

**ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России**

# **Современная концепция вентиляции легких**



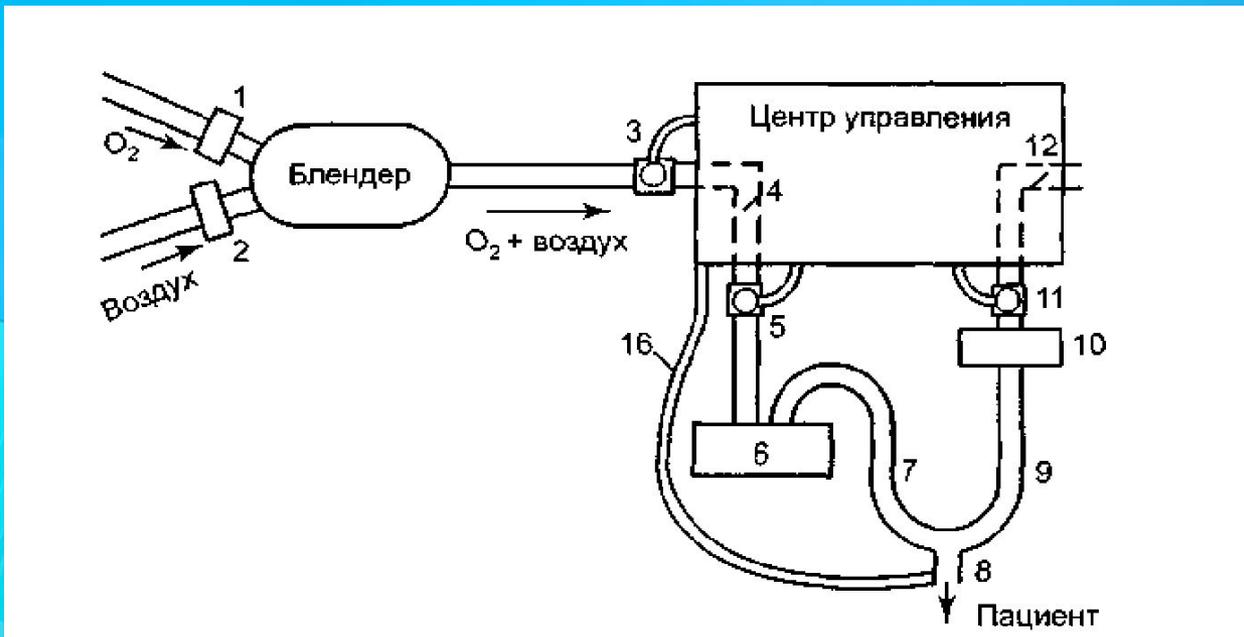
**Ассистент кафедры  
анестезиологии и реаниматологии,  
к.м.н. Власов Александр Сергеевич**

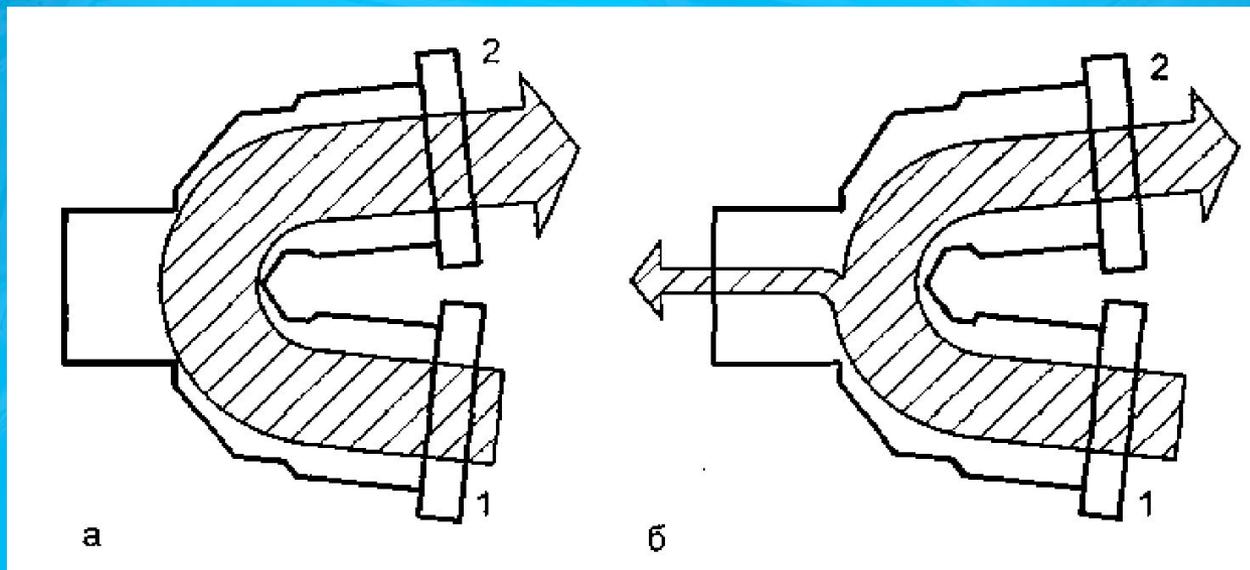
**Респираторная поддержка – это механические методы или комплекс методов, предназначенных для частичного или полного протезирования системы внешнего дыхания (желаемого уровня альвеолярной вентиляции, газообмена и вентиляционно - перфузионных отношений в легких).**



# Принципы устройства респираторов

- центр управления;
- источники медицинских газов;
- смеситель кислорода и воздуха;
- устройства для увлажнения и очистки дыхательной смеси;
- дыхательный контур с клапанами вдоха и выдоха
- датчики контроля потока и давления





**а - пациент не дышит: поток на вдохе равняется потоку на выдохе;**

**б - пациент делает вдох: поток на вдохе больше потока на выдохе.**

**1 - датчик потока в колене вдоха дыхательного контура;**

**2 - датчик потока в колене выдоха дыхательного контура.**

**Основную задачу, которую решает респиратор, можно сформулировать следующим образом:**

**- респиратор должен смешать в заданных пропорциях воздух и кислород, очистить и увлажнить их, после чего подать под положительным давлением в дыхательные пути больного согласно определенному алгоритму.**

**При этом аппарат ИВЛ должен осуществлять контроль безопасности всех производимых им действий.**

# Современные подходы к проведению респираторной поддержки:

- 1. Облегчение непереносимой больным работы дыхательной мускулатуры.**
- 2. Предупреждение повреждения легких во время ИВЛ (баротравма, волюмотравма, ателектотравма, биотравма, оксигенотравма).**
- 3. Обеспечение оксигенации.**
- 4. Поддержание вентиляции (выведения углекислоты).**

