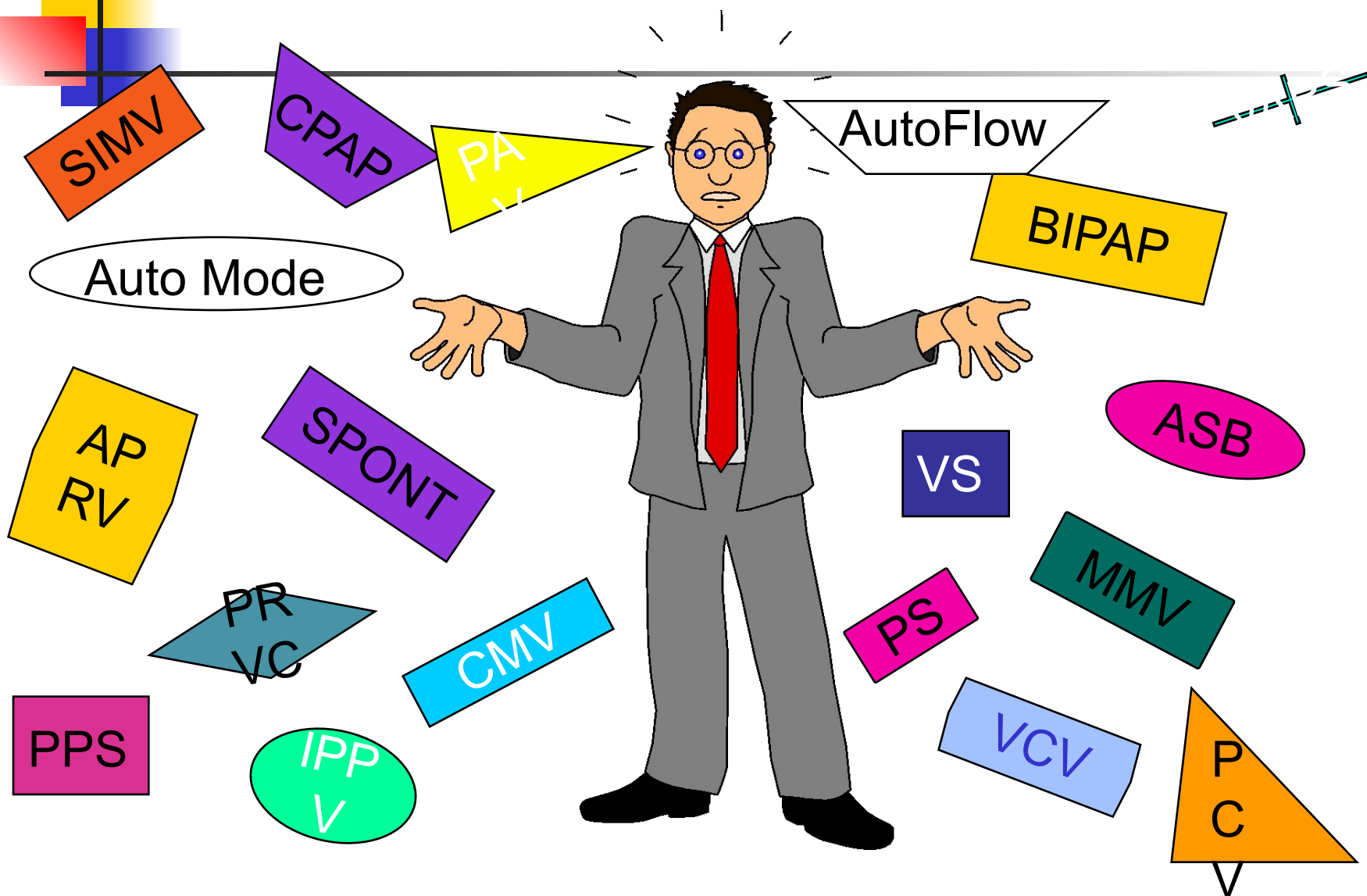


# Аппаратная конвективная вентиляция легких

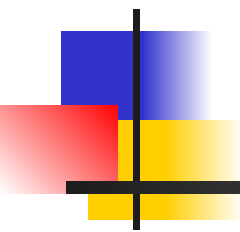


О.В.Военнов,  
2017 г.

# Как это применять?



# АВЛ

- 
- 
- ИВЛ с помощью высокотехнологических микропроцессорных устройств – аппаратов ИВЛ (респираторов)



# АВЛ

---

## 1. Конвективная с ППД:

- Инвазивная
- Неинвазивная

## 2. Высокочастотная

- струйная
- инъекционная
- осцилляторная

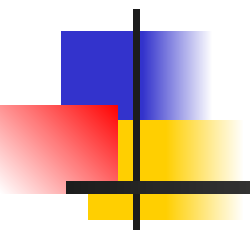


# Цель АВЛ

---

- Симптоматическое и/или этиопатогенетическое замещение/протезирование внешнего дыхания и газообмена
- Нормализация метаболизма/гемодинамики/уровня сознания

# Задачи АВЛ

- 
- 
1. нормализация механики дыхания и уменьшение работы дыхательной мускулатуры
  2. предупреждение повреждения легких
  3. нормализация газового состава крови
  4. адаптация дыхательной смеси



# Материально-техническое обеспечение АВЛ

---

- Фармакологическое обеспечение перевода на АВЛ (атропин, гипнотики, миорелаксанты)
- Расходные материалы (дыхательный контур, фильтры, фильтры ТВО, искусственный воздуховод ЭТТ/ТСТ, гибкий соединитель)
- Аппарат ИВЛ

# Технологические основы АВЛ

- Программы управления ЕДЦ
- Способы управления ЕДЦ (VC, PC, DC)
- Алгоритмы дыхания (CMV, A/C, IMV, SIMV, SIMV+PS, CSV)
- Паттерны дыхания
- Логические схемы управления аппаратом ИВЛ





# Режим АВЛ

---

- Комбинация ЕДЦ с различными программами триггирования, лимитирования, циклирования с алгоритмами дыхания и логическими схемами управления



# Режим АВЛ

---

- 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).



