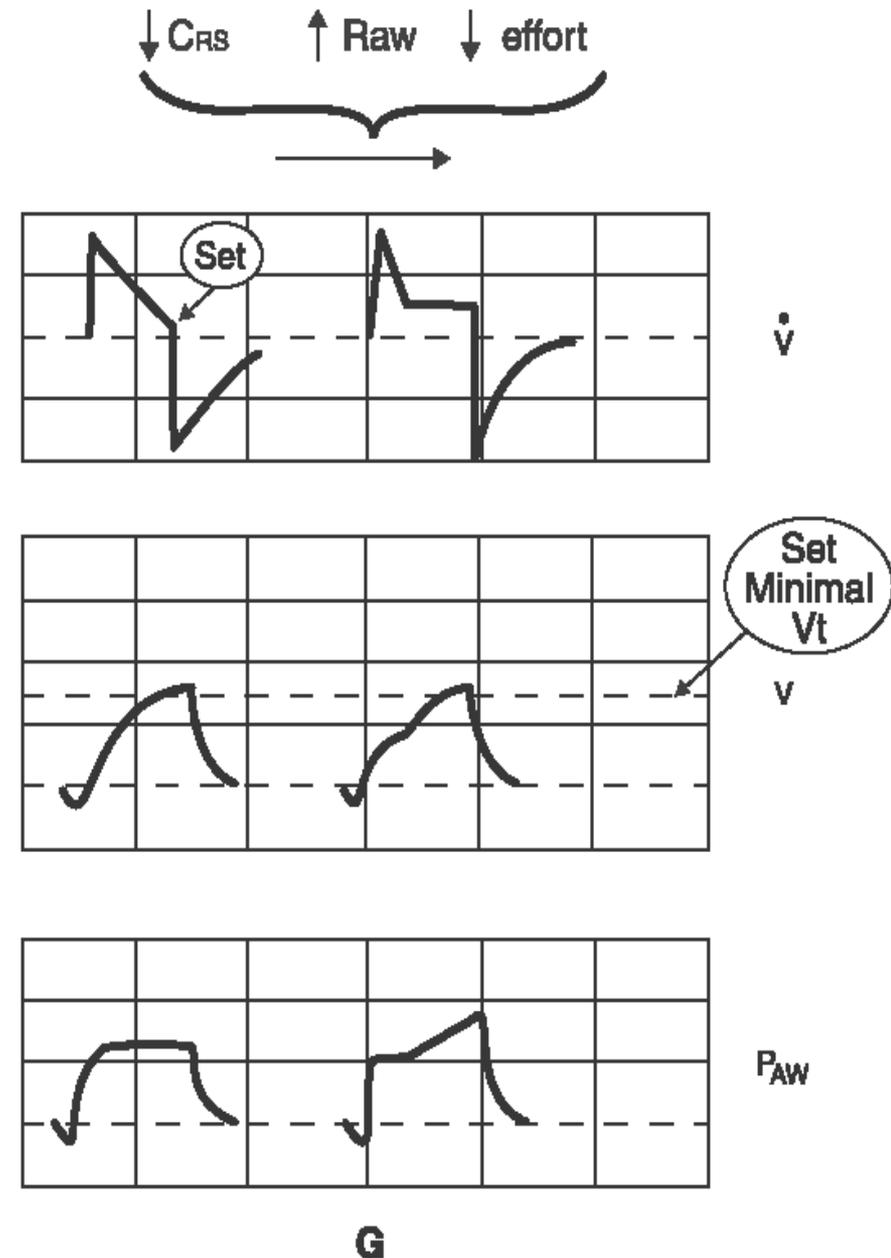


# Комбинированное циклирование

- 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

А - по времени

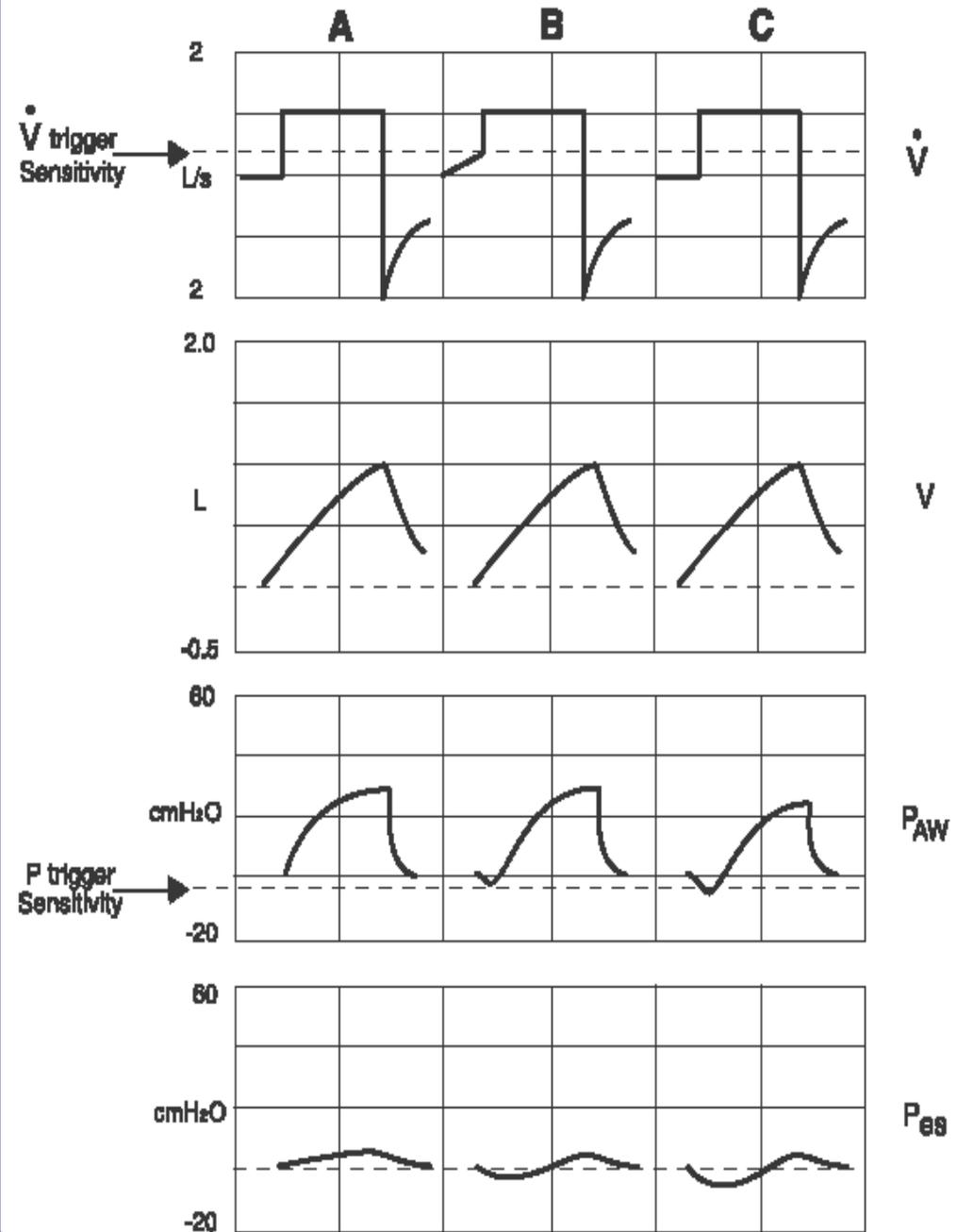
(машиной или врачом  
вручную) «нулевой» триггер

В - по потоку

(Flow by)

С - по давлению (проксимально  
и дистально по отношению к  
больному)

*В и С – 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)

# Режимы ИВЛ

---

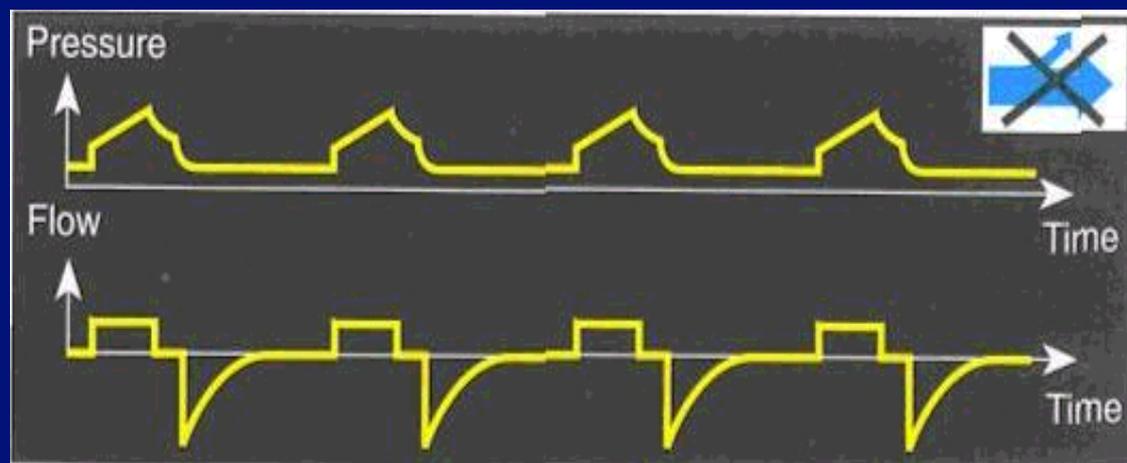
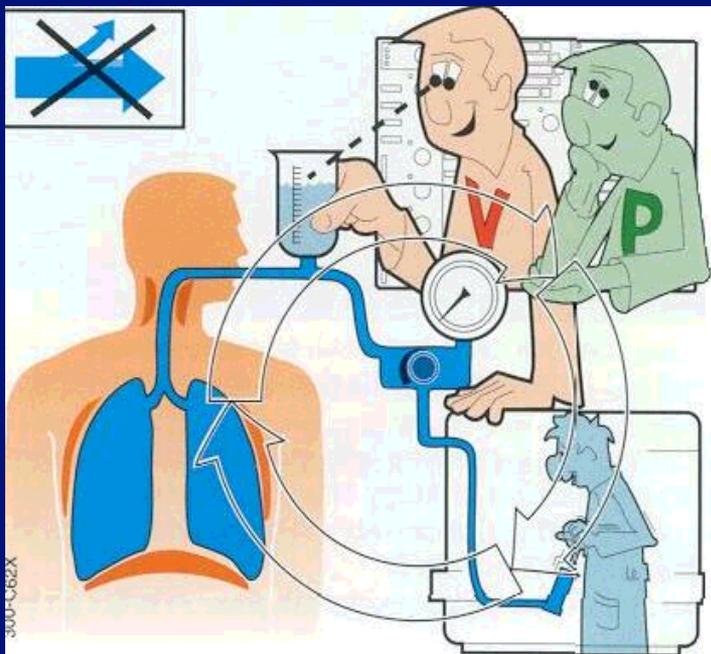
Контролируемые  
(полные)

