

Респираторная терапия новорожденных

ЕРМОЛЕНКО СЕРГЕЙ ПРОКОПЬЕВИЧ

Отделение реанимации и интенсивной терапии

новорожденных

ОГАУЗ Детская больница №1 г.Томск

◆ Если есть любые сомнения, нуждается ли ребенок в проведении вентиляции. Значит, он нуждается, причем уже давно.

◆ ГЛАВНОЕ ПРАВИЛО РЕАНИМАТОЛОГА

ИВЛ - систематическая целенаправленная смена легочных объёмов, осуществляемая принудительным перемещением газа между респиратором и альвеолярным пространством больного с целью обеспечения газообмена.

- ◆ **Выбор способов, режимов и параметров ИВЛ** определяется возможностями имеющейся дыхательной аппаратуры и мониторинга, фоновой патологией и возрастом пациента. Но в любом случае, главным гарантом грамотного проведения ИВЛ является врач.

Важно предугадать необходимость в применении респираторной поддержки прежде, чем состояние больного ухудшится настолько, что это станет неизбежной процедурой.

ОСОБЕННОСТИ БРОНХО-ЛЕГОЧНОГО АППАРАТА НОВОРОЖДЕННЫХ (по Шабалову Н.П., 1999)

- ◆ Высокое аэродинамическое сопротивление (большая работа дыхания).
- ◆ Недостаточные эластические свойства (склонность к ателектазам, большая работа дыхания).
- ◆ Богатая васкуляризация В.Д.П. и бронхов (легкость реализации отека слизистых).
- ◆ Недостаточная масса и сила дыхательной мускулатуры (утомляемость).
- ◆ Отсутствует коллатеральная вентиляция через поры Кона и каналы Ламберта (высокий риск утечки газов).
- ◆ Альвеолярная гипервентиляция (быстрое развитие ДН при сокращении дыхательной поверхности).
- ◆ Гипертонус сосудов малого круга (склонность к легочной гипертензии).
- ◆ Высокая частота функционирующего открытого артериального протока (высокий уровень экстрапульмонального шунтирования, склонность к кардиогенному отеку легких).

ФЕТАЛЬНАЯ ЛЕГОЧНАЯ ЖИДКОСТЬ

- ◆ Начало секреции - 17 недель (гест.), замедление – за 2-3 дня до родов
- ◆ Темп поступления из трахеи в ротоглотку 4-6 мл/кг·ч
- ◆ Суточный объем секреции 96-144 мл/кг·сутки
- ◆ Внутрилегочное давление 3-5 мбар
- ◆ К концу беременности количество внутрилегочной жидкости около 30 мл/кг

РЕФЛЕКСЫ ГЕРИНГА – БРОЙЕРА:

- ◆ **ИНСПИРАТОРНО-ТОРМОЗЯЩИЙ**: дополнительное раздувание легких в фазе вдоха преждевременно прекращает вдох.
- ◆ **ЭКСПИРАТОРНО-ОБЛЕГЧАЮЩИЙ**: раздувание легких в фазе выдоха задерживает наступление следующего вдоха.
- ◆ **РЕФЛЕКС НА СПАДЕНИЕ ЛЕГКИХ**: уменьшение объема легких усиливает инспираторную активность и укорачивает выдох.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

Дыхательная недостаточность – это состояние организма, при котором возможности легких и аппарата вентиляции обеспечить нормальный газовый состав артериальной крови ограничены (Зильбер А.П., 1996).

Для ДН характерны уровень P_{aO_2} артериальной крови менее 55 мм рт.ст., или парциальное давление углекислого газа P_{aCO_2} выше 50 мм рт.ст.

Критерии ДН у новорожденных и детей

Для ДН у новорожденных характерны уровни P_{aO_2} артериальной крови менее 50 мм рт.ст., или парциального давления углекислого газа P_{aCO_2} выше 55 мм рт.ст.

P_{aCO_2} у новорожденных изначально может быть выше, чем 50 мм рт.ст. в первые 5 часов жизни.

Ацидоз у новорожденных начинается при рН артериальной крови 7,2.