# Режим АВЛ

---

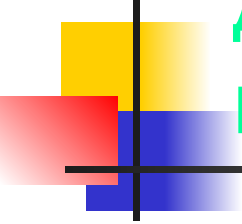
1. Способ формирования или управления единичным дыхательным циклом;
  2. Способ формирования дыхательного ритма или согласования вдохов;
  3. Фазовые переменные, характеризующие единичный вдох (триггер, лимит, циклирование, базовое давление)
- VC-SIMV+PS

# Классификация режимов АВЛ



---

- 1) Режимы с контролем единичного цикла по объёму (лимитирование потоком, циклирование объёмом, сетпойнт):
  - VC-A/C
  - VC-CMV
  - VC-SIMV
  - VC-SIMV+PS



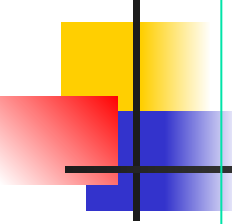
## 2) Режимы с контролем ЕДЦ по давлению (лимитирование давлением, циклирование по времени, сетпойнт)

---

- PC-A/C
- PC-CMV
- PC-SIMV
- PC-SIMV+PS
- BIPAP (PC-SIMV+2PS)

### 3) Режимы с двойным контролем ЕДЦ (вентиляция автосетпойнт)

- PLV (лимитирование давлением, циклирование объёмом или лимитирование потоком, циклирование объёмом или давлением)
- VAPS (лимитирование потоком, циклирование объёмом или лимитирование давлением, циклирование потоком)



#### 4) Режимы с двойным контролем от цикла к циклу (адаптивная вентиляция)

---

- PRVC (тестовый VCV, основной PCV)

#### 5) Оптимальная адаптивная вентиляция (ASV, ISV)

#### 6) Поддержка спонтанного дыхания:

- с одним уровнем давления CPAP
- с двумя уровнями давления BiPAP
- с циклированием по потоку (PS, PAV, VS)



# Аппарат ИВЛ

---

- Обеспечивает газообмен (МВ) между внешней средой и альвеолярным пространством легких
- Управляет концентрацией кислорода во вдыхаемой смеси
- Адаптирует вдыхаемую смесь (увлажняет, согревает, защищает)
- Спирометрия



# Повреждение лёгких ассоциированные/индуцированные

- Избыточное повышение давления в альвеолах (баротравма легких),
- Поступление избыточного объема воздуха в легких (волюмотравма)
- Повторение циклов закрытия–раскрытия альвеол (ателектотравма)
- Гипероксигенация
- Инфекционные

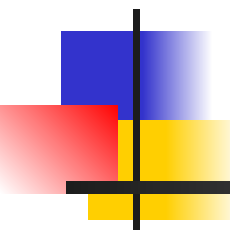
# Концепция профилактики вентилятор-индуцированных повреждений лёгких



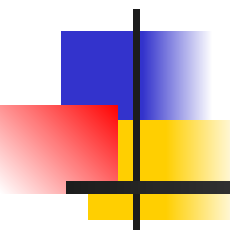
---

- Протективная вентиляция лёгких
- «открытыми отдыхающими легкими» («open lung rest») (Plytz F. et al., 2004).

# Основными предпосылками протективной вентиляции легких являются:

- 
- Малые дыхательные объемы ( $V_T$  6-9 мл/кг)
  - Низкие пиковые давления  $P_{aw}$  ( $PAI$ )
  - $PEEP$  больше чем  $CCP$ -давление закрытия ( $CCP$ - critical closing pressure)
  - $PCV$  – в виде основного вентиляционного режима ИВЛ
  - Минимально-допустимая  $FiO_2$

# Концепция «безопасной ИВЛ»

- 
- 1) пиковое давление в дыхательных путях не более 35 см вод. ст.;
  - 2) дыхательный объём не более 6-9 мл/кг массы тела;
  - 3) частота дыхания и минутный объём вентиляции минимально необходимые, для поддержания  $P_aCO_2$  на уровне 34-55 мм рт.ст.;

# Концепция «безопасной ИВЛ»

- 4) скорость пикового инспираторного потока в диапазоне от 30-40 до 70-80 л/мин;
- 5) профиль инспираторного потока нисходящий;
- 6) фракция кислорода в дыхательной смеси минимально необходимая для поддержания достаточного уровня оксигенации артериальной крови и транспорта кислорода к тканям;

# Концепция «безопасной ИВЛ»

7) выбор PEEP в соответствии с НТП;

8) отношение вдох/выдох не инвертировать  
отношение вдох/выдох более 1,5:1;

9) синхронизация больного с респиратором  
использование седативной терапии и при  
необходимости непродолжительной  
миоплегии, а не длительной  
гипервентиляцией.

# Начальные условия вентиляции

- $FiO_2$  – 1 – 0,3
- РЕЕР – 5 см вод. ст
- ДО – 6-9 мл/кг
- Р пик – 15 см вод. ст (+5 к РЕЕР)
- ЧД – 10 – 15
- PS - 15 см вод. ст (+5 к РЕЕР)
- I:E - 1:2
- Триггер потока – 2 л/мин
- Триггер давления – 1 – 3 см вод. ст



# Основные принципы современной респираторной терапии

---

- Адаптация вентилятора к нуждам пациента, а не наоборот
- Использование параметров вентиляции с наименьшими необходимыми пациенту значениями
- Использование режимов с учётом наименьшей необходимой пациенту РП
- Обязательный мониторинг АВЛ (спирометрия, газовый состав крови)

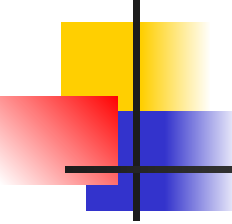




# Этапы проведения АВЛ

---

- Начальный – перевод на АВЛ
- Основной – осуществление АВЛ с учётом потребности пациента в степени респираторной поддержки
- Прекращение АВЛ



# Начальный этап/показания для перевода на АВЛ

---

- Неэффективность внешнего дыхания и газообмена (тахипноэ более 35 в мин, брадипноэ менее 8 в мин, патологические ритмы, артериальная гипоксемия и гиперкапния)
- Депрессия сознания до 9 баллов по ШКГ
- Нарушение рефлексов с ВДП (глотания)



# Начальный этап/показания для перевода на АВЛ

---

- Шок, ОЛЖН
- Метаболические нарушения
- СПОН



# Вопросы обеспечения АВЛ

---

- Санация ДП
- Питание через НГЗ
- Мероприятия по уходу
- Респираторная седация и миорелаксация
- АБТ
- Мониторинг и оптимизация параметров АВЛ