Вспомогательные

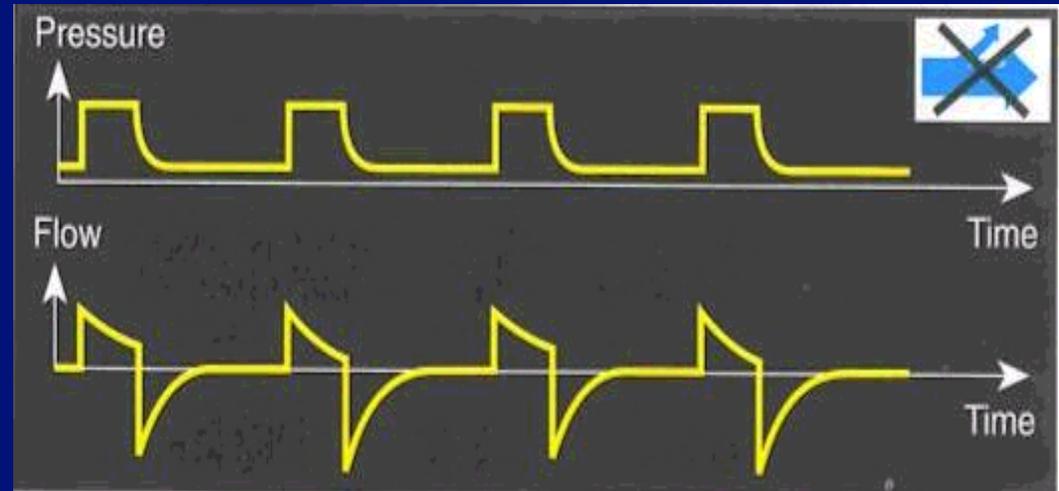
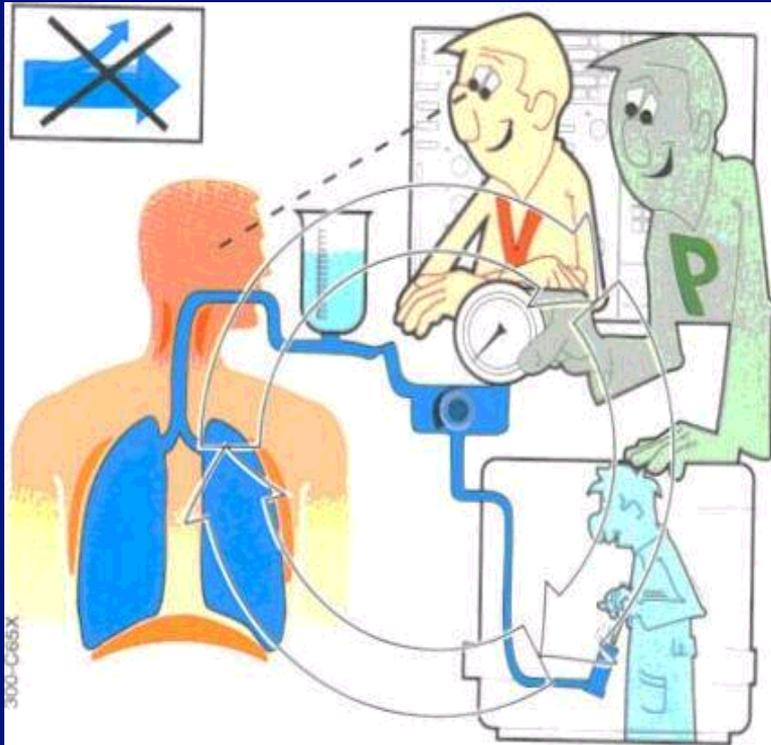
# Режимы полной ИВЛ

- Контролируемая механическая вентиляция (англ. - Controlled mechanical ventilation, CMV, IPPV, VC, PC).
- Постоянная механическая вентиляция с положительным давлением (англ. - Continuous positive-pressure ventilation, CPPV).
- Вентиляция с положительно-отрицательным давлением (англ.- Intermittent positive negative ventilation, IPNPV).
- Ассистируемая механическая вентиляция (англ.- Assisted mechanical ventilation).
- Ассистируемо-контролируемая вентиляция (англ. - Assist-control ventilation).
- Регламентированная по давлению контролируемая по объему вентиляция (англ. – Pressure regulation volume control, PRVC, VAPS)
- Вентиляция с обратным временным соотношением фаз вдоха и выдоха (англ.- Pressure control - inverse ratio ventilation, PC-IRV).

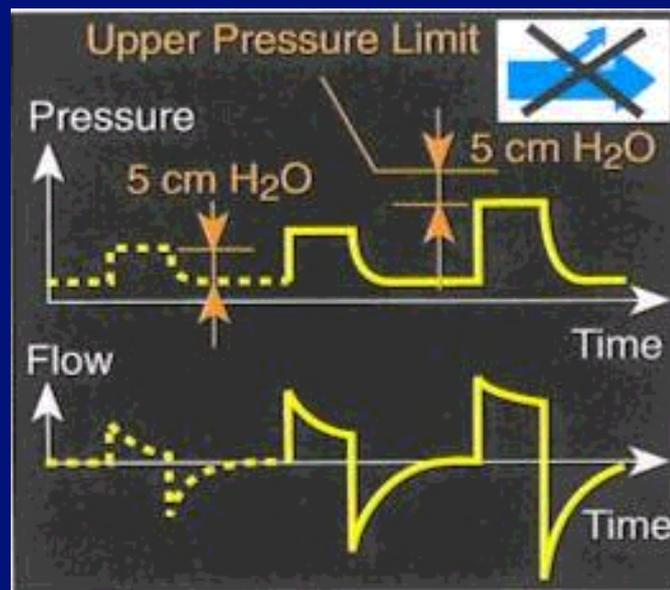
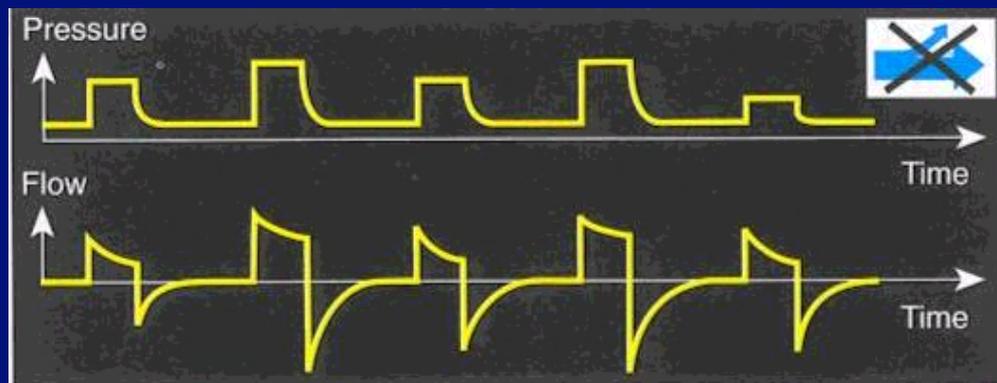
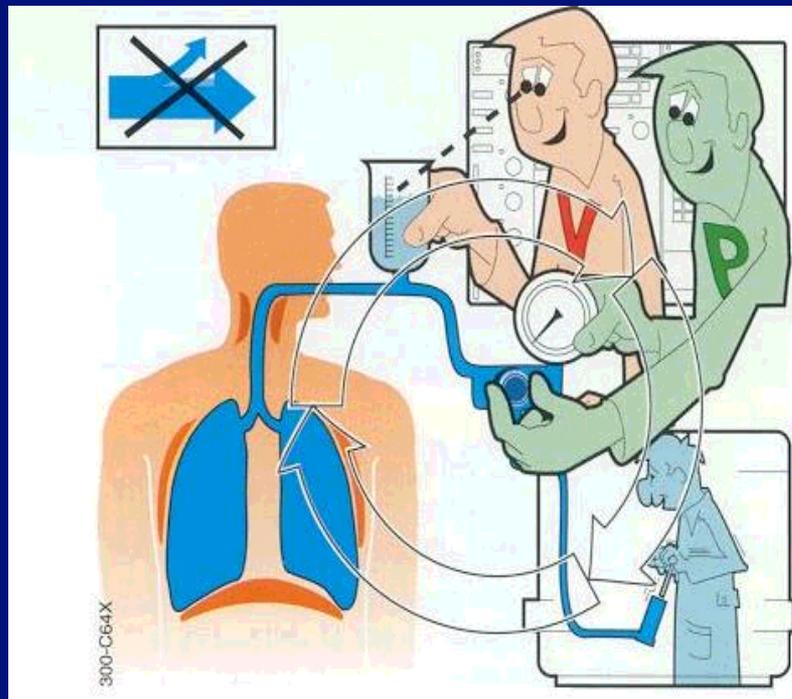
# Вентиляция, контролируемая по объему



# Вентиляция, контролируемая по давлению



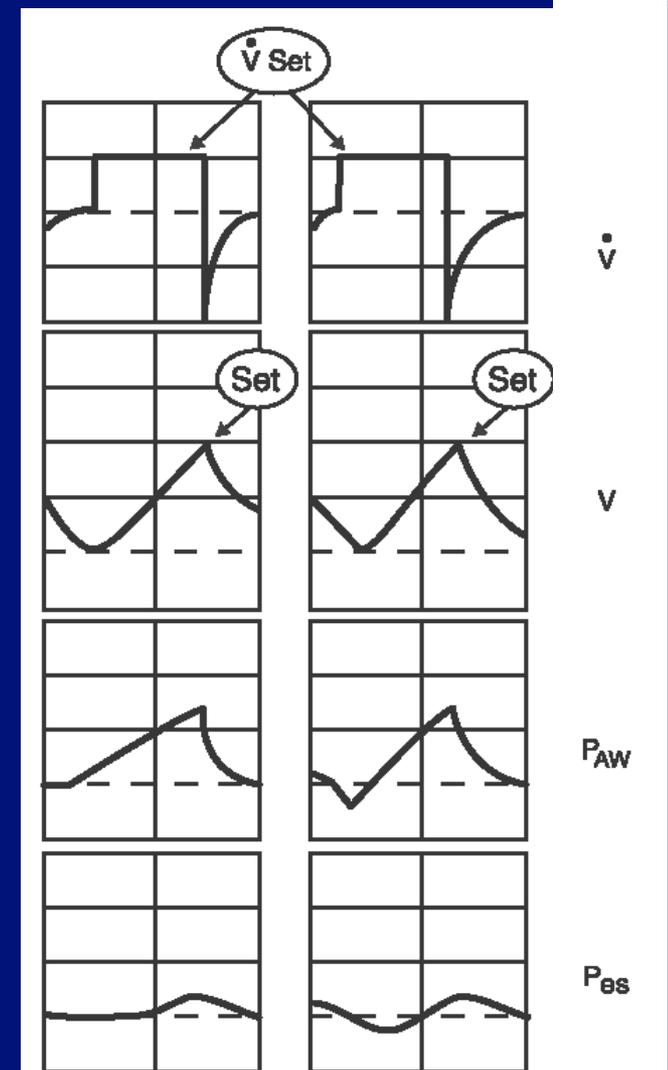
# PRVC (VAPS)