ДН появляется у педиатрических пациентов при P_{aO_2} менее 70 мм рт.ст. или P_{aCO_2} более 50-60 мм рт.ст.

Как и у взрослых, так и у педиатрических пациентов рН артериальной крови обычно около 7,35.

ПРИЧИНЫ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ (по Зильберу А.П.)

- ◆ **1. Реперфузия легких при интенсивной терапии гиповолемии**
- ◆ **2. Искажение нейрореспираторного драйва**
- ◆ **3. Нарушение гемодинамики**

- ◆ **4. Поражение недыхательных функций легких**

(Очистка легких от механических примесей.

Контроль уровня биологически активных веществ с экскрецией избытка.

Поддержание КОС, осмолярности.

Кондиционирование и очистка воздуха и крови от инфекционных агентов.

Синтез и деструкция белков, липидов, углеводов.

Участие в регуляции гемодинамики).

МЕХАНИЗМЫ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

◆ Легочные:

Обструкция дыхательных путей; рестрикция альвеолярной ткани; диффузные расстройства при утолщении альвеоло-капиллярной мембраны; поражение легочных капилляров; сокращение дыхательной поверхности

◆ Внелегочные:

Нарушение центральной регуляции дыхания; нарушение нервно-мышечной передачи (искажение нейрореспираторного драйва); патология мышц; поражение грудной стенки; болезни системы крови; патология кровообращения (сердечная недостаточность, нарушения регуляции сосудистого тонуса, гиповолемия)

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕФИЦИТА СУРФАКТАНТА (по Фомичеву М.В.)

Дефицит сурфактанта

```
graph TD; A[Дефицит сурфактанта] --> B[Снижение легочной растяжимости]; A --> C[Нарушение вентиляционно-перфузионных отношений]; B --> D[Повышение работы дыхания]; B --> E[Гиповентиляция. Снижение ФОЕ]; C --> E; C --> F[Гипоксемия]; D --> G[ацидоз]; E --> G; F --> G; G --> H[Повышение легочного сосудистого сопротивления]; H --> B; H --> C;
```

Снижение легочной растяжимости

Нарушение вентиляционно-перфузионных отношений

Повышение работы дыхания

Гиповентиляция.
Снижение ФОЕ

Гипоксемия

ацидоз

Повышение легочного сосудистого сопротивления

Оценка тяжести РДС (модифицированная шкала **Downes**)

Баллы	Частота дыхания в 1 мин	Цианоз	Втяжение грудной клетки	Затрудненный выдох	Характер дыхания при аускультации
0	<60	нет при 21% O ₂	нет	нет	пузырьное
1	60—80	есть, исчезает при 40% O ₂	умеренное	выслушивается стетоскопом	изменено или ослаблено
2	>80 или апноэ	исчезает при O ₂ > 40%	значительное	слышно на расстоянии	плохо проводится

Оценка в 2—3 балла соответствует легкой тяжести РДС, в 4—6 баллов — средней тяжести РДС, более 6 баллов — тяжелому РДС.

БИОМЕХАНИКА ДЫХАНИЯ

- ◆ **C (compliance) – растяжимость, величина, обратная эластичности, для элементов респираторного аппарата равна отношению изменения объема (ΔV) к изменению давления (ΔP)**
- ◆ **$C = \Delta V / \Delta P$ (л/см вод.ст.)**
- ◆ **У новорожденного $C = 0,003-0,006$ л/см вод.ст.;**
- ◆ **у взрослого $C = 0,05-0,08$ л/см вод.ст.**

БИОМЕХАНИКА ДЫХАНИЯ

- ◆ R (resistance) – аэродинамическое сопротивление. Сопротивление дыханию, возникающее при движении воздуха по дыхательным путям, вследствие трения частиц воздуха о стенки дыхательных путей. Величина аэродинамического сопротивления определяется величиной давления, необходимого для проведения по дыхательным путям единицы газового объема в единицу времени.
- ◆ $R = \Delta P (P_{\text{рот или нос}} - P_{\text{альв}}) / \text{поток}$ см вод.ст./ (л·с)
- ◆ У новорожденных R = 20-40 см вод.ст./ (л·с), у взрослых 1-2.
- ◆ Не менее 0,8 R приходится на верхние дыхательные пути. Эндотрахеальная трубка повышает R на 50-200 см вод.ст./ (л·с)