# Согласно современным рекомендациям

- Для предупреждения баротравмы альвеолярное давление должно быть ограничено величиной 30 см вод. ст.
- Для непораженных легких безопасен вдуваемый респиратором объем 8 - 9 мл/кг. При развитии острого респираторного дистресс-синдрома дыхательный объем должен быть снижен до 6 мл/кг.
- Для предупреждения ателектотравмы используют маневры открытия легких – рекрутмента. Современные исследования показывают, что обязательным является установка PEEP на уровне не менее 5 - 8 см вод. ст.
- Согласно современным рекомендациям, достаточно поддерживать напряжение кислорода в артериальной крови (раO<sub>2</sub>) на уровне 58 - 60 мм рт. ст., что соответствует насыщению гемоглобина кислородом 88 - 90%. Допустимой гиперкапнией признается уровень напряжения углекислоты в артериальной крови (раCO<sub>2</sub>) 80 - 100 мм рт. ст. при условии его постепенного повышения. pH плазмы артериальной крови на уровне не менее 7,2.

# **Основные положения респираторной поддержки в настоящее время:**

- 1. Практически полный отказ от нетриггированной вентиляции с максимальным вниманием к сохранению спонтанного дыхания пациента.**
- 2. Особое внимание к предупреждению повреждения легких из-за нерационального выбора параметров ИВЛ.**
- 3. Отказ от стремления к нормализации газообмена и других показателей гомеостаза в пользу так называемых стресс-норм.**

# Народная примета - показания к ИВЛ

**2 раза возникшая мысль:  
«А не пора ли проводить ИВЛ?»**

**Чем позже начнем ИВЛ и  
чем раньше закончим –  
тем лучше!**

**Чем РАНЬШЕ начнем ИВЛ и чем ПОЗЖЕ  
закончим – тем лучше!**

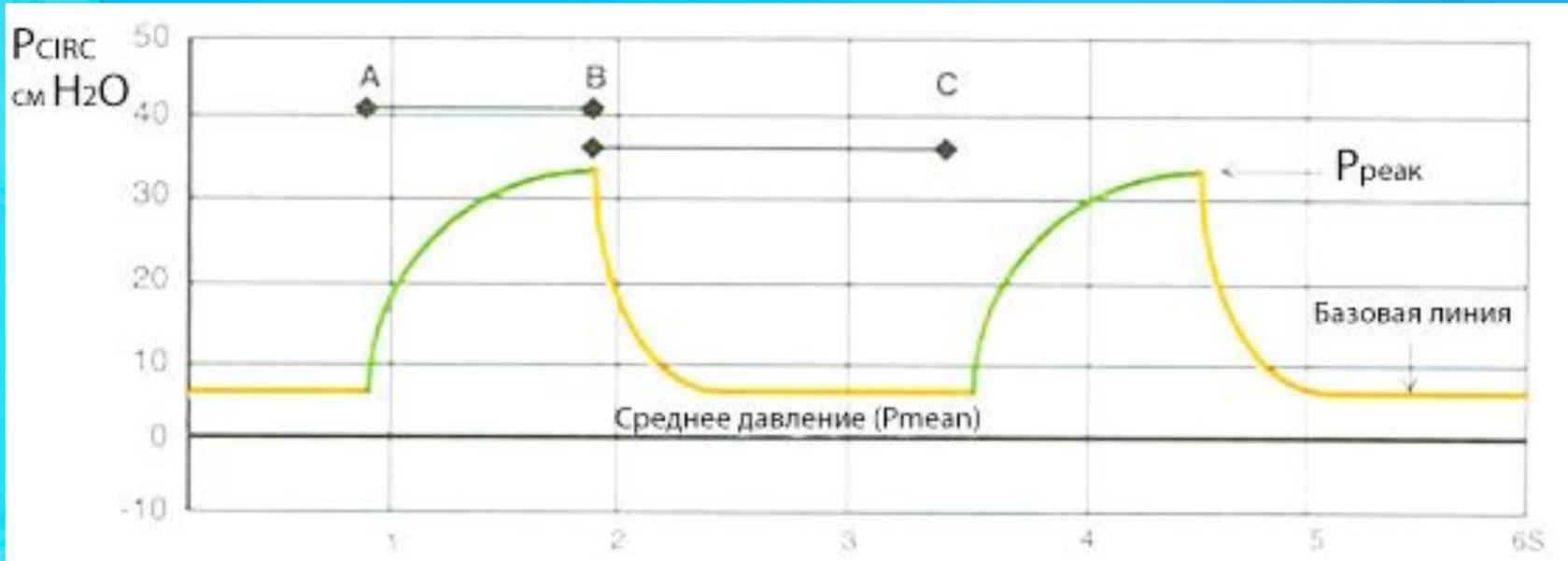
**Алгоритм – это описание**  
**последовательности подачи**  
**серии вдохов.**