# Объемные вдохи (Volume Control)

«нулевой» триггер  
(по времени)

триггер по давлению или  
по потоку

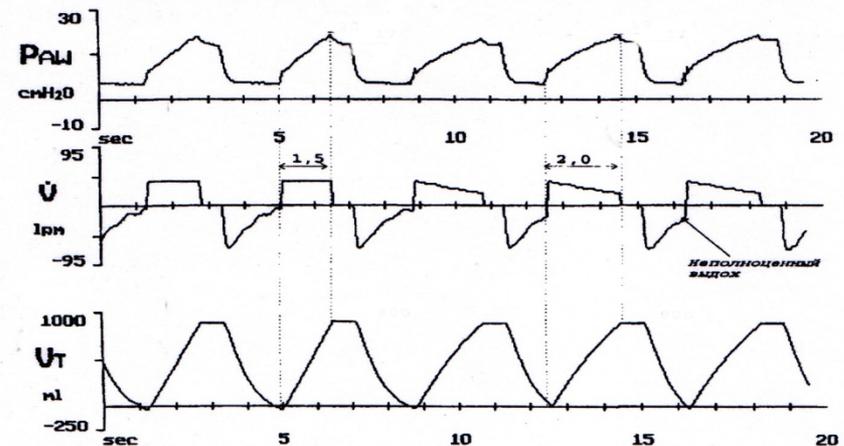


# CMV (Control Mechanical Ventilation) IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation – частный случай Volume AC & SIMV

- $f$  – число дыханий (12)
- $V_t$  - дыхательный объем (600 мл)
- $F$  - пиковый поток (40 л/мин)
- РЕЕР – давление в конце выдоха (5 см  $H_2O$ )
- Тревоги по объему и ограничение по давлению

РОДНАЯ «РОШКА»!!!

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

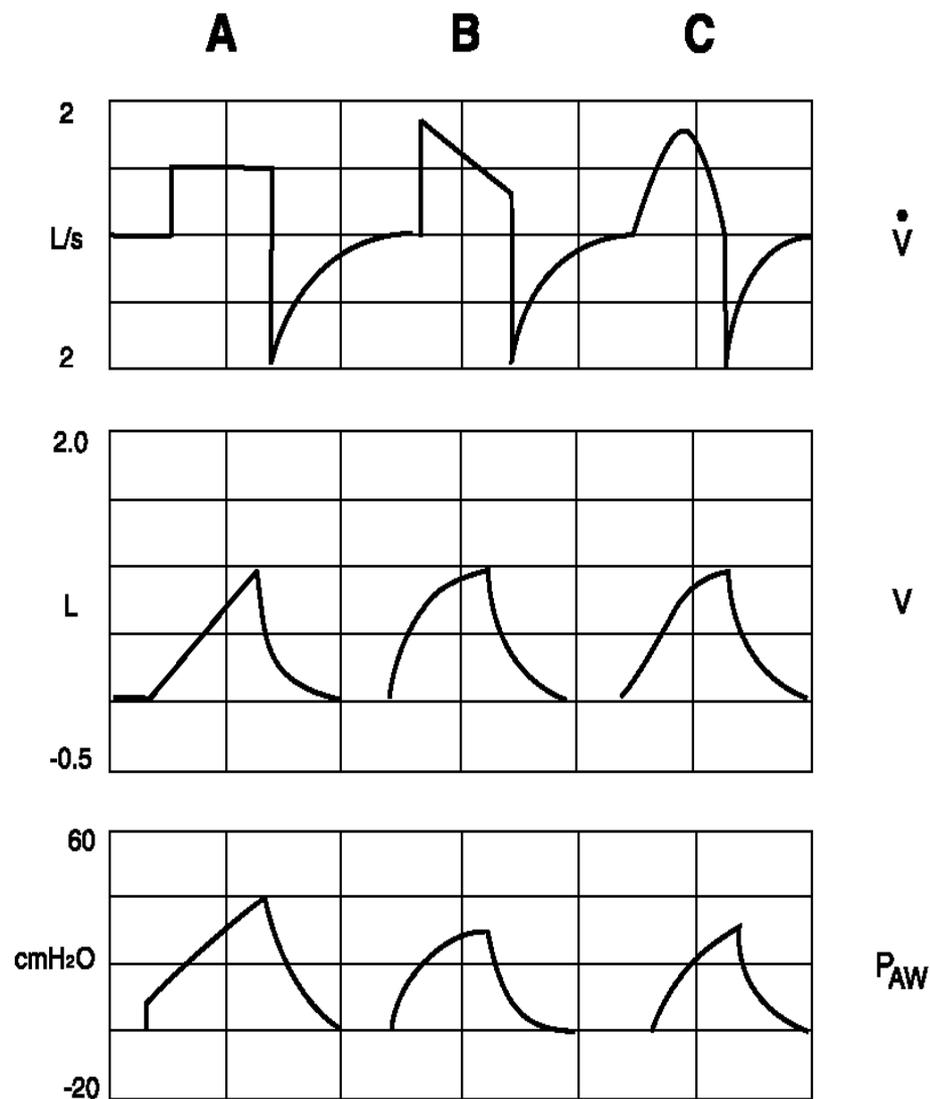


# Клиническое применение CMV (Control Mechanical Ventilation)

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

# Формы потока в Volume Control

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

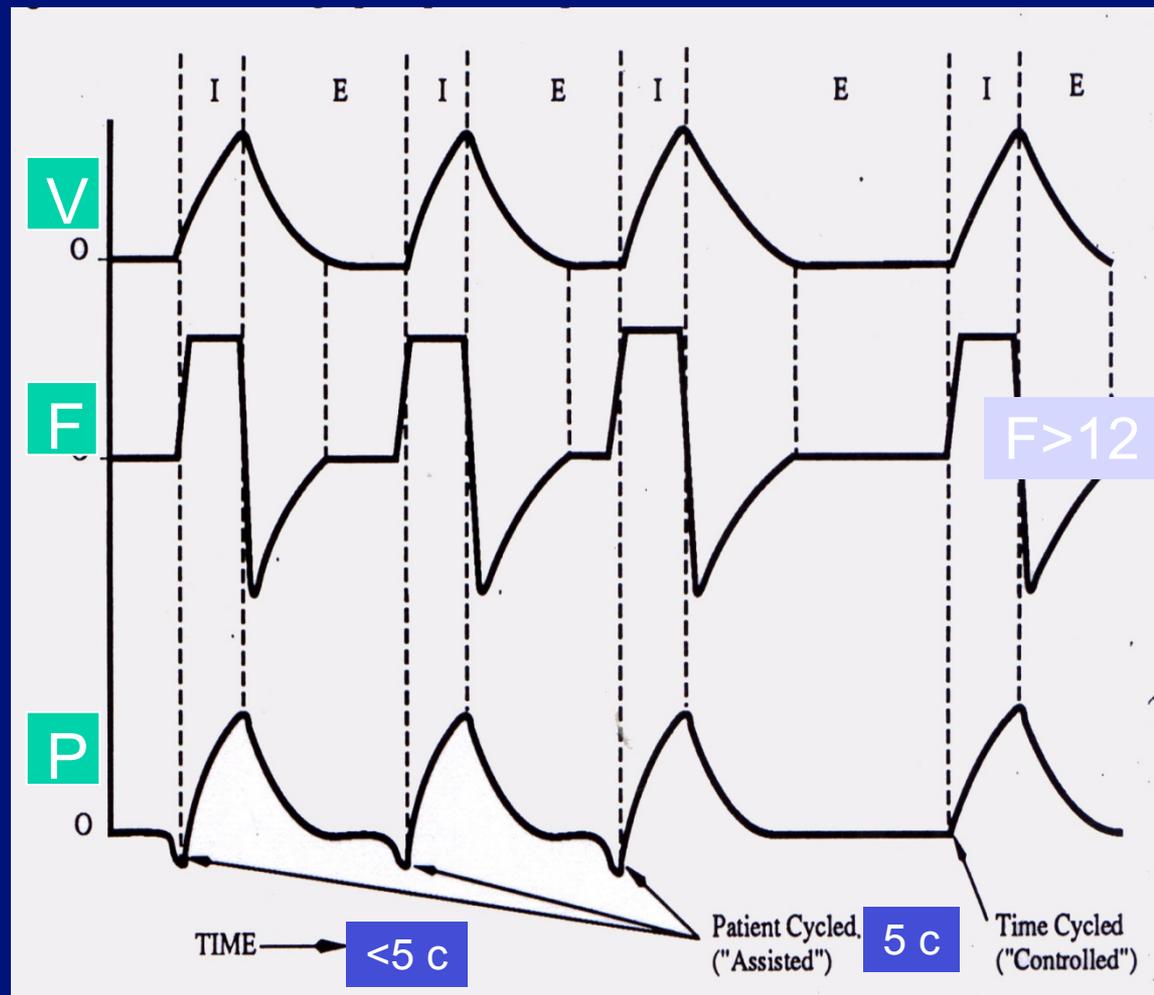


# Клиническое применение Volume Control

- 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)