# Мониторинг АВЛ




---

- Спирометрия
- Цифровой мониторинг
- Газовый мониторинг

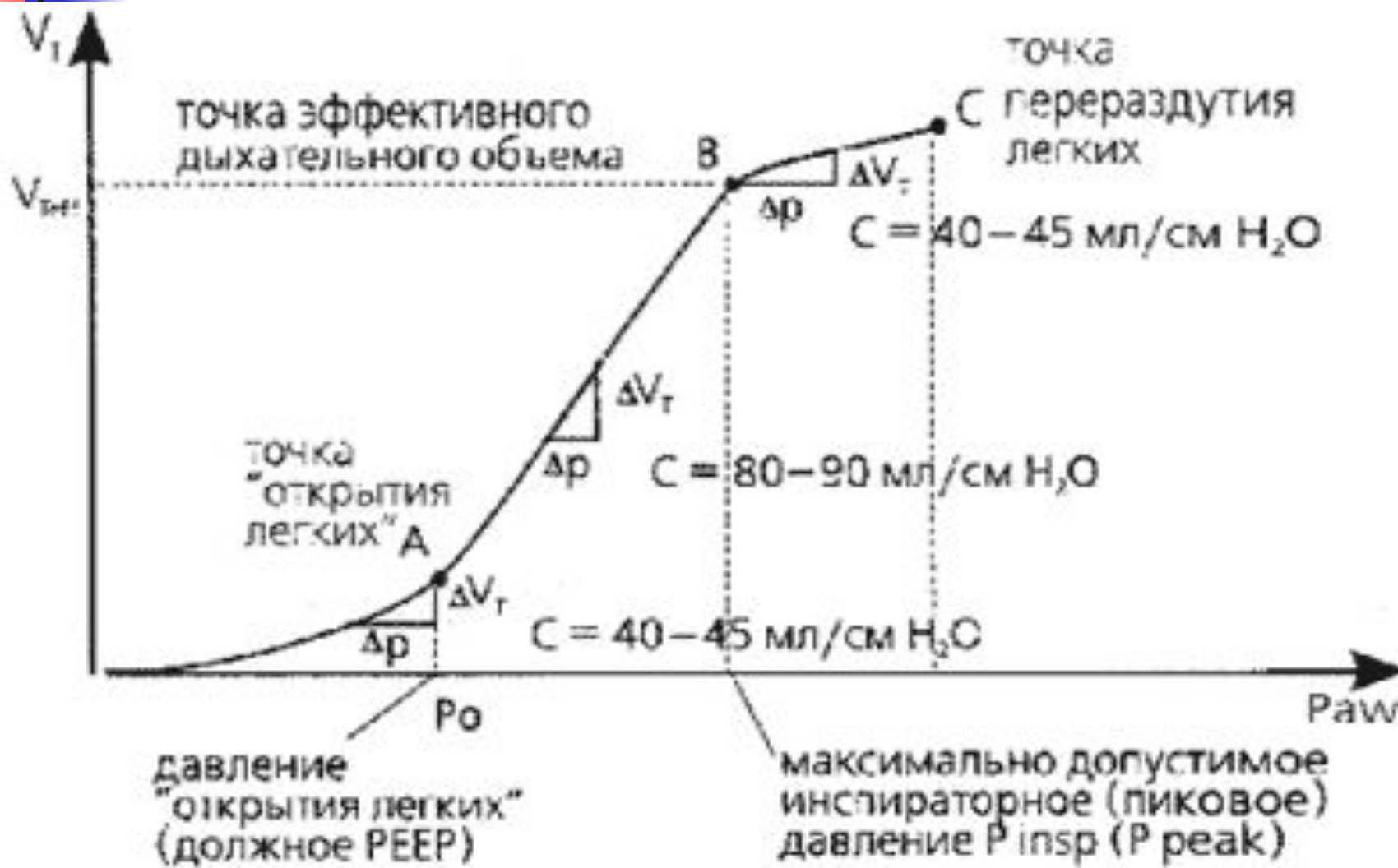


# Спирометрия

---

- Графики зависимости параметра вентиляции от времени
  -  ПОТОК
  -  давление
  -  объём
- График взаимосвязи параметров вентиляции (петли)

# Статическая диаграмма объем - давление (по О.Е. Сатишуру, 2006).





# LIP

---

- При достижении величины давления, соответствующего нижней точке, альвеолы начинают открываться.
- Точка открытия/закрытия альвеол
- Ориентир для установки PEEP



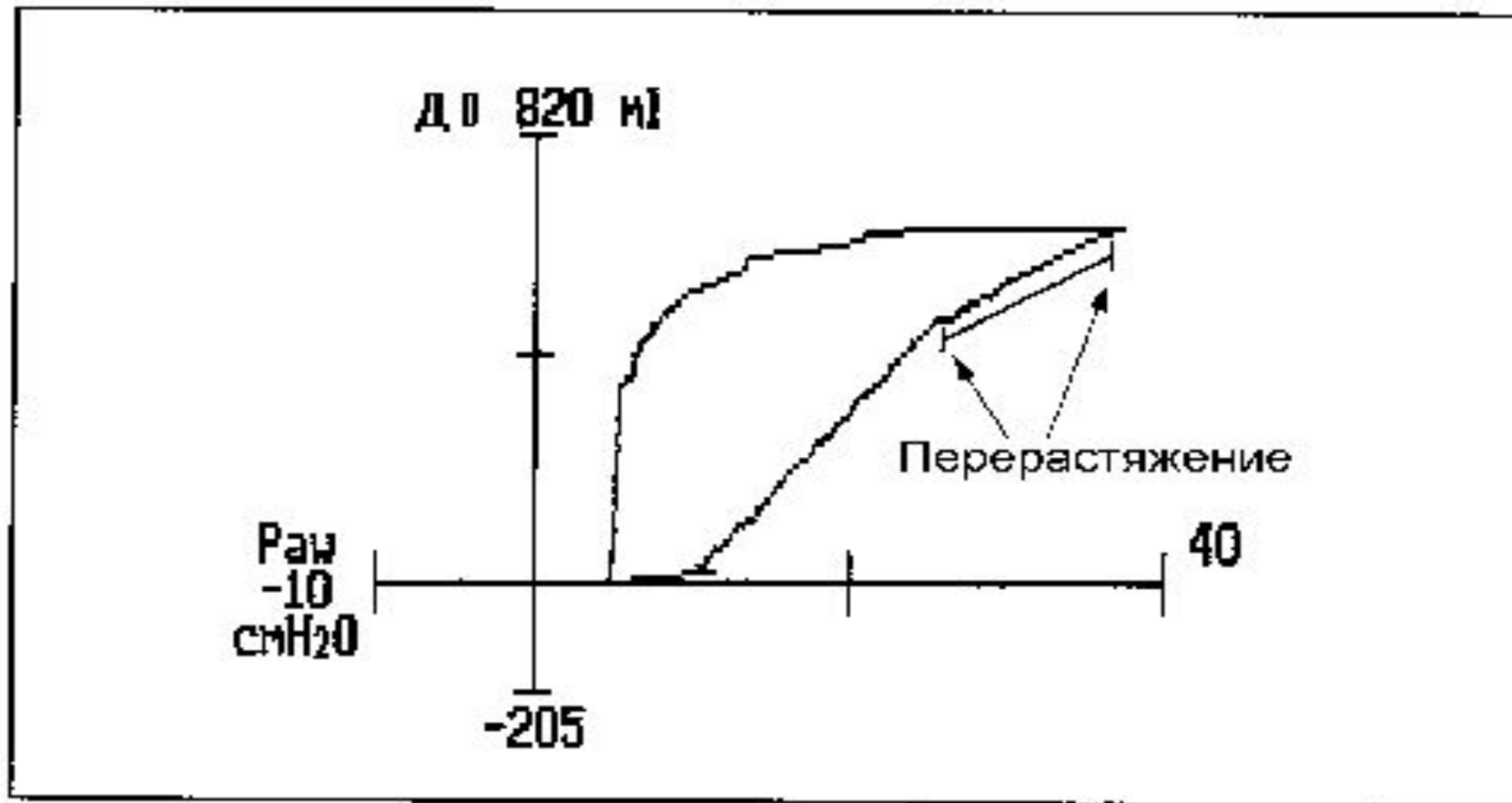


# UIP

---

- При достижении давлением величины, соответствующей верхней точке перегиба, отмечается перерастяжение альвеол.
- Максимальные давления и объём