ЗАДАЧИ ИВЛ В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ:

- ✓ Обеспечение адекватного метаболическим потребностям организма газообмена в легких
- ✓ Полное (?) освобождение больного от работы дыхания
- ✓ Оказывать минимальное повреждающее действие на легкие, дыхательные пути и гемодинамику
- ✓ Восстанавливать нарушение вентиляционно-перфузионные отношения легких
- ✓ Предупреждать инфицирование дыхательных путей
- ✓ Обеспечивать адекватный подогрев и увлажнение дыхательной смеси
- ✓ Предотвращать развитие в паренхиматозных органах необратимых изменений и благоприятно влиять на их функцию

Показания к ИВЛ

- ◆ Гиповентиляция или апноэ любой этиологии, не поддающиеся коррекции;
- ◆ Повышенная работа дыхания, увеличивающая кислородную цену дыхания;
- ◆ Необходимость миорелаксации (анестезия при операции, судорожный синдром);
- ◆ Внутричерепная гипертензия (ЧМТ, гипоксия);
- ◆ Необходимость повышения внутриальвеолярного давления (интерстициальный отек);
- ◆ Крайне тяжелое общее состояние больного (шок, СПОН, сепсис).

Цели проведения ИВЛ

1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ

1. Поддержка обмена газа в легких:

Альвеолярной вентиляции (P_aCO_2 и pH).

Артериальной оксигенации (P_aO_2 и SaO_2).

2. Повышение объема легких:

В конце вдоха (профилактика или лечение ателектазов, повышение оксигенации и т.д.).

В конце вдоха, т.е. повышение ФОЕ (улучшение V/Q , профилактика VILI и т.д.).

3. Уменьшение работы дыхания.

Цели проведения ИВЛ

2. КЛИНИЧЕСКИЕ

1. Лечение гипоксемии.
2. Лечение дыхательного ацидоза.
3. Защита от респираторного дистресса.
4. Профилактика и лечение ателектазов.
5. Поддержка работы дыхательной мускулатуры.
6. Проведение седации и/или миорелаксации при оперативных вмешательствах.
7. Снижение системного и/или миокардиального потребления кислорода.
8. Снижение ВЧД.
9. Стабилизация грудной клетки.

Осложнения, связанные с эндотрахеальной интубацией

- Гипоксия/брадикардия
- Неправильное положение, смещение или обтурация эндотр. трубки
- Перфорация пищевода
- Баротравма/волюмтравма
- Повреждение голосовых связок
- Подсвязочный отек, стеноз гортани
- Трахеомалация, стеноз трахеи
- Пролежни мягкого неба
- Бронхолегочная дисплазия

Осложнения, связанные с искусственной вентиляцией легких

Кардиоваскулярные осложнения

- Тампонада сердца
- Снижение венозного возврата крови к сердцу, снижение сердечного выброса
- Ликвидация механизма «грудная клетка как помпа»

Легочные осложнения

- Баротравма
- Повреждающее воздействие на легочный кровоток
- Волюмтравма
- Утечка воздуха из легких
- Ателекттравма
- Неравномерность вентиляции, вентил/перфуз. нарушения
- Биотравма
- Бронхо-легочная дисплазия

Другие осложнения

- Дисбаланс КОС
 - Легочная гипертензия
 - ВЖК
 - Периферическая сосудистая недостаточность
 - ПВЛ
 - Сенсорноневральная потеря слуха
-

РАБОЧАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ ИВЛ

Основной признак	Дополнительные признаки
По способу действия	респираторы наружного действия респираторы внутреннего действия электростимуляторы дыхания
По виду источника энергии	с ручным приводом с электроприводом с пневмоприводом с комбинированный приводом
По предназначению	стационарные транспортные
По типу управляющего устройства	немикропроцессорные респираторы микропроцессорные (интеллектуальные) респираторы
По способу управления инспираторной фазой	с контролем по: - давлению - объему - потоку - времени
По способу переключения фаз дыхательного цикла - с выдоха на вдох (инициация вдоха или триггерование) - со вдоха на выдох (циклирование)	- по времени - по давлению - по потоку - по объему

Типы переключения дыхательных циклов.