# Assist Control (на примере Volume AC)

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



# Клиническое применение Assist Control

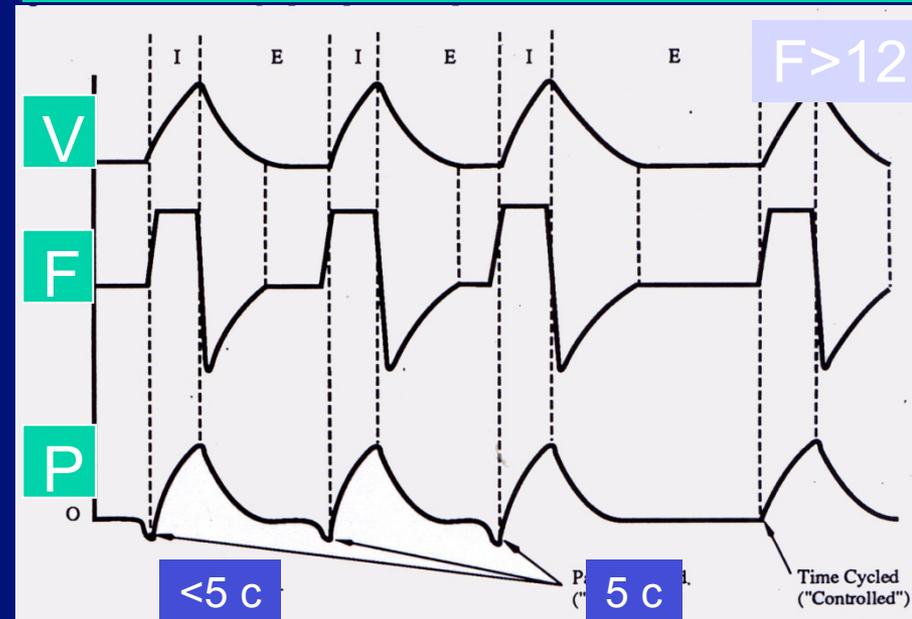
- Нужна уверенность в том, что при недостаточности базового минутного объема дыхания (МОД) больной получит по своему требованию столько МДО, сколько в данный момент времени ему нужно - изменилась температура тела, нарастает метаболический ацидоз, психомоторное возбуждение, пациент просыпается
- Не очень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

# Volume Control Assist

- $f$  – число дыханий (12)
- $V_t$  - дыхательный объем (600 мл)
- $F$  - пиковый поток (40 л/мин)
- РЕЕР – давление в конце выдоха (5 см  $H_2O$ )
- Пауза вдоха - 0

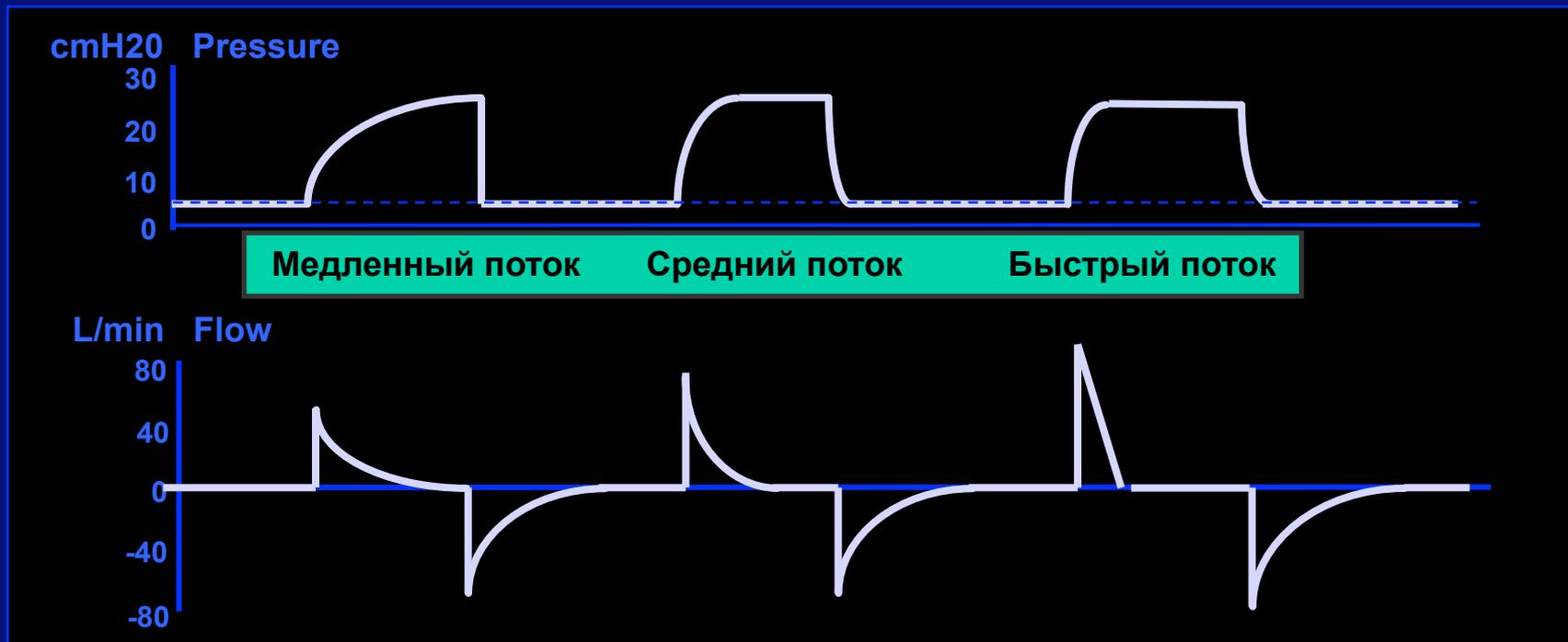
- Тревоги по объему и ограничение по давлению
- Sensivity – 3 см  $H_2O$ , 2 л/мин
- ЧД – не менее  $f$ .

- Flow-controlled
- Volume-cycled, 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.) –

Нет заболевания и повреждения мозга, заболеваний сердца

- Нужна уверенность в определенном времени окончания вдоха – утечки воздуха, тенденция к гиперинфляции легких при ХОБЛ

# Методы традиционной синхронизации

Респираторная:

- ↑ PIP
- ↑ Rate

Медикаментозная:

- Седативные препараты
- Неингаляционные анестетики
- Наркотические анальгетики
- Миорелаксанты (ардуан и др.)

# Режимы вспомогательной ИВЛ (1)

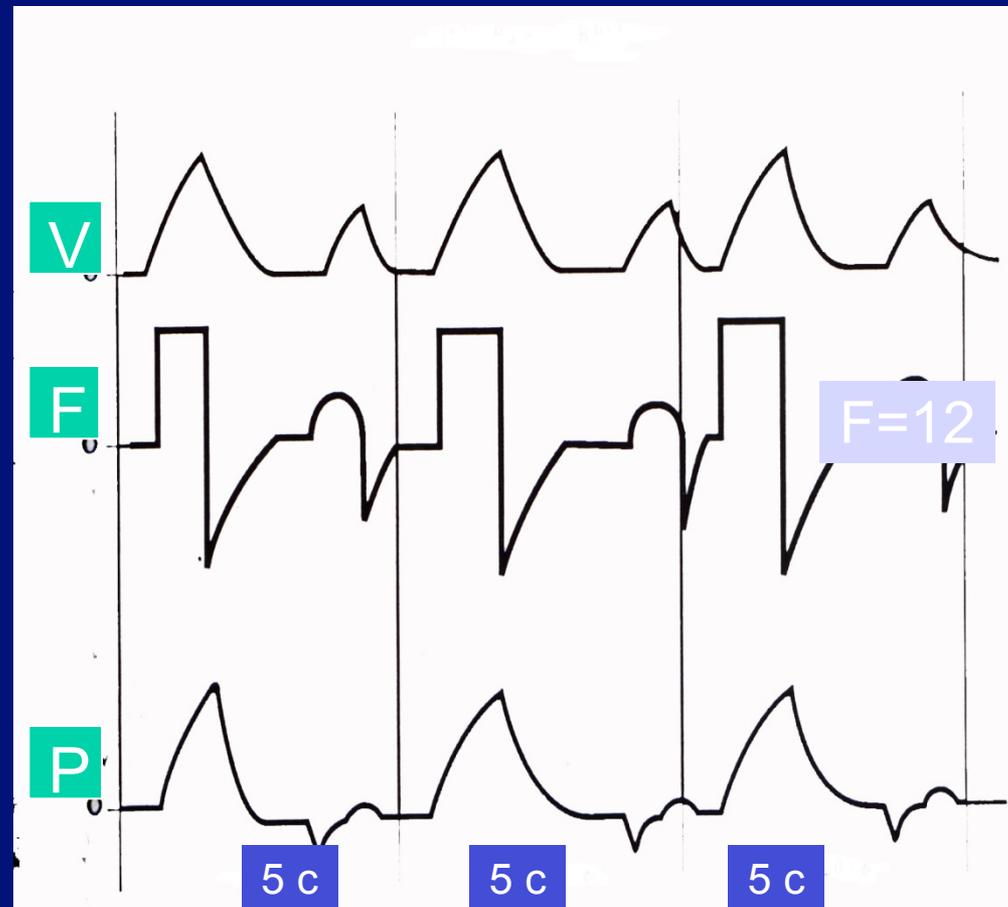
- Прерывистая принудительная вентиляция (англ. - Intermittent mandatory ventilation, IMV).
- Синхронизированная прерывистая принудительная вентиляция (англ. - Synchronized intermittent mandatory ventilation, SIMV).
- Принудительный минутный объем (принудительная минутная вентиляция, англ. - Mandatory minute volume, MMV).
- Непрерывное положительное давление в дыхательных путях (англ. - Continuons positive airway pressure, CPAP) и положительное экспираторное давление в дыхательных путях (англ. - Expiratory positive airway pressure, EPAP, PEEP).
- Поддерживающая давление вентиляция (поддержка вентиляции давлением, англ. - Pressure support ventilation, PSV).

# Режимы вспомогательной ИВЛ (2)

- Вентиляция с освобождением давления в дыхательных путях (англ. - Airway pressure release ventilation, APRV).
- Вентиляция апноэ непрерывным потоком (англ. - Continuons flow apneic ventilation, CFAV).
- Синхронизированная вспомогательная вентиляция новорожденных (англ. - Synchronized assisted ventilation of infants, SAVI).
- Поддержка вентиляции потоком (англ. - Support flow-by, SFB).
- Вентиляция с двумя перемещающимися уровнями положительного давления в дыхательных путях (англ. - Vi positive airway pressure, ViPAP).

# IMV (Intermittent Mandatory Ventilation) – устарелый режим

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



# Режимы синхронизированной ИВЛ

- Синхронизированная прерывистая принудительная вентиляция (англ. - Synchronized intermittent mandatory ventilation, SIMV).
- Ассистируемо-контролируемая вентиляция (англ. - Assist-control ventilation).
- Поддерживающая давление вентиляция (поддержка вентиляции давлением, англ. - Pressure support ventilation, PSV).
- Синхронизированная вспомогательная вентиляция новорожденных (англ. - Synchronized assisted ventilation of infants, SAVI).