# Перерастяжение





# Сопротивление в ДП (Raw)

---

- Сопротивление дыхательных путей (R) рассчитывают как частное от деления разницы между  $P_{peak}$  и PEEP на величину пикового потока и характеризует изменения потока под влиянием давления

$$R = (P_{peak} - PEEP) : F$$

- У здоровых взрослых людей  $R = 1,3 - 3,6$  см  $H_2O / (л \cdot c^{-1})$ , у детей –  $5,5$  см  $H_2O / (л \cdot c^{-1})$



# Податливость (C)

---

- Изменение объема легких при изменении давления
- $C = \Delta V / \Delta P$
- Характеризует эластические свойства легких и грудной клетки
- S – образная графическая зависимость – релаксационная кривая легких



# Эластичность

---

- Величина обратная податливости
- Мера упругости - отражает способность лёгких к сохранению своих форм и размеров
- Чем больше эластичность, тем меньше податливость
- Жёсткие лёгкие – низкая податливость, но большая эластичность



# Постоянная времени

---

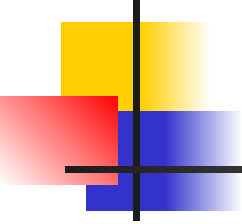
- Производство комплайенса и сопротивления в дыхательных путях
- Характеризует время необходимое для вдоха/выдоха при данных  $C$  и  $R$
- $t_e$  – 63% ДО,  $2t_e$  – 85% ДО,  $3t_e$  – 95% ДО,  $5t_e$  – 99,9%



# Диффузия газов

---

- $P_{aO_2}/P_{aCO_2}$
- Индекс оксигенации –  $P_{aO_2}/F_{iO_2}$
- 500
- 300
- 200
- $IO = (P_{aw} \times F_{iO_2})/P_{aO_2}$



---

Капнометрия – измерение содержания (парциального давления) углекислого газа с помощью капнографа

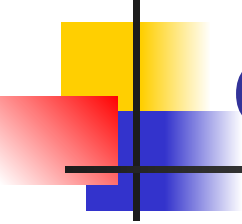




# Оптимизация АВЛ на основном этапе

---

- Выбор способа контроля ДЦ
- Выбор алгоритма дыхания
- Выбор режима
- Оптимизация параметров единичного ДЦ
- Оптимизация МВ



# Выбор способа контроля единичного ДЦ

---

- Рестриктивные нарушения – РС
- Обструктивные нарушения – ВС с  
СТОЯННЫМ ПОТОКОМ
- Церебральные и коронарные больные  
– ВС/РС
- Кома + РДСВ – PRVC
- Преимущества не доказаны !!!



# Выбор алгоритма дыхания

---

- От степени дыхательных усилий пациента и их количества
- A/C
- SIMV
- SIMV+PS
- PS



# Выбор режима вентиляции

---

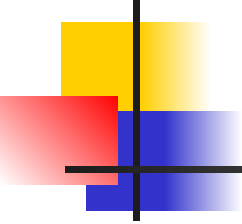
- Создать удобный для больного дыхательный цикл, число вдохов для нормовентиляции с учётом дыхательных усилий больного
- Важен не столько режим, сколько его параметры!!!



# Оптимизация параметров АВЛ

---

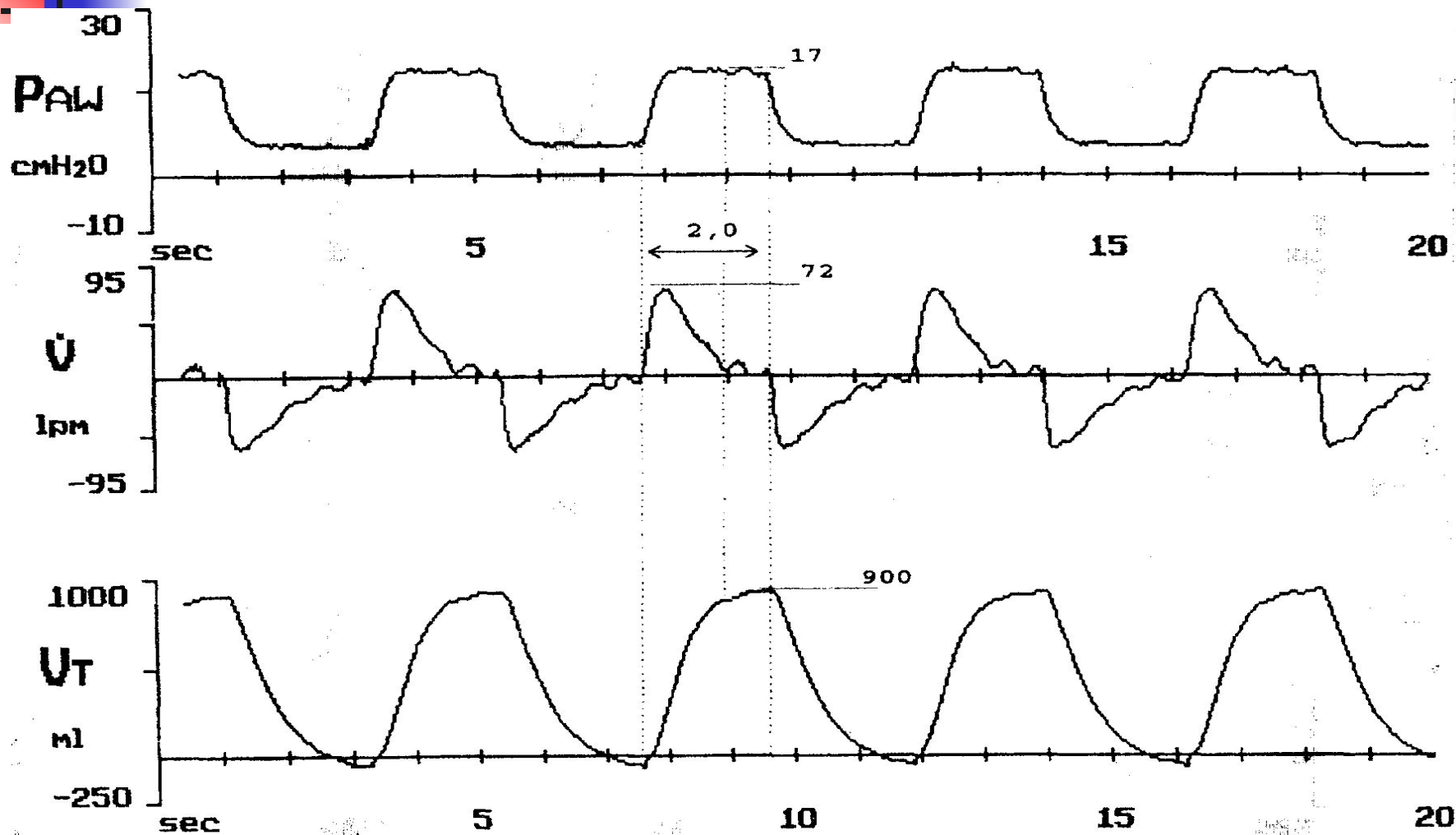
- Время вдоха и выдоха
- Давление вдоха и поддержки
- Скорость доставки вдоха
- Уровень РЕЕР
- Значения ДО