**Режим - способ реализации**  
**отдельного механического вдоха**

**Механический вдох.**  
**Как он начинается, как  
осуществляется и как  
заканчивается?**

# Фазы механического вдоха

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



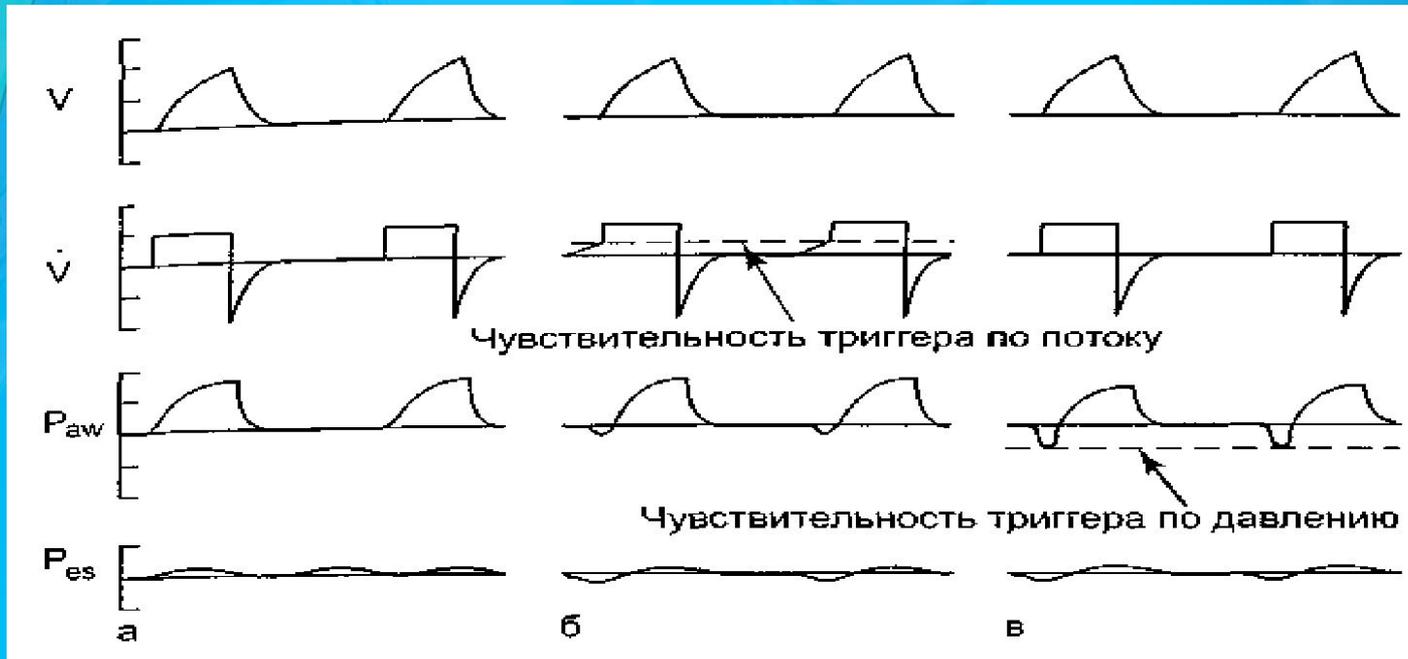
# Характеристики механического вдоха

- 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?

- 1. Тип триггирования (запуска вдоха)**
- 2. Тип доставки дыхательного потока (контроля)**
- 3. 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:

**A - Доставка объема (потока)**  
**Volume (Flow) control (target)**

Устанавливают скорость потока и время его подачи (объем)

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

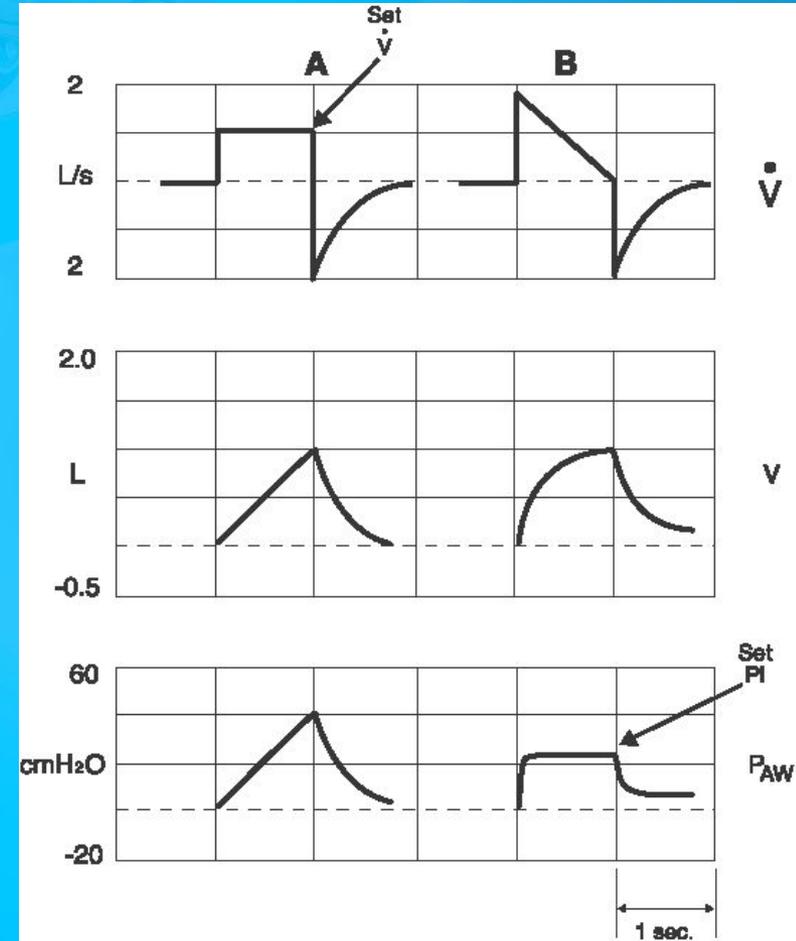
Давление ( $P_{AW}$ ) зависит от механических свойств легких

**B - Доставка (создание) давления в дыхательных путях**

**Pressure control (target)**

Устанавливают давление  $P_{AW}$

Поток и объем зависят от механических свойств легких



Современное определение – вентиляция, контролируемая инспираторным потоком (объемом) или давлением