# SIMV

Инспираторный триггер	Да
Поддержка каждого вдоха	Нет
Частота аппаратной вентиляции	Фиксирована
Время плато	Фиксировано
Максимальное давление на вдохе	Фиксировано (по давлению)

# A\C

Инспираторный триггер	Да
Поддержка каждого вдоха	Нет
Частота аппаратной вентиляции	Различна
Время плато	Фиксировано
Максимальное давление на вдохе	Фиксировано (по давлению)

# Синхронизированная ИВЛ (преимущества)

- Синхронизация пациента и респиратора
- Снижение (отсутствие) необходимости применения для синхронизации медикаментозных препаратов
- Снижение инвазивности и длительности ИВЛ
- Снижение количества осложнений (баро- и волюмотравмы легкого)

# Синхронизированная ИВЛ (недостатки)

- Возможно распознавание ложных, не респираторных сигналов (аутоциклирование)
- Недостаточно данных о сравнительных преимуществах разных методов синхронизированной ИВЛ
- Респираторы как правило дороги и сложны в эксплуатации

# Синхронизированная ИВЛ (показание и противопоказание)

## Показание:

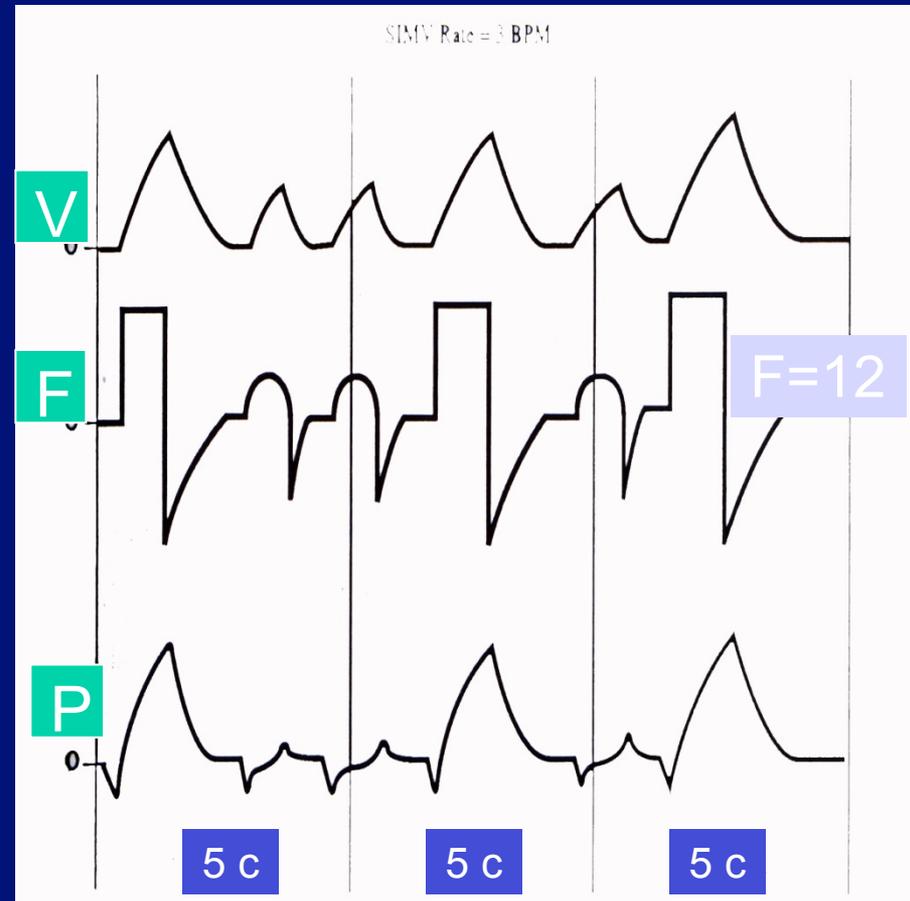
- Наличие устойчивого самостоятельного дыхания

## Противопоказание:

- Судорожный синдром, кома и т.д.

# SIMV (Synchronized IMV) – на примере Volume SIMV

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



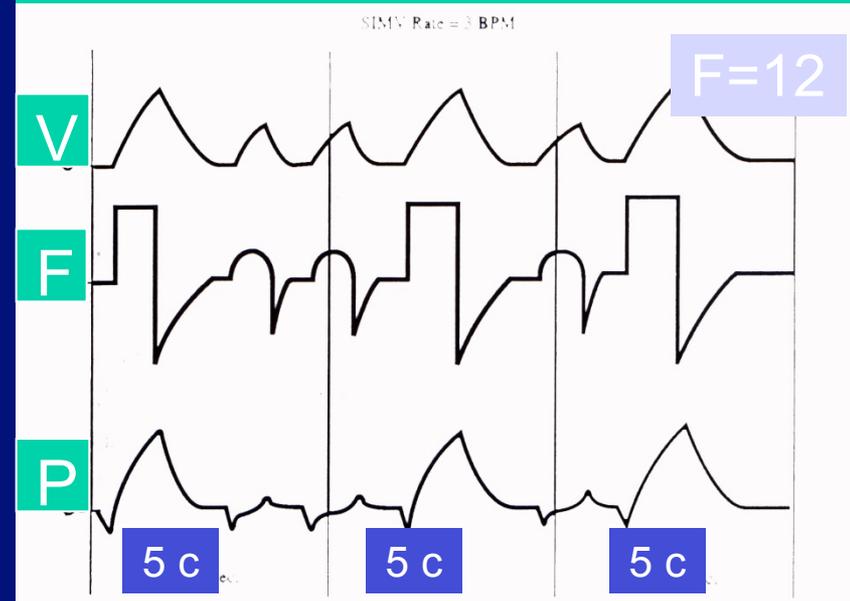
# Клиническое применение SIMV

- Очень опасна гипервентиляция- нарастание церебральной ишемии
- Для расправления легких желательны неравномерные вдохи (SIMV+PS) – предупреждает ателектазирование

# 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<sub>2</sub>O*)
- Пауза вдоха - 0
  
- Тревоги по объему и ограничение по давлению
- Sensivity – 3 *cm H<sub>2</sub>O*, 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)

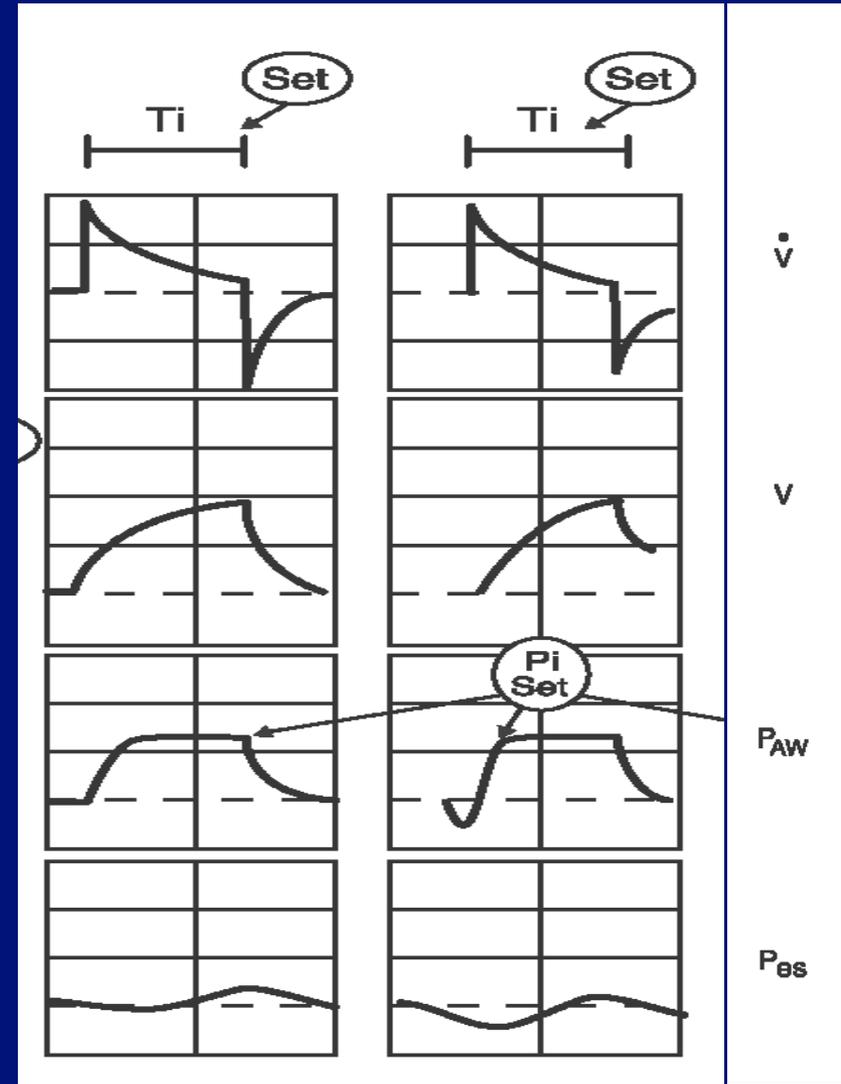
- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled
- Обязательный вдох синхронизирован и наступает в любой момент периода 60 сек/ $f$



# Вдохи по давлению (Pressure Control)

«нулевой» триггер  
(по времени)