Дыхательный цикл состоит из двух фаз: вдоха и выдоха. Сигналом для начала вдоха может служить попытка вдоха пациента (PTV) или установленные параметры принудительной вентиляции - time triggered ventilation. Сигналом для окончания инспираторной фазы, т. е. переключения на выдох, могут быть следующие:

1. Закончилось время вдоха - Твд (time-cycled ventilation).
2. Достигнут заданный объём - ДО (volume-cycled ventilation).
3. Достигнуто заданное пиковое давление P_{ins} (pressure-cycled vent.).
4. Инспираторный поток снизился до критического уровня (flow-cycled ventilation).

Особенность: в современных неонатальных респираторах для предупреждения поступления избыточного ДО или подачи высокого давления, в схему респиратора встроен аварийный клапан безопасности. Таким образом, вдох всегда ограничен либо по давлению (pressure limit), либо по объёму (volume limit).

ОСОБЕННОСТИ НЕОНАТАЛЬНЫХ РЕСПИРАТОРОВ (выбор механического вентилятора)¹

Вентиляция с положительным давлением у новорождённых проводится либо обычным конвенционным респиратором, либо высокочастотным вентилятором, способным генерировать частоты более 150 в мин. Обычные вентиляторы подразделяются на респираторы, работающие по давлению и по объёму, и могут быть классифицированы на основе режима цикличности - обычно путь, по которому термируется цикл вдоха.

ОСОБЕННОСТИ НЕОНАТАЛЬНЫХ РЕСПИРАТОРОВ (выбор механического вентилятора)

В неонатологии наибольшее распространение получила вентиляция цикличная по времени, с ограничением по давлению (TCPL). Цикличность определяется работой клапана выдоха, который закрывает экспираторную часть контура во время фазы вдоха и открывается после окончания Твд. Выдох будет продолжаться до тех пор, пока не уравниются давления в альвеолах и контуре (Tconst), или не начался следующий искусственный вдох - появление феномена auto - PEEP. Постоянный поток удаляет CO₂.

В некоторых современных неонатальных респираторах можно использовать как объёмную вентиляцию, так и вентиляцию по давлению, в зависимости от предпочтения специалиста или клинической ситуации. Существуют и некоторые другие, более экзотические комбинации смены дыхательных циклов и контроля вентиляции, что расширяет возможности респираторной терапии (доступны в вентиляторах высшего класса).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЯТОРА:

- ◆ Привод: встроенная турбина. Генератор постоянного потока.
- ◆ Электропитание: ~220V, батарея на 4-8 часов.
- ◆ Переключение на выдох: пневмоклапан.
- ◆ Увлажнитель: «Фишер и Пайкл», t до $+40^{\circ}$.
- ◆ T_i от 0,1 до 1 с; T_e от 0,1 до 10 с.
- ◆ PIP от 0 до 70-80 мбар.
- ◆ PEEP (CPAP) от 0 до 15 мбар.
- ◆ Режимы: IMV; SIMV; VIPAP.
- ◆ HF (частота, вид).
- ◆ Монитор: C, R, Flow (числа или петли).
- ◆ Клапан безопасности по давлению на вдохе. Звуковая и световая тревожная сигнализация.