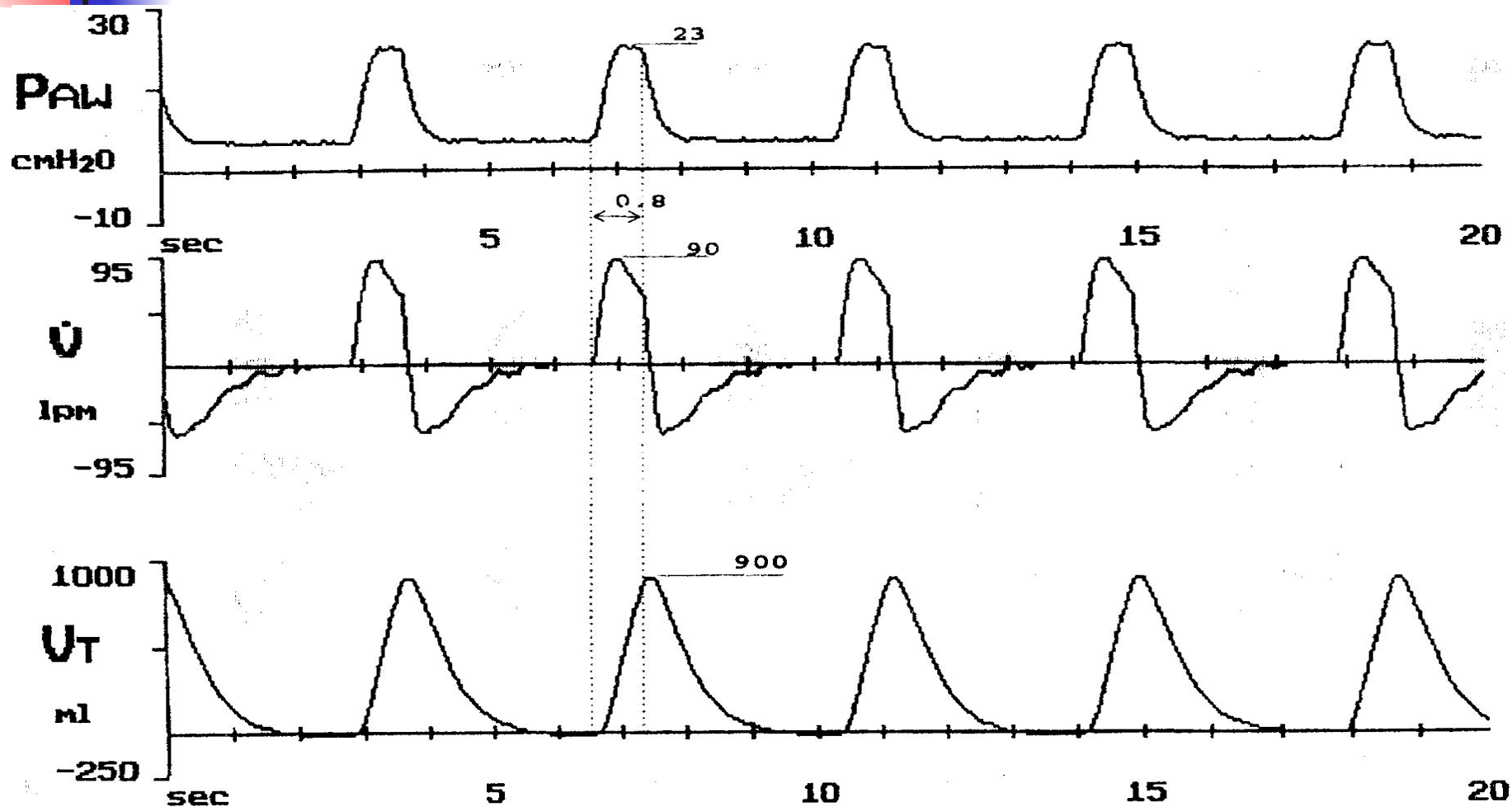
---

*Установка времени вдоха и  
давления на входе при  
вентиляции с управляемым  
давлением (Pressure control  
ventilation)*