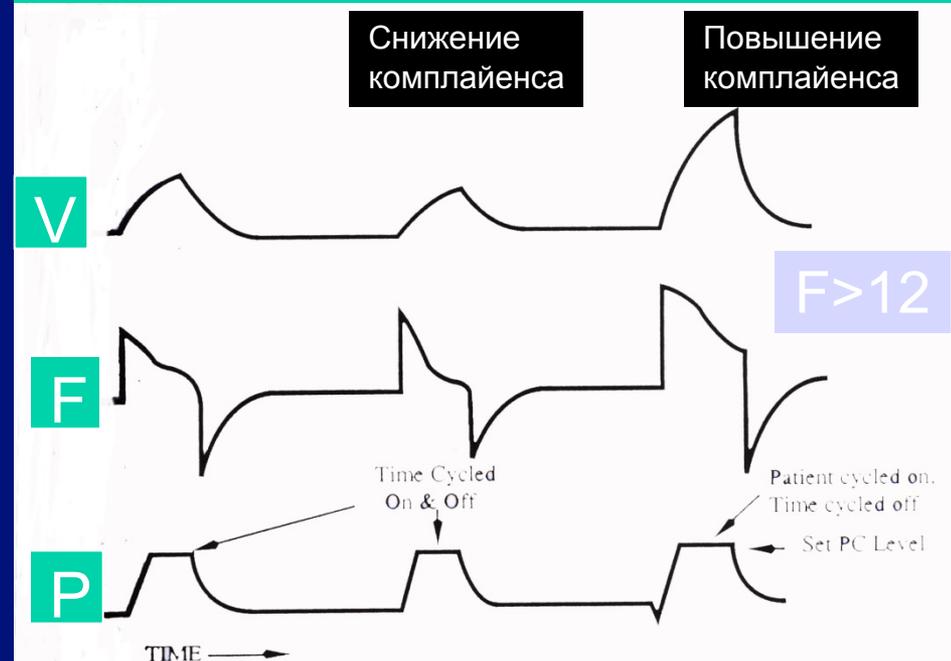
триггер по давлению или  
по потоку



# Pressure Control Assist

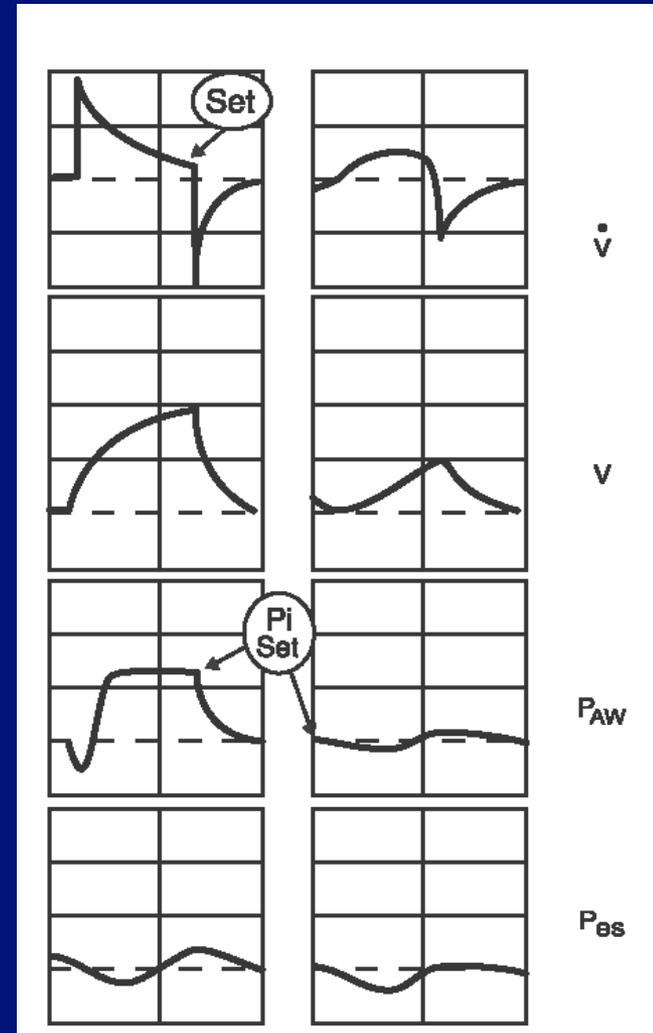
- $f$  – число дыханий (12)
- $P$  – давление в дыхательных путях ( $15 \text{ cm H}_2\text{O}$ )
- $t$  – время вдоха (0,8 сек)
- Inspiratory Rise
- Тревоги по объему
- Sensivity –  $3 \text{ cm H}_2\text{O}$ , 2 л/мин
- ЧД- не менее  $f$

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



# Вдохи по требованию

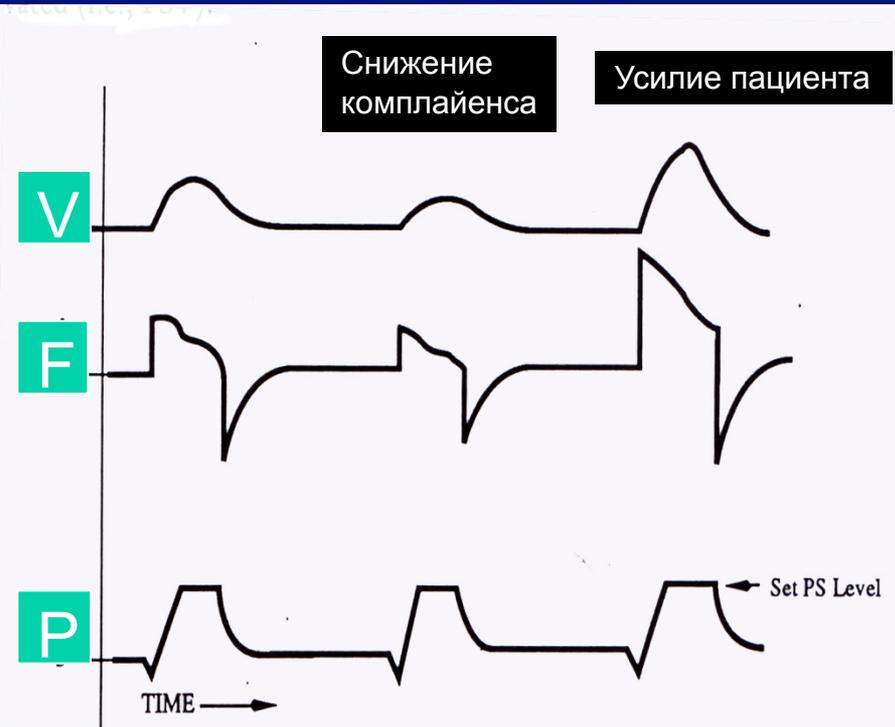
- Pressure support (PS)
- Spontaneous



# Pressure Support (PS)

- P – давление в дыхательных путях выше РЕЕР ( $15 \text{ cm H}_2\text{O}$ )
- РЕЕР – 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

# CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)

- $f$  – число дыханий (0)
- PEEP – 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

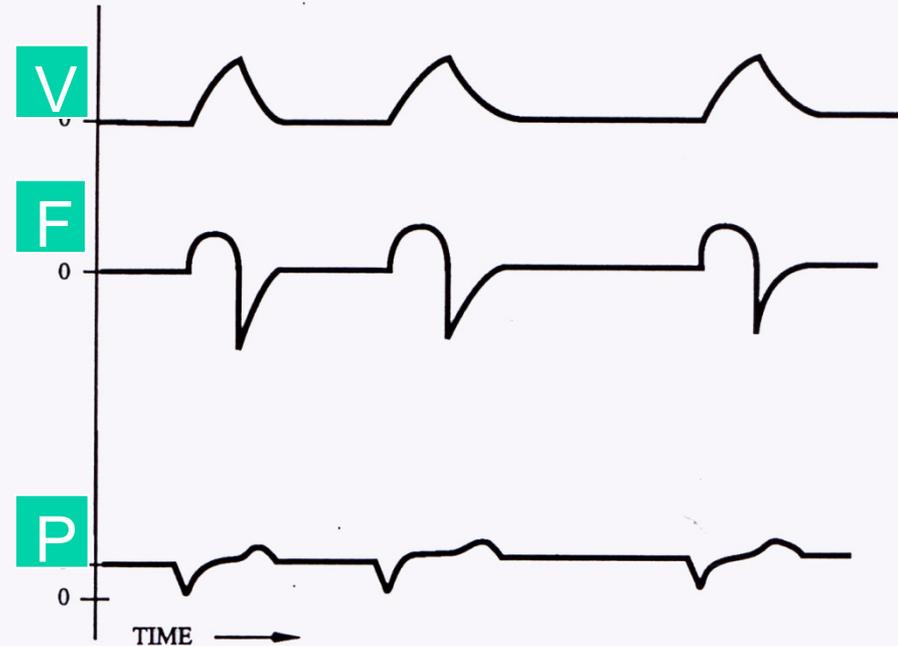


FIGURE 32  
CPAP

# Промежуточный итог

- Контролируемая (полная) ИВЛ
- Вспомогательная ИВЛ

Классификация, принципы циклирования,  
синхронизация

# Понятие о методе ИВЛ

- Характеристика метода ИВЛ:
- Цикличность ВЫДОХ — ВДОХ
- Путь управления вентиляцией
- Цикличность ВДОХ — ВЫДОХ

# Путь управления вентиляцией

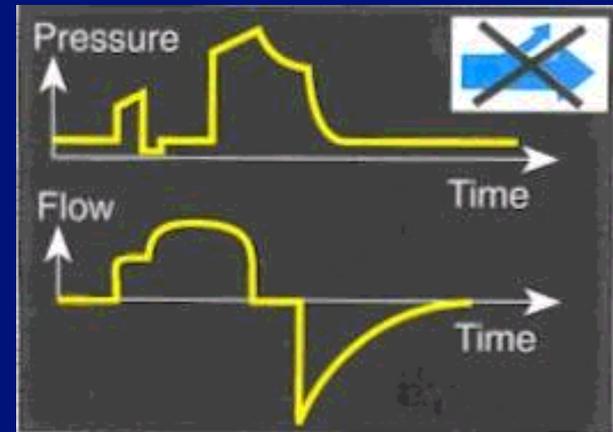
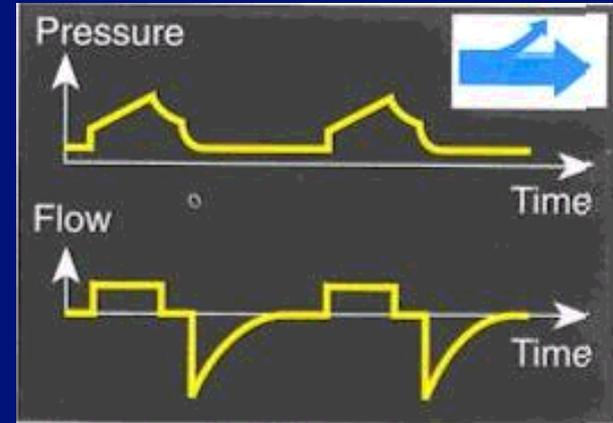
```
graph TD; A[Путь управления вентиляцией] --> B[Прямой  
- Volume Control]; A --> C[Непрямой  
- Pressure Control];
```