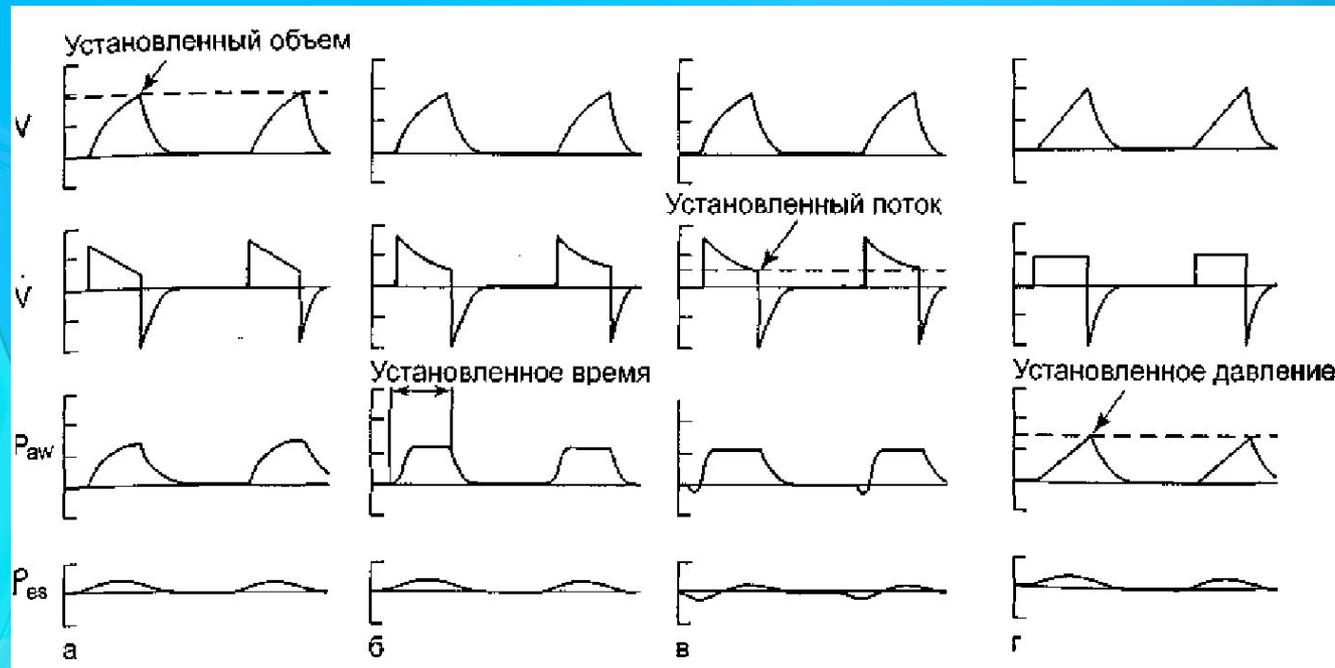
# Основные типы циклирования

**A** - по достижении заданного объема Volume cycled

**B** – по достижении установленного времени Time cycled

**C** – по достижении заданного потока Flow cycled

**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)»

- Основной – Flow cycled (Страховочный – volume cycled)

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

# **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

- Assist Control «Контролируемая поддержка» – обязательные вдохи не реже установленной частоты (только обязательные вдохи)
- IMV «перемежающаяся обязательная вентиляция» & SIMV «Синхронизированная перемежающаяся обязательная вентиляция» - 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)

$F$  - пиковый поток (40 л/мин)

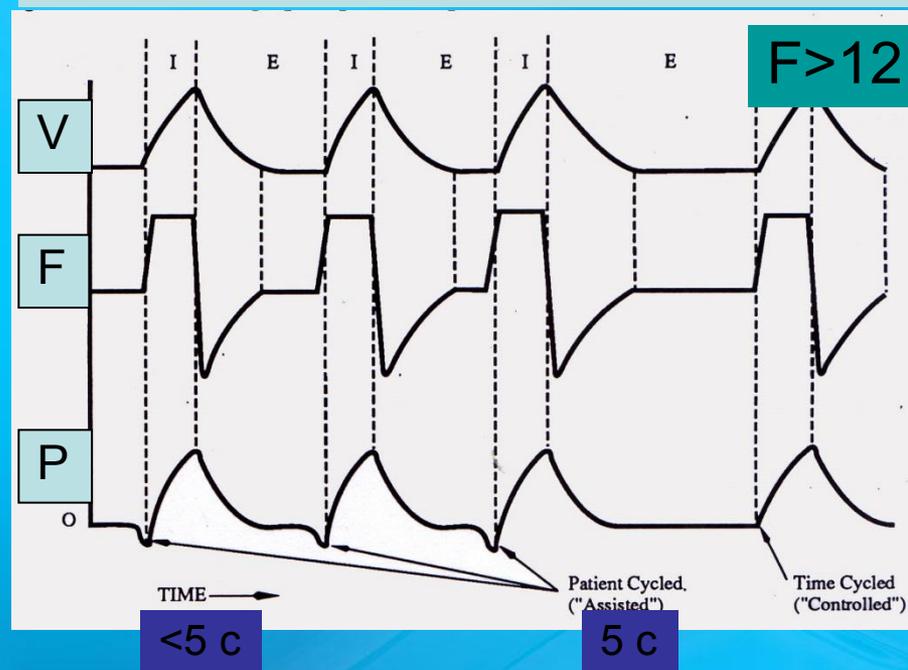
PEEP – давление в конце выдоха (5  $cm H_2O$ )

Пауза вдоха - 0

Тревоги по объему и ограничение по давлению

Sensitivity – 3  $cm H_2O$ , 2 л/мин  
ЧД – не менее  $f$ .

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled, pressure (MAX) - cycled
- Все вдохи – обязательные



# IMV (Intermittent Mandatory Ventilation)

## – устарелый режим

$f$  – число дыханий (12)

$V_t$  - дыхательный объем (600 мл)

$F$  - пиковый поток (40 л/мин)

PEEP – давление в конце выдоха (5 см  $H_2O$ )

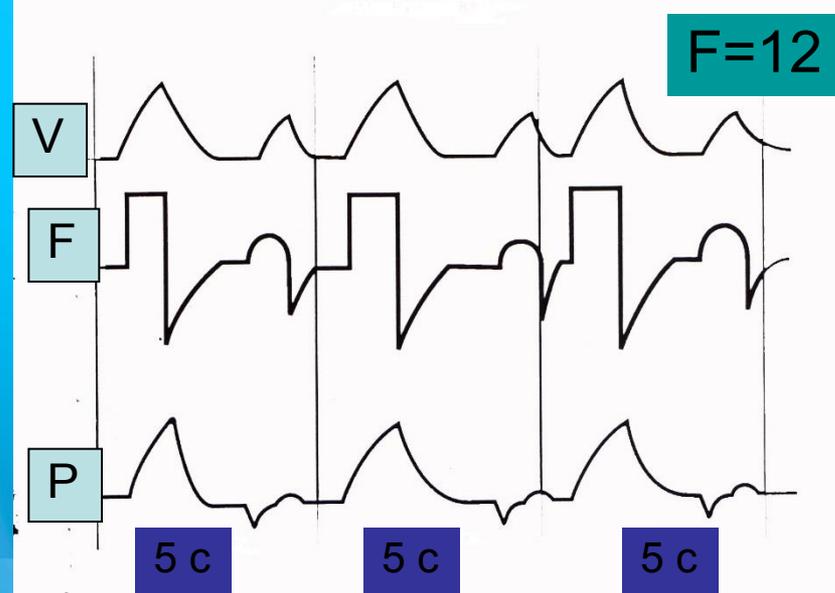
Пауза вдоха - 0

Тревоги по объему и ограничение по давлению

ЧД =  $f$  (обязательные) + спонтанные

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

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled, pressure (MAX) - cycled
- Обязательный вдох несинхронизирован и наступает в начале периода 60 сек/ $f$