# Избыточное время вдоха при Pressure control ventilation

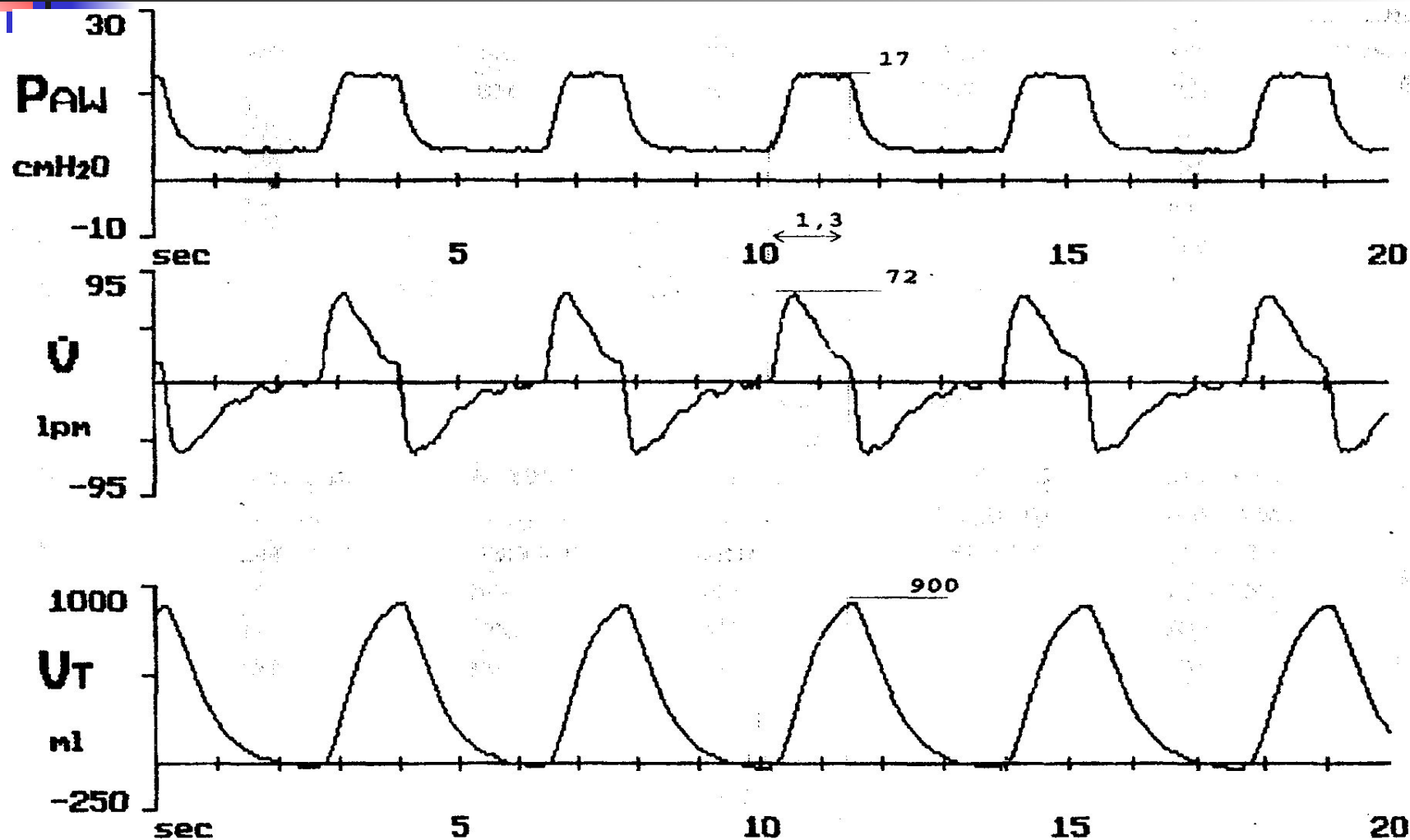


# Избыточное давление на входе при Pressure control ventilation





# Оптимальный выбор давления на вдохе и времени вдоха при Pressure control ventilation





# Время вдоха/выдоха

---

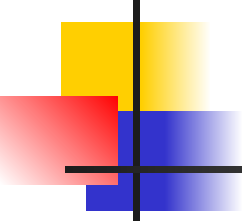
- Длительность вдоха устанавливается по времени достижения потока нулевого значения при установленном параметре  $P_I$  и  $P_{EEP}$
- Обязательно оценивается время достаточности полноценного выдоха по экспираторной части кривой потока



# Давление на вдохе

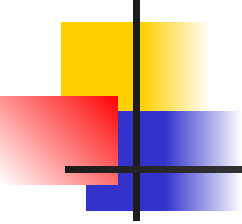
---

- Найти то минимальное давление на вдохе при установленном PEEP при котором будет достигнут минимально необходимый ДО (мл/кг) для достижения минимально необходимой оксигенации артериальной крови



---

*Установка времени вдоха при  
вентиляции с контролем по  
объему*

- 
- 
- Вдох должен начинаться только по завершении выдоха предыдущего ДЦ
  - Время вдоха должно быть достаточным для обеспечения ДО при заданном потоке и не увеличивать PIP до опасного уровня