- Прямой
- - Volume Control

- Непрямой
- - Pressure Control

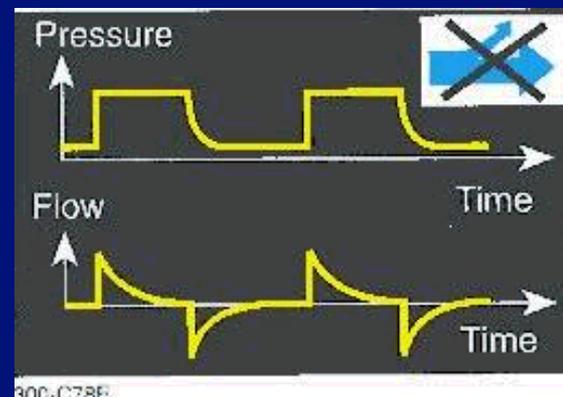
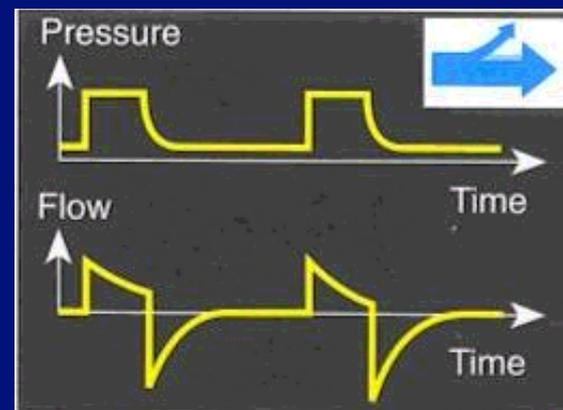
# ИВЛ, регулируемая по объему

- Постоянный поток
- Гарантированный и постоянный дыхательный объем
- Различное давление на входе (зависит от  $C_{lt}$  и  $R_{aw}$ )



# ИВЛ, регулируемая по давлению

- Постоянное давление
- Различная скорость и нисходящий вид инспираторного потока
- Лучшая переносимость, меньше необходимость в седации
- Подаваемый  $V_t$  различен (зависит от  $C_{lt}$  и  $R_{aw}$ )

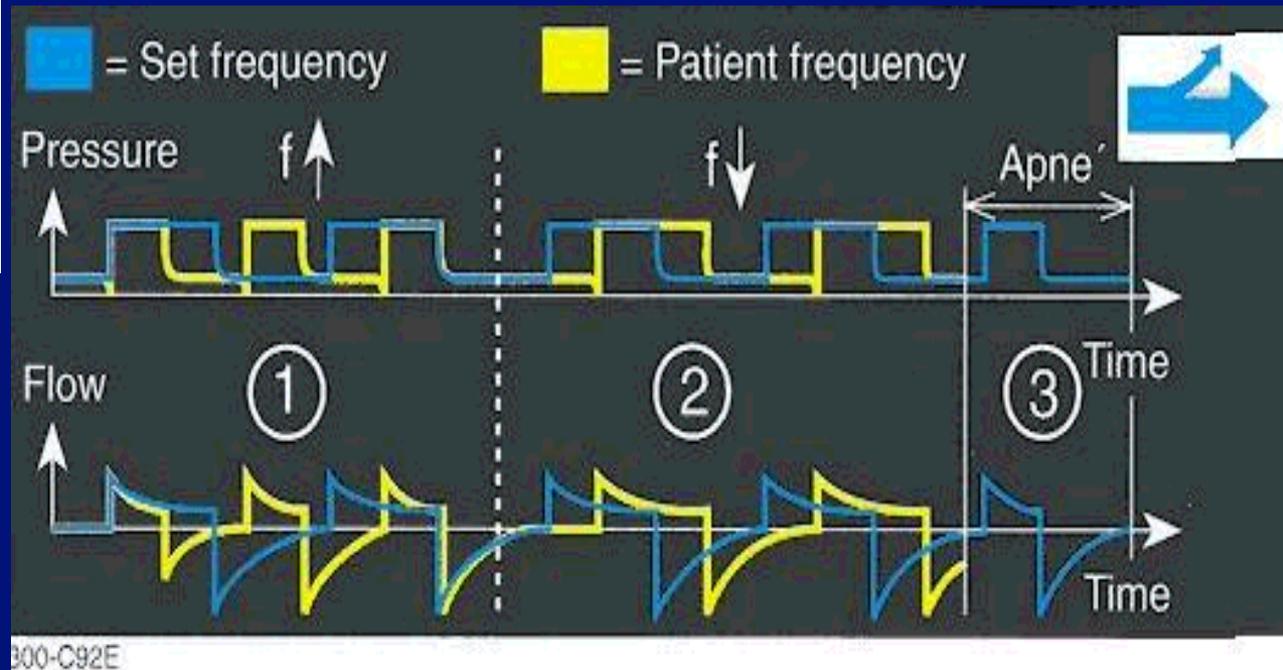
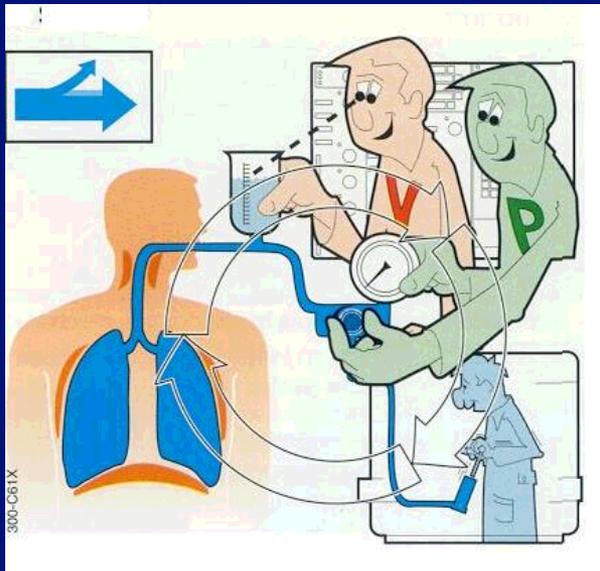


300-0784

# Преимущества и недостатки различных путей регуляции дыхательного объема

Регуляция «по объему»	Регуляция «по давлению»
Преимущества	
Поступление постоянного ДО в каждый дыхательный цикл	Меньшее число осложнений, связанных с баротравмой
Прямой контроль вентиляции	Лучшее распределение вентиляции
Недостатки	
Возможность создания чрезмерно высокого давления для доставки необходимого ДО	Значительные колебания ДО в зависимости от механических свойств легких пациента
Большое число осложнений, связанных с баротравмой	

# Методы ИВЛ (по объему)

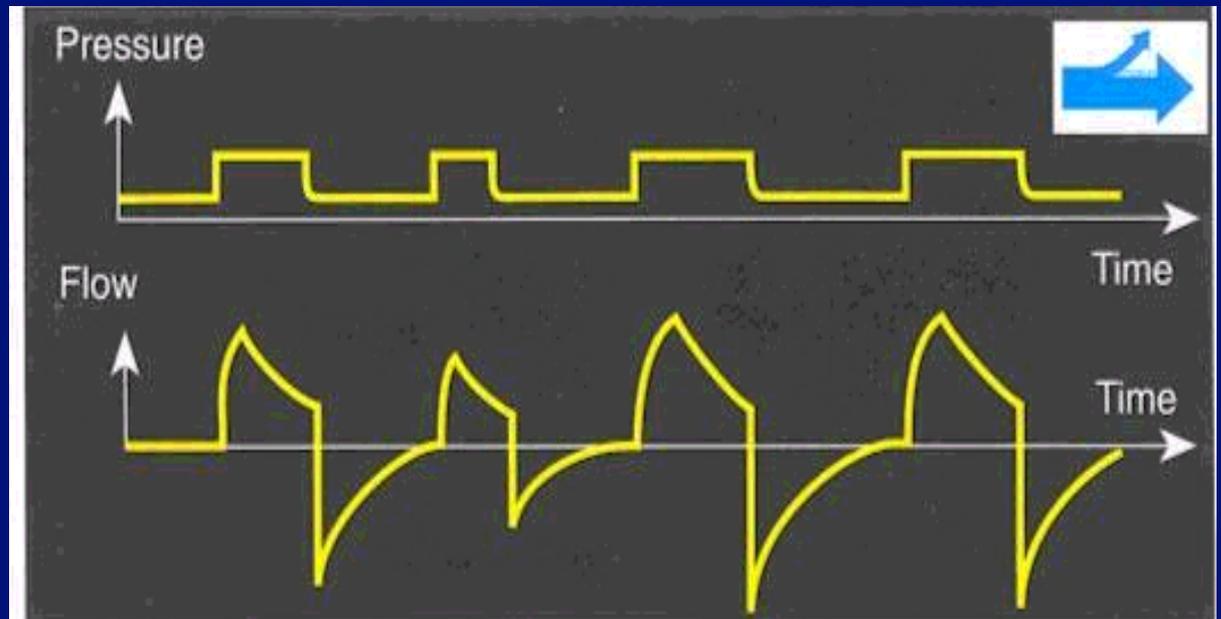
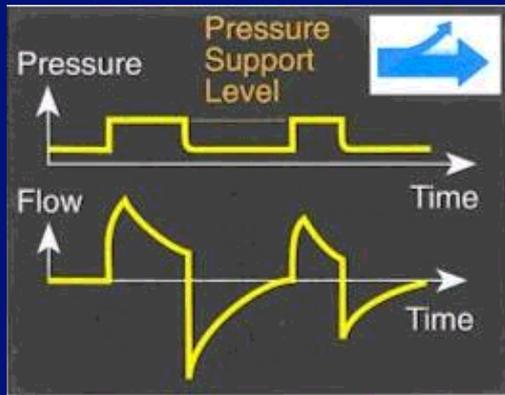


# Методы (режимы) ИВЛ (по давлению)

Контролируемая по давлению вентиляция (РС)