# SIMV (Synchronized IMV) – на примере 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

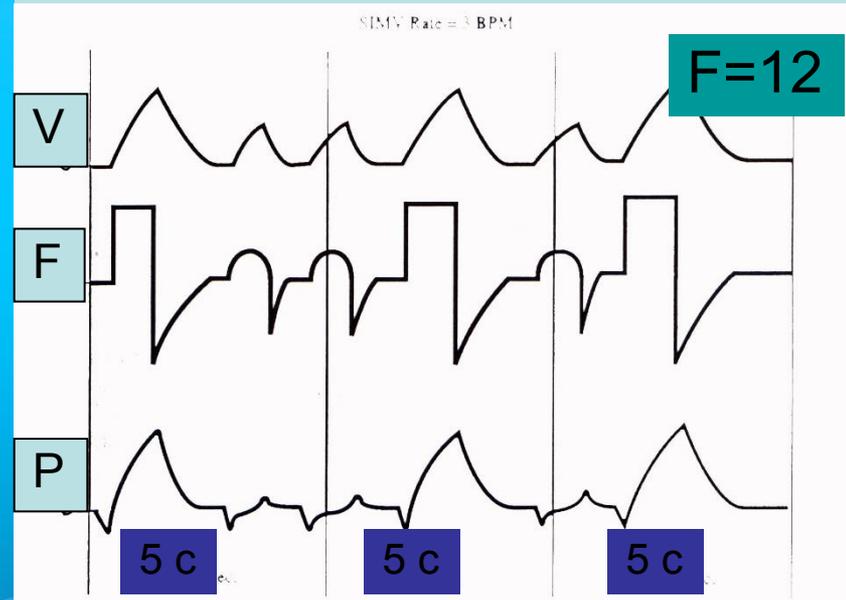
Sensitivity – 3 *cm H<sub>2</sub>O*, 2 л/мин

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, pressure (MAX) - cycled
- Обязательный вдох синхронизирован и наступает в любой момент периода 60 сек/ $f$



# Классические режимы ИВЛ



# Обязательные вдохи

- контролируемые по объему – режим **Volume Control** («нулевой» триггер по времени), **Volume assist** (триггер по давлению или потоку)

- контролируемые по давлению, режим **Pressure Limited Ventilation** и **Pressure Control**



# CMV (Control Mechanical Ventilation) – контролируемая обязательная вентиляция

## IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation перемежающаяся вентиляция под положительным давлением

**f** – число дыханий (12-14)

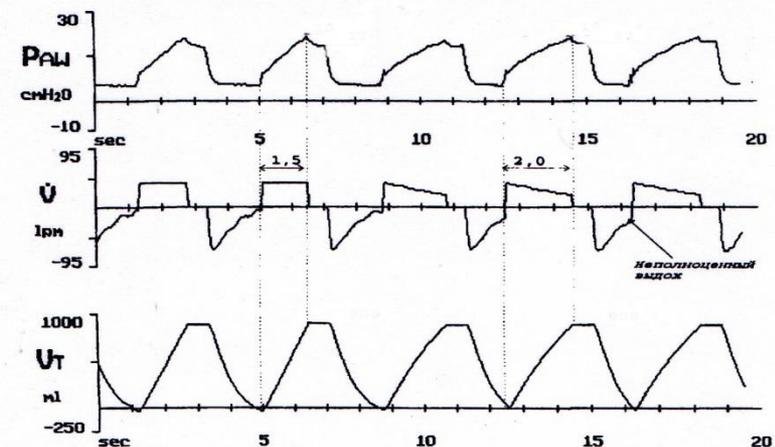
**V<sub>t</sub>** - дыхательный объем  
(600-700 мл) 8-9 мл/кг

**F** - пиковый поток (40  
л/мин)

**PEEP** – давление в конце  
выдоха (5-8 см H<sub>2</sub>O)

Тревоги по объему и  
ограничение по давлению

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled, pressure (MAX) – cycled
- При отсутствии триггированных вдохов



# 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)

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

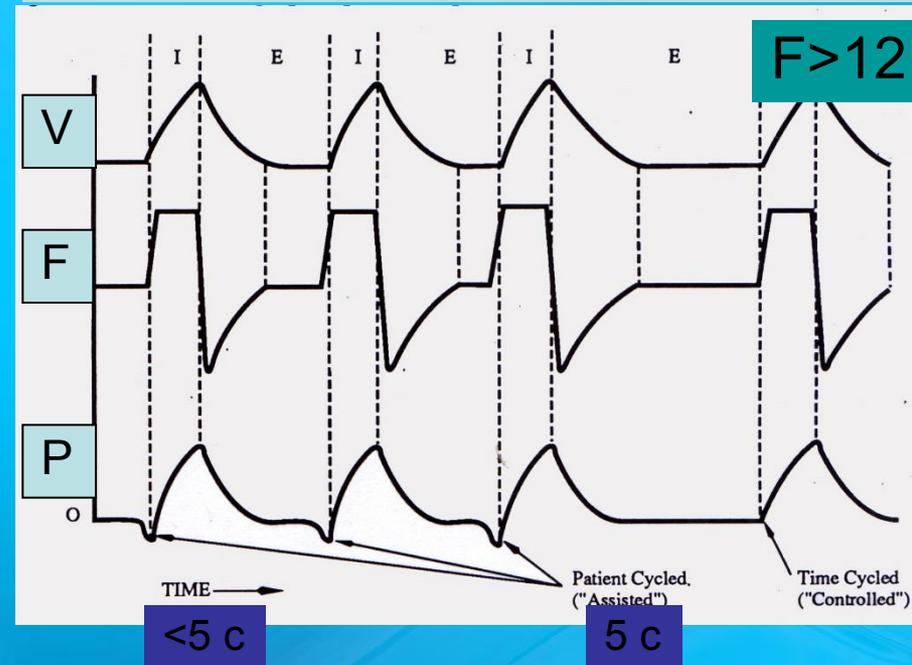
Пауза вдоха - 0

Тревоги по объему и  
ограничение по давлению

Sensitivity – 3  $cm H_2O$ , 2 л/мин

ЧД – не менее  $f$ .