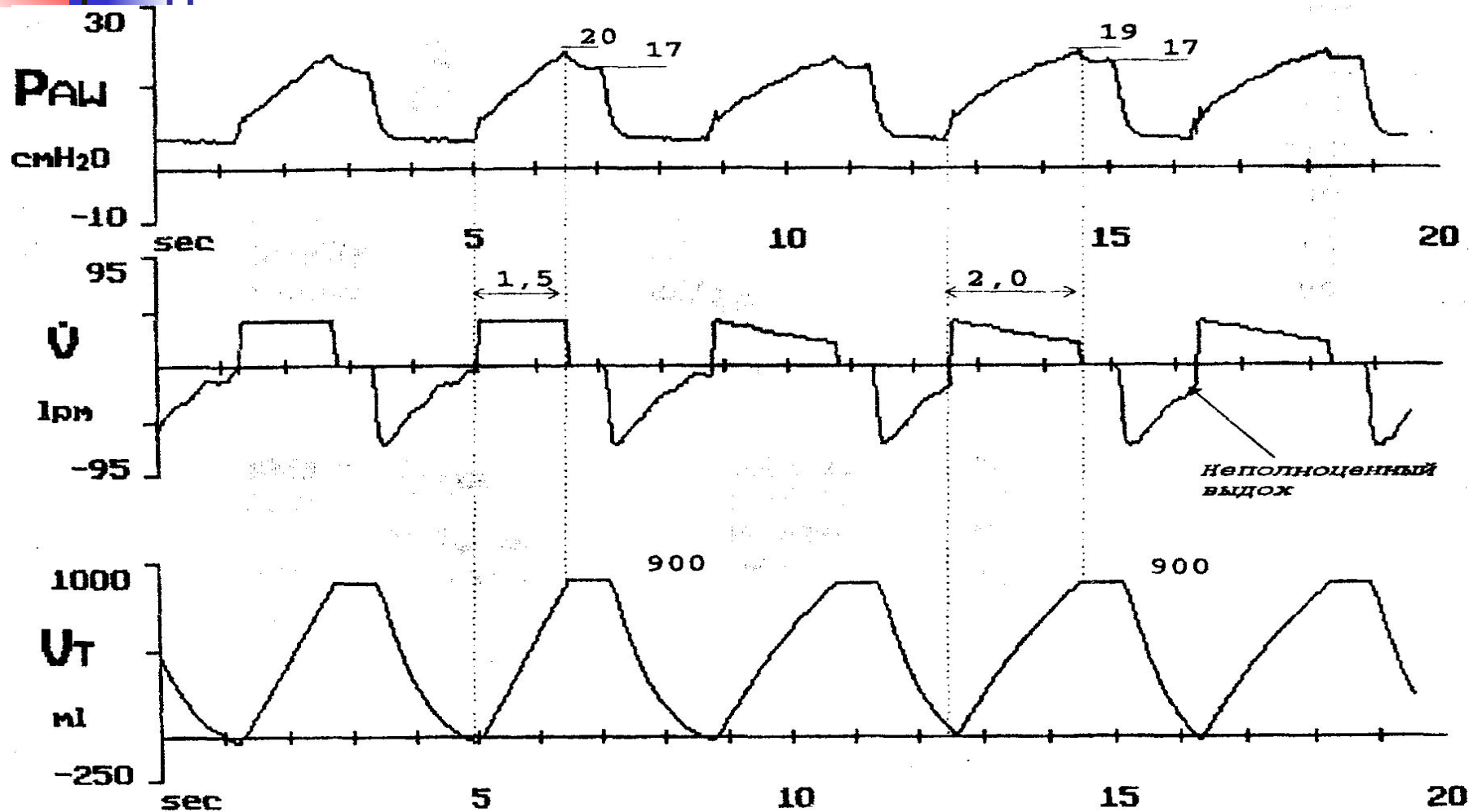


# Неправильная длительность вдоха

---

- Слишком большое установленное время вдоха приводит к тому, что больной пытается дышать самостоятельно во время незавершенного вдоха.
- При слишком коротком времени вдоха больной начинает вдыхать во время незавершенного выдоха.
- Пациент не «садится» на аппаратный вдох – десинхронизация – некомфортное дыхание!!!

# Влияние постоянного и уменьшающегося потока на время вдоха при VC





# Незавершённость выдоха

---

- Анализ кривой потока позволяет диагностировать незавершенность выдоха в том случае, если кривая не возвращается к нулевой отметке. Следовательно, отношение вдоха к выдоху слишком велико. Иными словами, вдох слишком длинный, чтобы осталось время для выдоха. Описываемая ситуация приводит к развитию ауто-PEEP.

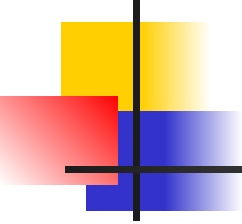




# Незавершённость выдоха

---

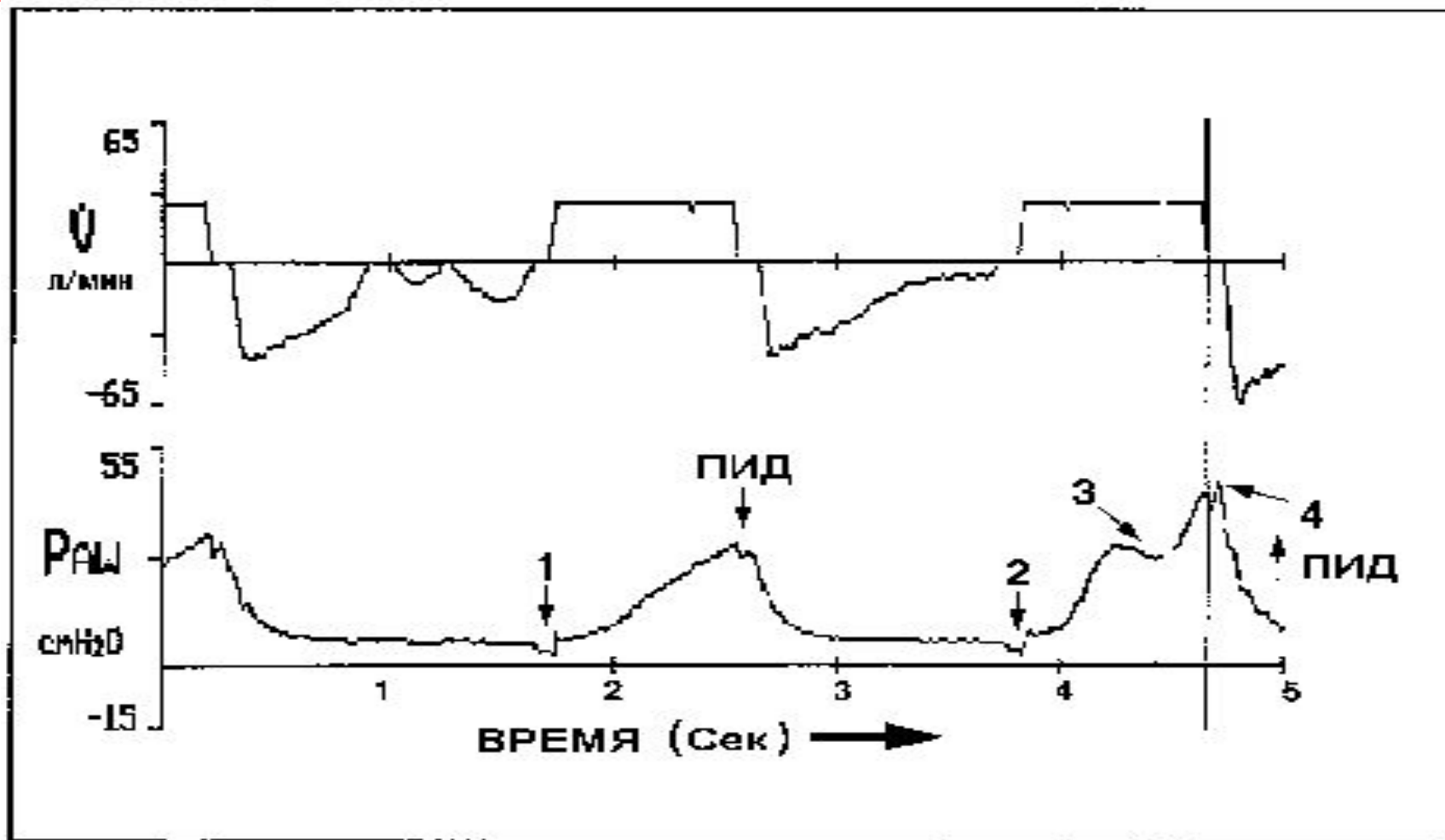
- Наиболее частая причина аппаратного тахипноэ
- Попытка вдоха для достижения полноценного выдоха



---

*Подбор скорости доставки  
вдоха, адекватной  
потребностям больного*

# Несоответствие скорости потока потребностям больного





## При проведении ИВЛ в РС

---

- оптимальной является такая скорость потока вдоха, которая обеспечивает практически вертикальный подъем кривой давления в дыхательных путях.
- при недостаточной скорости потока можно отметить изменение формы и наклона кривой давления.
- угол между ней и горизонтальной осью становится острым.
- появляются волны, соответствующие дополнительным дыхательным усилиям больного.



# При проведении ИВЛ в VC

---

- Оптимальная скорость нарастания давления сопровождается линейной формой восходящей части кривой и приводит к поступлению максимально возможного дыхательного объема для данного уровня давления и податливости легких.



## При проведении ИВЛ в VC

---

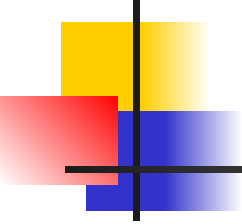
- недостаточная скорость нарастания давления в дыхательных путях сопровождается острым углом кривой давления
- При избыточной скорости на кривой давления появляются осцилляции.