Основные параметры ИВЛ

№ п/п	Параметр	Аббревиатура (англ.)	Единица измерения
1.	Число аппаратных дыхательных циклов	F, f	дых/мин
2.	Дыхательный объем	V_T	мл, л
3.	Минутный объем вентиляции	MV	л/мин
4.	Выдыхаемый минутный объем дыхания	V_E	мл, л
5.	Скорость подачи газовой смеси в дыхательные пути пациента на вдохе, инспираторный потока газа	Flow, V_i	л/мин
6.	Время вдоха	T_i	с
7.	Время выдоха	T_e	с
8.	Пауза в конце вдоха	EIP	с
9.	Соотношение фаз вдоха и выдоха	$T_i:T_e$, I/E	отношение
10.	Пиковое давление в дыхательных путях на вдохе	PIP, P_{in}	см H ₂ O
11.	Давление в дыхательных путях во время плато на вдохе	P_{plat}	см H ₂ O
12.	Среднее давление в дыхательных путях	P_{mean} , MAP	см H ₂ O

Параметры ИВЛ

Дыхательный объем (ДО) («tidal volume» – TV)

– объем газовой смеси, поступившей в легкие во время одиночного вдоха и удаленный во время выдоха.

ДО = 5-10 (8) мл/кг При спонтанном

дыхании отражает физические возможности пациента для реализации акта вдоха.

↓ **ДО** => ослабленность больного или несоответствие его физических сил работе, требуемой для вдоха.

↑ **ДО** => избыточная респираторная поддержка (у больного на ВИВЛ).

УТЕЧКА ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Если пациент интубирован, то всегда имеет место утечка газовой смеси. Как правило, если она составляет менее 20%, то она не принимается в расчет.

Рассчитать ее можно по формуле:

$$\% \text{УТЕЧКИ} = ((\text{ОБЪЕМ ВДОХА} - \text{ОБЪЕМ ВЫДОХА}) / \text{ОБЪЕМ ВДОХА}) * 100$$

Параметры ИВЛ

Частота дыхания (ЧД) («frequency» – f)

– число циклов вдох/выдох в течение минуты.

Частота самостоятельного или вспомогательного дыхания отражает физические возможности пациента.

↑ ЧД => недостаточные физические возможности больного.

↓ ЧД => избыточная респираторная поддержка (у больного на ВИВЛ).

ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ЧД

ЧД ≤ 40 в мин	ЧД 40-60 в мин	ЧД ≥ 60 в мин
<p>Применяется при уходе от ИВЛ.</p> <p>В острый период заболевания часто применяется с удлинненным $T_{вд}$ и инверсией соотношения. $T_{вд}/T_{выд}$ ($T_{вд} > T_{выд}$), в этом случае часто требуется повышение PIP и парализация больного.</p> <p>Увеличивается вероятность баротравмы и снижения сердечного выброса.</p>	<p>Близко к физиологической ЧД новорожденного.</p> <p>Эффективно при лечении большинства легочных заболеваний.</p> <p>В некоторых случаях может не обеспечивать адекватной вентиляции.</p>	<p>Применяется с укороченным $T_{вд}$ и низким PIP.</p> <p>Снижение легочной гипертензии.</p> <p>Менее вероятно развитие легочной баротравмы.</p> <p>Возможно auto-PEEP.</p> <p>Возможен неадекватный подбор ДО и МОВ.</p>

Параметры ИВЛ

Минутный объем дыхания (МОД) («Minute volume»)

– объем газовой смеси, поступивший в легкие при вдохах и удаленный при выдохах в течение минуты.

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД}$$

Организм регулирует МОД в зависимости от продукции CO_2 .

При патологических состояниях (шок, лихорадка) потребление O_2 и продукция CO_2 увеличивается и, следовательно МОД возрастает.

Параметры ИВЛ

Поток в дыхательных путях («airway flow»)

– объемная скорость прохождения газовой смеси по дыхательным путям (л/мин).

Поток газа на вдохе и на выдохе имеет разное направление:

Поток на вдохе (*inspiratory flow*) считается **положительным**

Поток на выдохе (*expiratory flow*) – **отрицательным**

↓ **flow** => при нарушении бронхиальной проходимости.

↑ **flow** => при одышке.

Параметры ИВЛ

Оксигенация, в основном зависит от концентрации вдыхаемого кислорода (FIO_2) и среднего давления в дыхательных путях (МАР).

Параметром определяющим **альвеолярную вентиляцию**, является объем минутной вентиляции (МОВ).

$$МОВ = (ДО - МАП) \times ЧД$$

МОВ равен произведению объема единичного вдоха или дыхательному объему (ДО) минус объем мертвого анатомического пространства (МАП) на частоту дыхания за одну минуту (ЧД)

Величина постоянного потока.