- Flow-controlled
- Volume-cycled, time-cycled, pressure (MAX) - cycled
- Все вдохи – обязательные



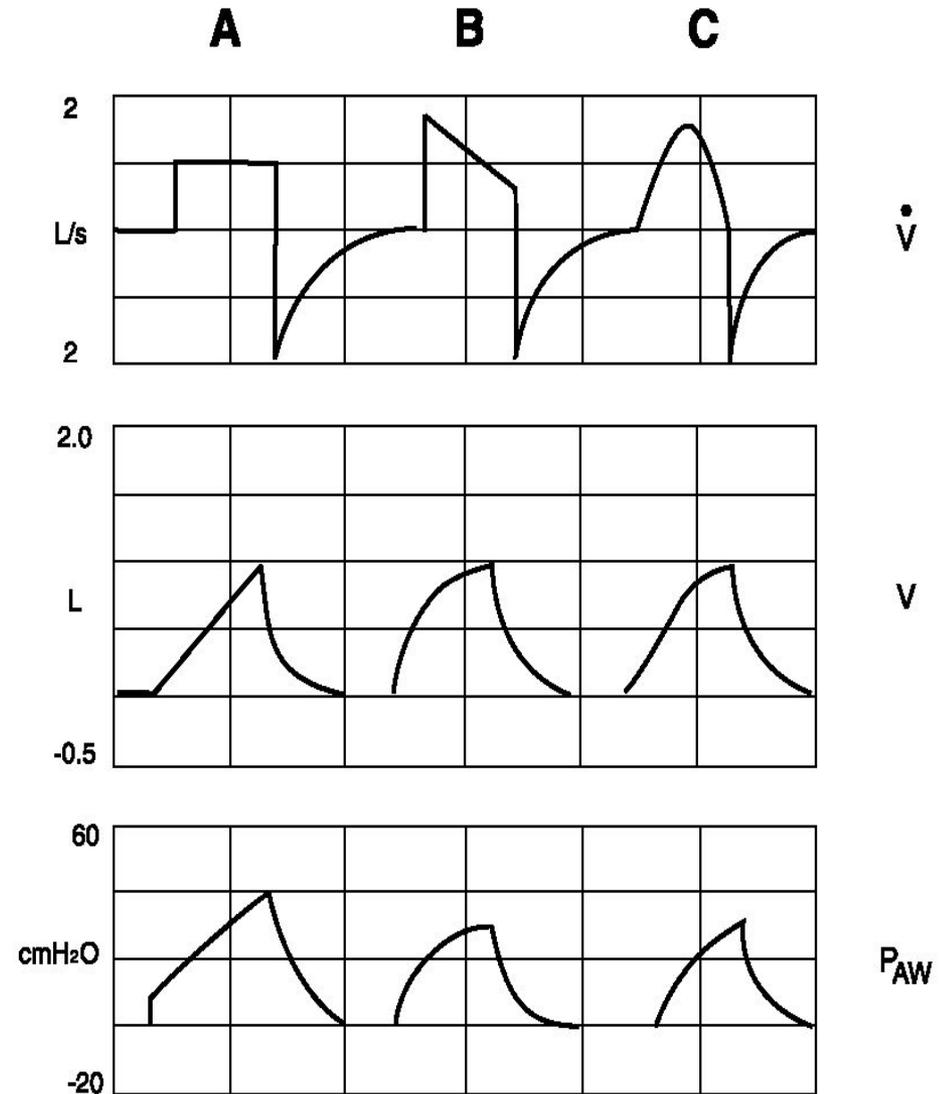
# Формы потока в режимах по объему

**A - Квадратный**

**B - Нисходящий** –

предпочтительный из-за меньшего  $P_{AW}$  и лучшего распределения газовой смеси в легких

**C - Синусообразный**



# Клиническое применение различных параметров Volume Control

$V_T$

8-9 мл/кг - здоровые легкие  
5-6 мл/кг - ОПЛ, ОРДС (волютравма)  
гиповолемия

F

20-30 л/мин - ОПЛ, ОРДС (баротравма)  
35-45 л/мин - норма  
70-100 л/мин - 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