# Адекватная доставка вдоха

---

- Скорость аппаратного вдоха чуть превышает скорость вдоха пациента
- Пациент «садится» на аппаратный вдох – нет десинхронизации – комфортное дыхание!!!



---

*Оценка достаточности  
создаваемого давления  
поддержки*





# Подбор давления поддержки

---

- При недостаточном давлении поддержки отмечается загрузлённая форма кривой потока, а на кривой давления отмечается подъём давления практически к концу вдоха
- Низкий ДО
- Недостаточная скорость доставки

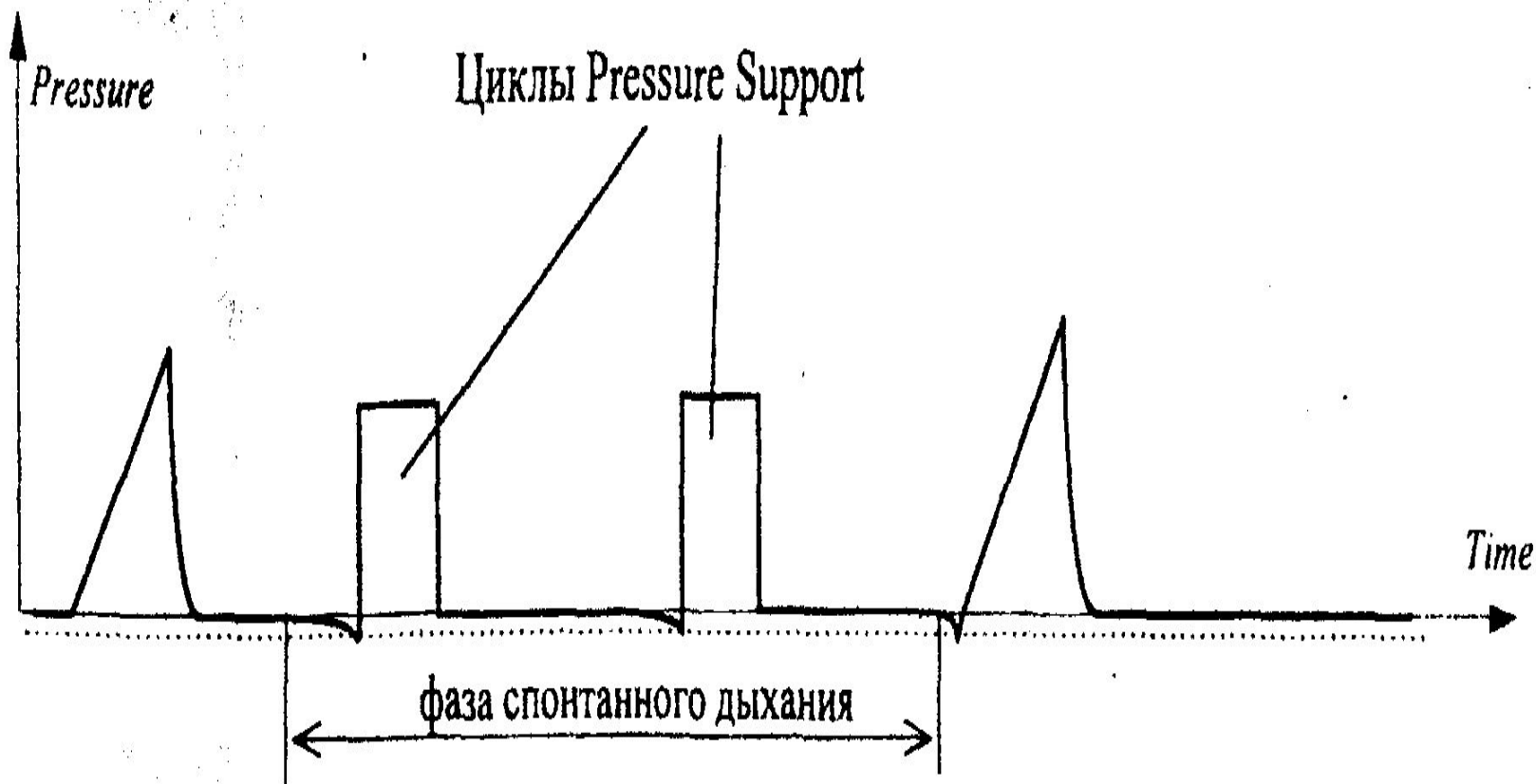


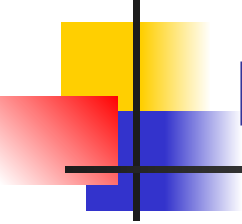
# Подбор давления поддержки

---

- При высоком давлении поддержки отмечаются осцилляции на восходящем колене кривой давления
- Большой ДО
- Слишком большая скорость доставки

# Адекватно подобанное давление *Pressure support*





# Управление длительностью вдоха при PS

---

- Критерий переключения с вдоха на  
ВЫДОХ
- 25%
- 10-20% - рестриктивные лёгкие
- 30-40% - обструктивные лёгкие



# Алгоритм подбора параметров при РС

---

- РЕЕР по НТП
- Устанавливают длительность вдоха (по 0 потоку)
- Устанавливают количество вдохов по чувствительности триггера
- Устанавливают давление вдоха до нужного ДО
- При необходимости корректируют ЧД по МОД и по длительности выдоха, меняя чувствительность триггера



# Выбор оптимального РЕЕР

---

- Устанавливают 0 РЕЕР и делают 2 аппаратных вдоха
- Находят НТП по петле P/V
- + 1-2 см вод ст к нижней точке перегиба
  
- Поэтапное увеличение РЕЕР/FiO2



# Выбор оптимального ДО

---

- Минимальный ДО при котором достигается минимально необходимая оксигенация
- Не может быть больше ВТП



# Выбор оптимального МО

---

- Нормовентиляция
- Рет СО2





# Условия прекращения АВЛ

---

- Сознание
- Дыхание и газообмен
- Гемодинамика
- Метаболизм
- Инфекции
- Мышечный тонус
- Рефлексы с ВДП



# Прекращение АВЛ

---

- iSV/VS/PPS/PS
- Оксигенотерапия 3-5 л/мин
- Дыхание воздухом
- Поэтапная экстубация/деканюляция
- СД с инсуфляцией O<sub>2</sub> при необходимости



# Тест спонтанного дыхания в CPAP

---

- CPAP 5 см вод ст – 30 мин
- Отсутствие признаков ДН:  
ЧСС не более 120 в мин  
ДО более 5 мл/кг  
МВ адекватная  
Нет тахипноэ и избыточной работы  
дыхания
- Экстубация

# Заключение



- Никакое искусственное дыхание не заменит самостоятельного дыхания
- Возможности современных вентиляторов позволяют улучшить прогноз при многих клинических ситуациях