- Цикличность 1: время\пациент
- Регуляция: давление
- Цикличность 2: время
  
- Вариабельный поток, определяется только респиратором
- Режимы: A\C, SIMV

# Методы (режимы) ИВЛ (по давлению) - PSV



# PSV

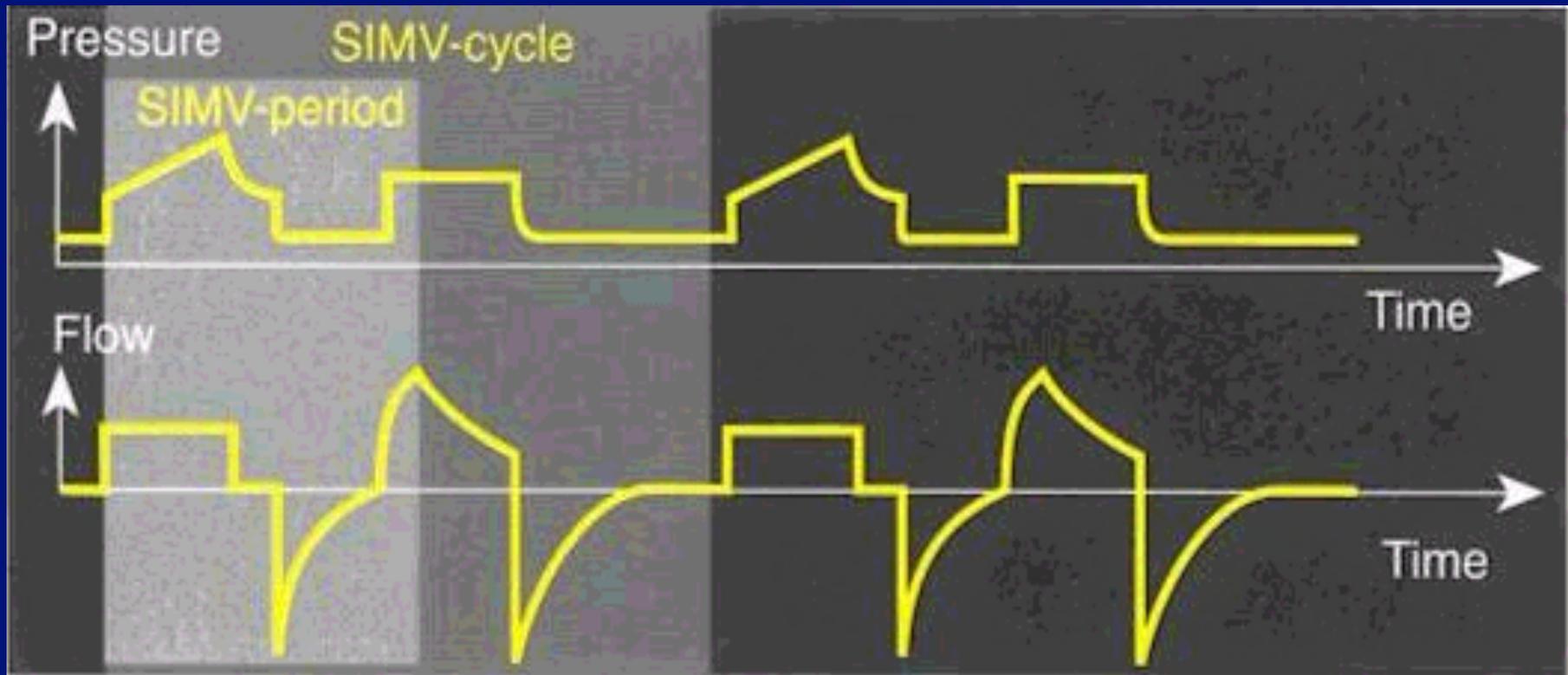
- Цикличность 1: пациент
- Регуляция: давление
- Цикличность 2: пациент\время
- Различное время вдоха и частота
- Время вдоха – от PIP, механики

# Варианты модификации

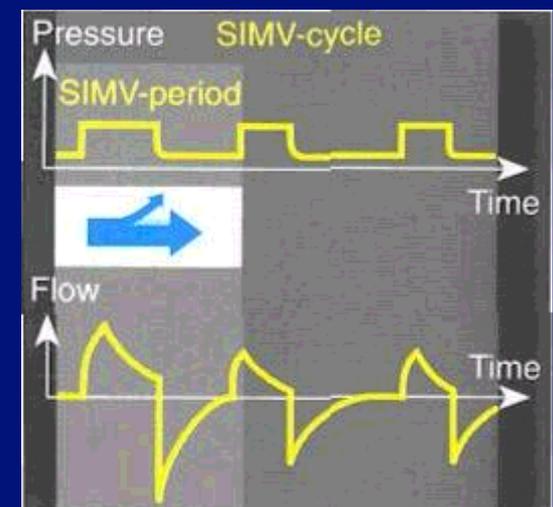
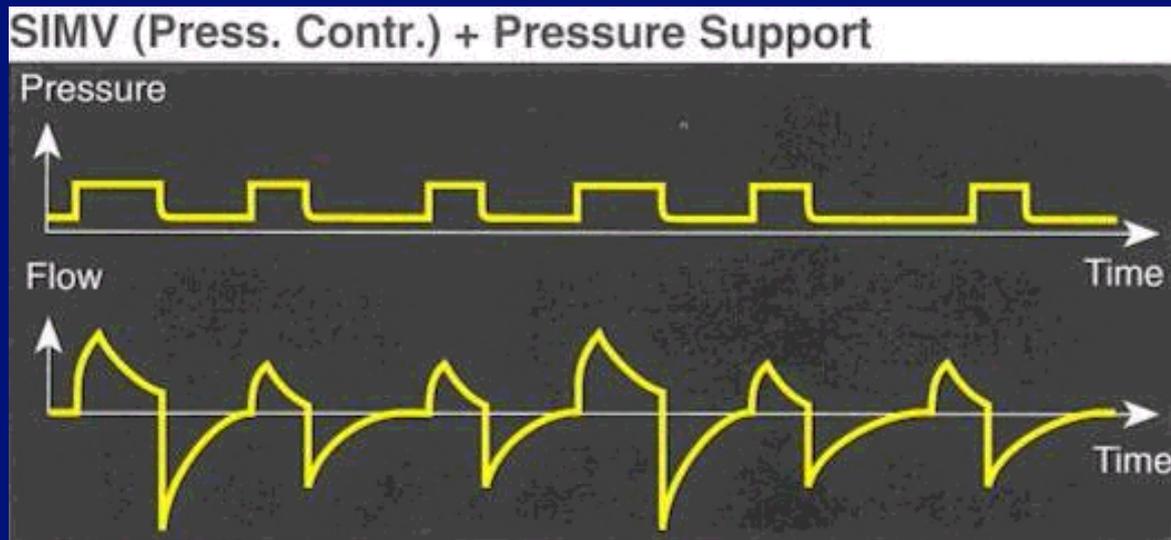
Формы волны инспираторного потока:

- Постоянный («квадратная» волна»
  - Восходящий
  - Нисходящий
  - Синусоидальный
- 
- Создание фазы плато
  - Изменение скорости прироста потока

# Комбинированные режимы - SIMV (Vol. Contr.) + PS



# Комбинированные режимы - SIMV (Press. Contr.) + PS



# Комбинированные режимы (PRVC)

- Цикличность 1: пациент (давление или поток)  
  \ время
- Регуляция: объем
- Цикличность 2: время
- Врачом устанавливается:
- Частота вентиляции и время вдоха
- дыхательный объем или МВЛ
- Дыхательный объем гарантирован за счет изменений максимального давления на вдохе

# Комбинированные режимы (VAPS)

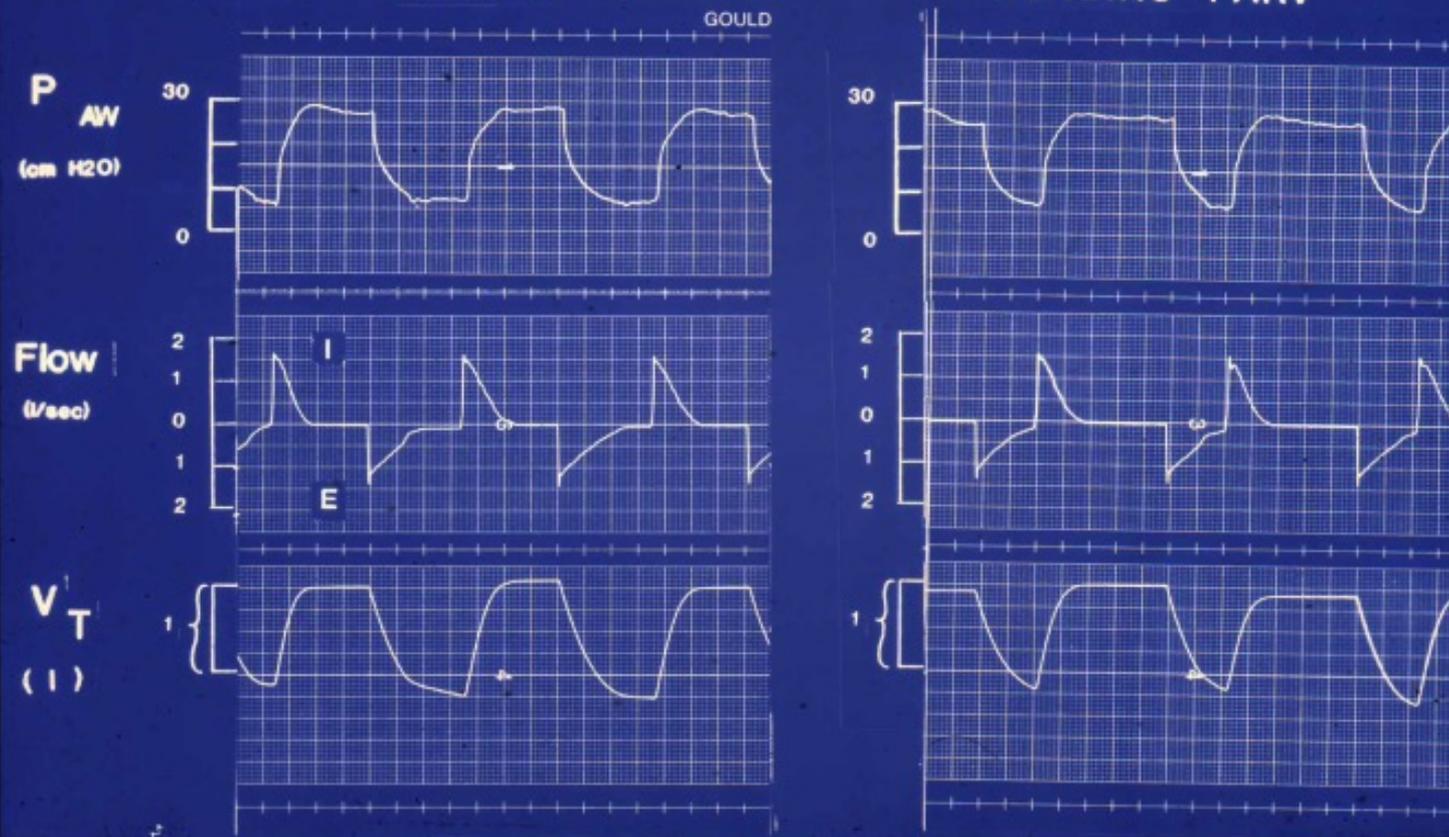
- Цикличность 1: пациент (поток)
- Регуляция: давление + гарантия ДО
- Цикличность 2: пациент (поток)\ДО
- Различное время вдоха, частота

# Механическая вентиляция контролируемая давлением

## PRESSURE CONTROLLED MECHANICAL VENTILATION

I/E-RATIO 1:1

I/E-RATIO >1 /IRV



# Лучшее в классической ИВЛ

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

# Продолжение следует