PEEP

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

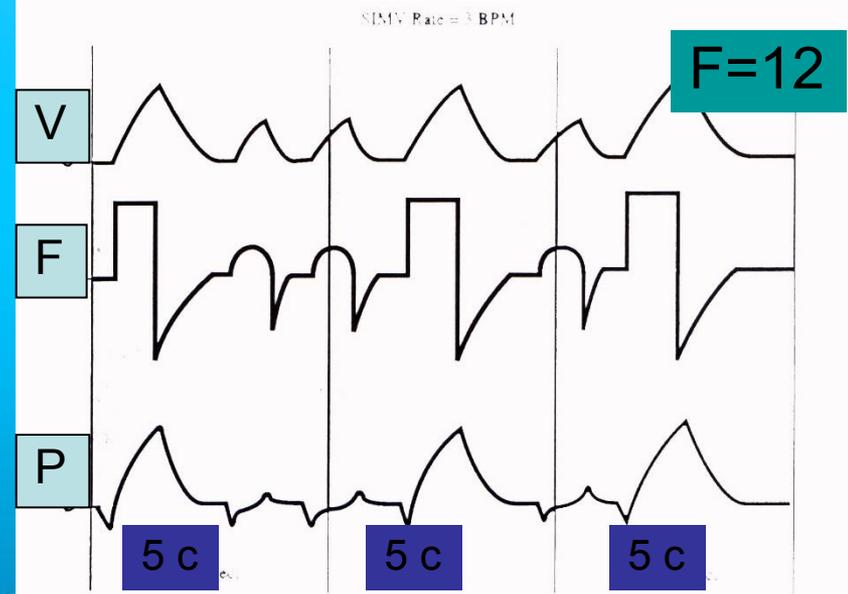
Sensitivity – 3  $cm H_2O$ , 2 л/мин

ЧД =  $f$  (обязательные) +  
спонтанные

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

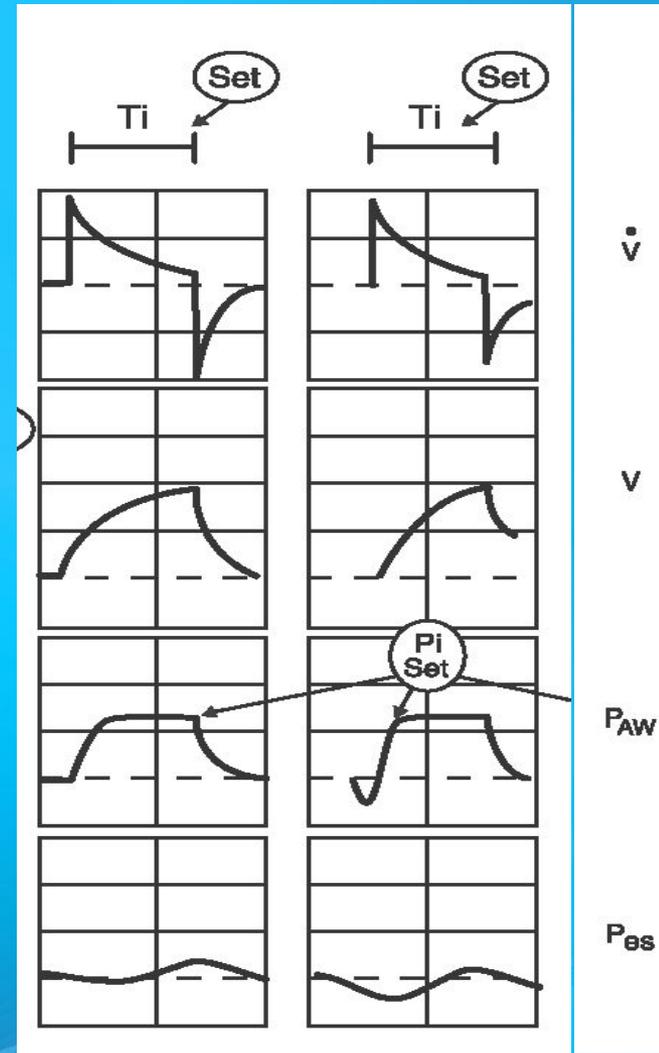
При  $f = 0$  – CPAP (Continuous  
Positive Airway Pressure)

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



# Вдохи по давлению

- **Pressure Limited Ventilation** – режим вентиляции, ограниченной по давлению.
- **Pressure Control.**

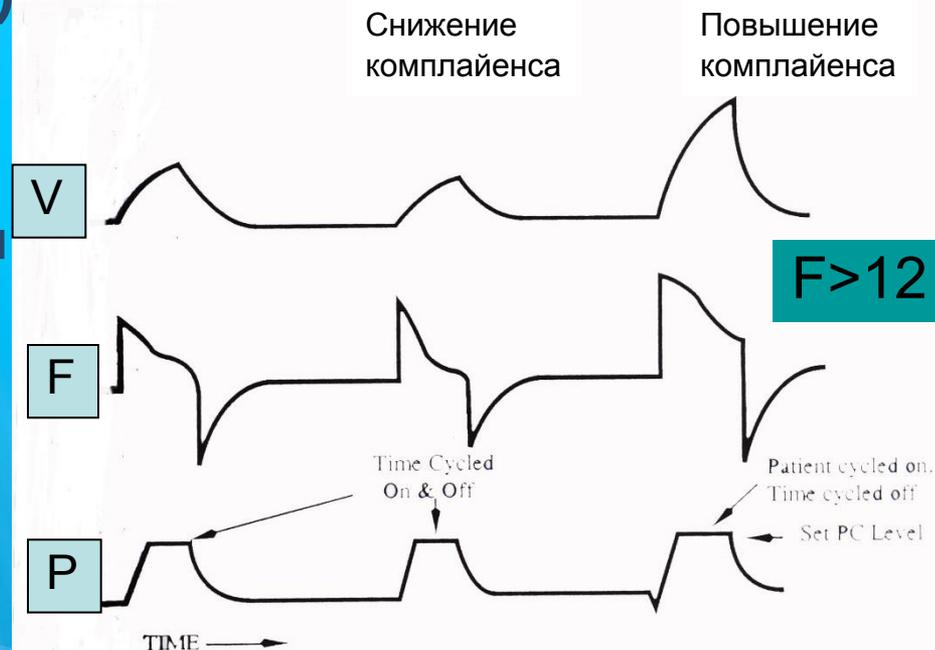


# Режим Pressure Limited Ventilation (PLV)

**f** – число дыханий (12-14)  
**P**- давление вдоха 20 -25  $cm H_2O$ ,  
**PEEP** - 5-8 см вод. ст.  
**t** – время вдоха (0,5-0,8 сек)  
**Inspiratory Rise**  
**Тревоги по объему**

**Sensitivity** – 3  $cm H_2O$ , 2 л/мин  
**ЧД**- не менее f

- Pressure-controlled
- Переключение: time-cycled, реже – flow-cycled, pressure cycled
- Все вдохи - обязательные

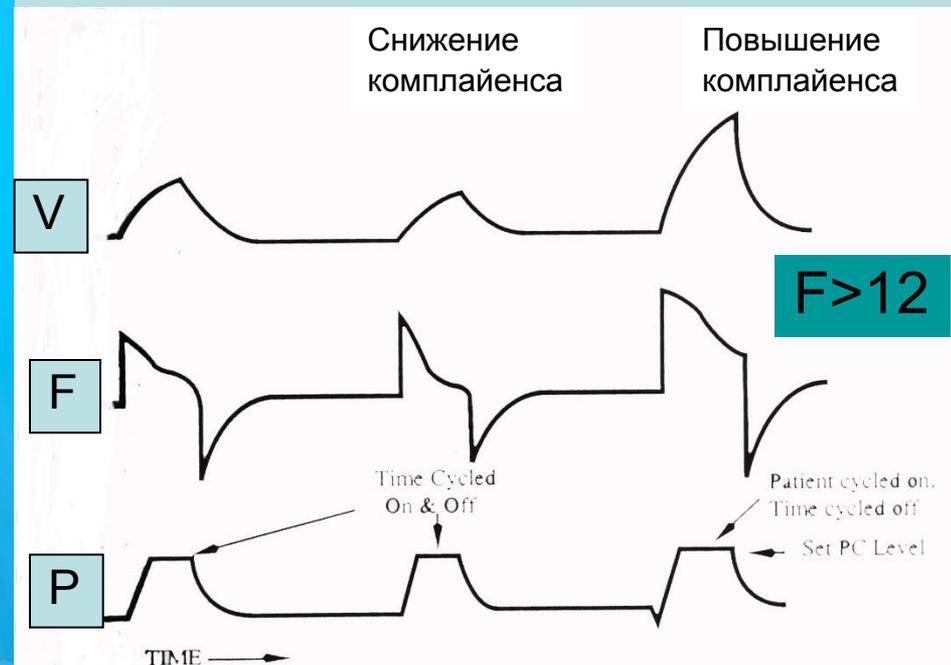


# Pressure Control

**f** – число дыханий (12-14)  
**P<sub>insp</sub>** – давление в дыхательных путях (15-18 *см H<sub>2</sub>O*)  
**t** – время вдоха (0,7-0,8 сек)  
**PEEP** - 5-8 *см H<sub>2</sub>O*  
**Inspiratory Rise**  
**Тревоги по объему**

**Sensitivity** – 3-4 *см H<sub>2</sub>O*, 1,5- 2 л/мин  
**ЧД**- не менее **f**

- Pressure-controlled
- Переключение: time-cycled, реже – flow-cycled, pressure cycled
- Все вдохи - обязательные



# Клиническое применение Pressure Control

- исключает опасность баротравмы
- способствует хорошему распределению кислородно-воздушной смеси в дыхательной системе и обычно хорошо адаптирован к потребностям больного
- снижение податливости легких, механические препятствия для поступающей дыхательной смеси вызывают снижение МОД > к гипоксии и гиперкапнии при некорректных установках тревог

# Клиническое применение различных параметров Pressure Control

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

# Вдохи по требованию

- Pressure support (PS) - «поддержка давлением»
- Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) «режим постоянного положительного давления в дыхательных путях»
- Spontaneous



# Pressure Support (PS)

**P** – давление в дыхательных путях выше PEEP (15 cm H<sub>2</sub>O)

**PEEP** – давление в конце выдоха (5 cm H<sub>2</sub>O)

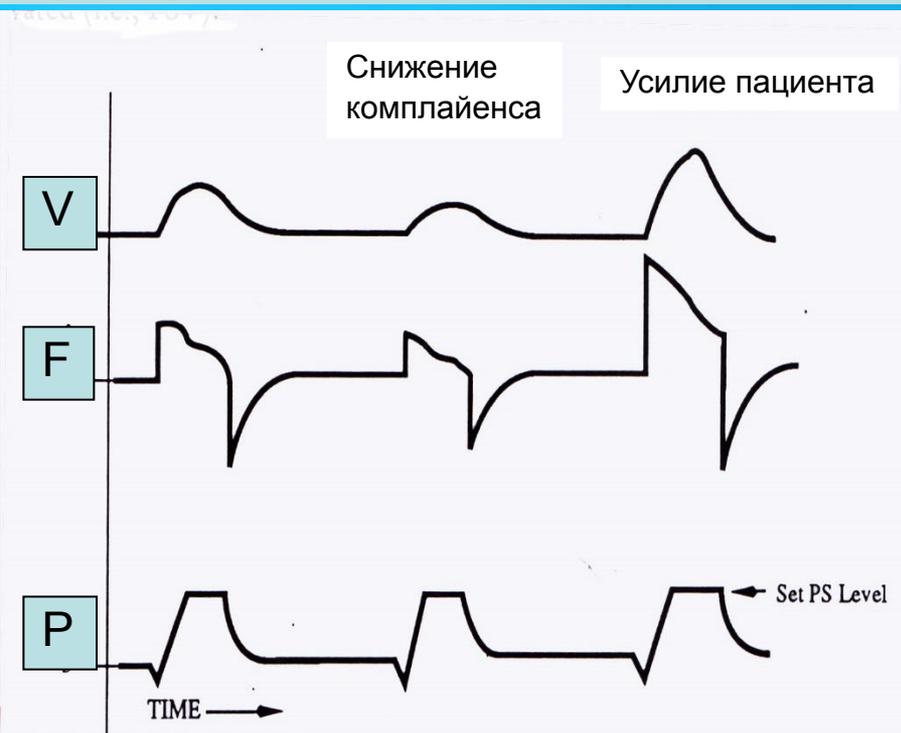
**Тревоги по объему**

**Sensitivity** – 3 cm H<sub>2</sub>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<sub>insp</sub>**

**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)**

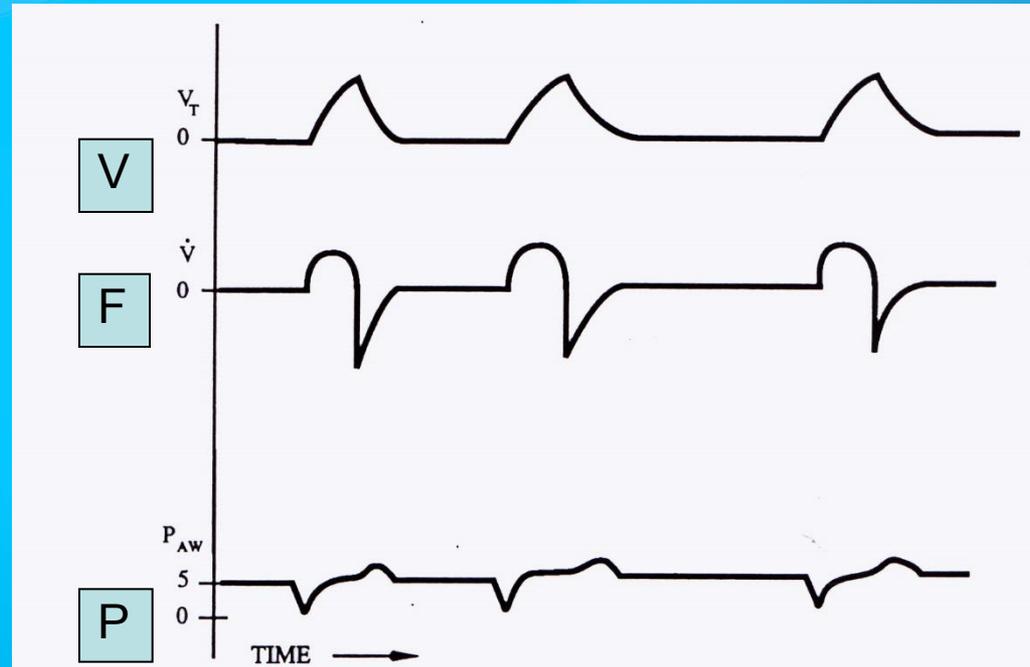
**5-6 см вод.ст. – норма**

**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)
- PEEP – давление в конце выдоха (5 cm H<sub>2</sub>O)
- Тревоги по объему и ограничение по давлению
- Sensivity – 3 cm H<sub>2</sub>O, 2 л/мин
- ЧД = спонтанные ВДОХИ



# 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...**

# ИВЛ – искусство основанное на физиологии



Каждому  
больному  
индивидуальный  
режим

Каждому режиму  
индивидуальные  
параметры

Правильно  
подобранные  
режим и параметр  
ИВЛ – 50% успеха