Минимальный поток должен быть, по крайней мере, вдвое больше собственной вентиляции ребёнка (норма - 0,2 - 1 л/мин). На практике используют потоки 5 - 10 л/мин. Если используются большие частоты дыхания (более 60 в мин.) или более короткое время вдоха (0,3 - 0,4 сек.), может потребоваться более высокий поток, чтобы быть уверенным, что поставляется желаемый дыхательный объём. Высокий поток производит прямоугольную форму кривой давления и в ряде случаев может улучшить оксигенацию, изменяя MAP. Всегда следует обращаться к руководству по эксплуатации респиратора, чтобы удостовериться в том, что выбран подходящий поток. Некоторые типы бесклапанных респираторов имеют фиксированный поток - 5 л/мин, что в рутинной работе является вполне достаточным и безопасным.

Стартовые рекомендации: при диаметре эндотрахеальной трубки (ЭТТ) - 2,5 мм., поток не более 5 л/мин, при диаметре ЭТТ - 3,0 и 3,5 мм - не более 10 л/мин. При таких уровнях скорости потока можно избежать возникновения турбулентности инспираторного потока.

Возможные последствия турбулентности инспираторного потока:

1. Резкие падения давления в области турбулентности при коротком Твд. - снижает ДО.

2. Риск баротравмы, волюмтравмы, дистелектазирования.

3. Повышение аэродинамического сопротивления и работы дыхания.

4. Дефицит РЕЕР/СРАР более 1см.вод.ст. (несоответствие потока в контуре).

5. Мощный поток в контуре с малым внутренним диаметром или неадекватно работающим клапаном выдоха может увеличить экспираторное сопротивление и приводить к повышению РЕЕР и активному выдоху с высокой ценой дыхания.

Пути решения проблемы.

1. Подбор потока в зависимости от диаметра ЭТТ, коммуникаций.
2. Реинтубация на больший диаметр, использование неонатальных коммуникаций с низкой растяжимостью.
3. Изменение ЧДД (при повышении ЧДД, инспираторного давления может потребоваться поток и более 10 л/мин).
4. Программное обеспечение некоторых современных респираторов позволяет разделять потоки на базовый, для спонтанного дыхания и инспираторный, для искусственных вдохов (наилучший вариант!).

Параметры ИВЛ

Пиковое давление вдоха (PIP)

– давление с которым газовая смесь поступает в легкие во время вдоха.

$$1 \text{ смH}_2\text{O} \approx 1 \text{ mBar}$$

Основной параметр, определяющий величину ДО; является одним из основных факторов повреждающих бронхиальное дерево и альвеолы.

PIP подбирают в зависимости от:

- ◆ экскурсии грудной клетки(субъективное определение ДО);
- ◆ данных КОС;
- ◆ аускультативной картины;

Уровень PIP должен быть **минимально** возможным для поддержания адекватной вентиляции и оксигенации.

Параметры ИВЛ

Пиковое давление вдоха (PIP)

Низкое PIP является
причиной:

- ◆ гиперкапнии;
- ◆ гипоксемии;
- ◆ появления ателектазов.

Высокое PIP является
причиной:

- ◆ баротравмы легких;
- ◆ снижения сердечного выброса;
- ◆ повышения ВЧД.

Параметры ИВЛ

Положительное давление в конце выдоха (PEEP)

– давление, поддерживаемое в конце выдоха.

Терапевтические эффекты:

- ◆ препятствует спадению альвеол;
- ◆ сохраняет активность сурфактанта;
- ◆ перемещает жидкость из альвеолярного в интерстициальное пространство;
- ◆ улучшает вентиляционно-перфузионные отношения.

Отрицательные эффекты:

- ◆ приводит к повышению PIP;
- ◆ баротравма легких;
- ◆ перерастяжение легких ведет к снижению комплайнса;
- ◆ ↓ венозного притока к сердцу → уменьшение сердечного выброса;

Параметры ИВЛ

Среднее давление в дыхательных путях (МАР)

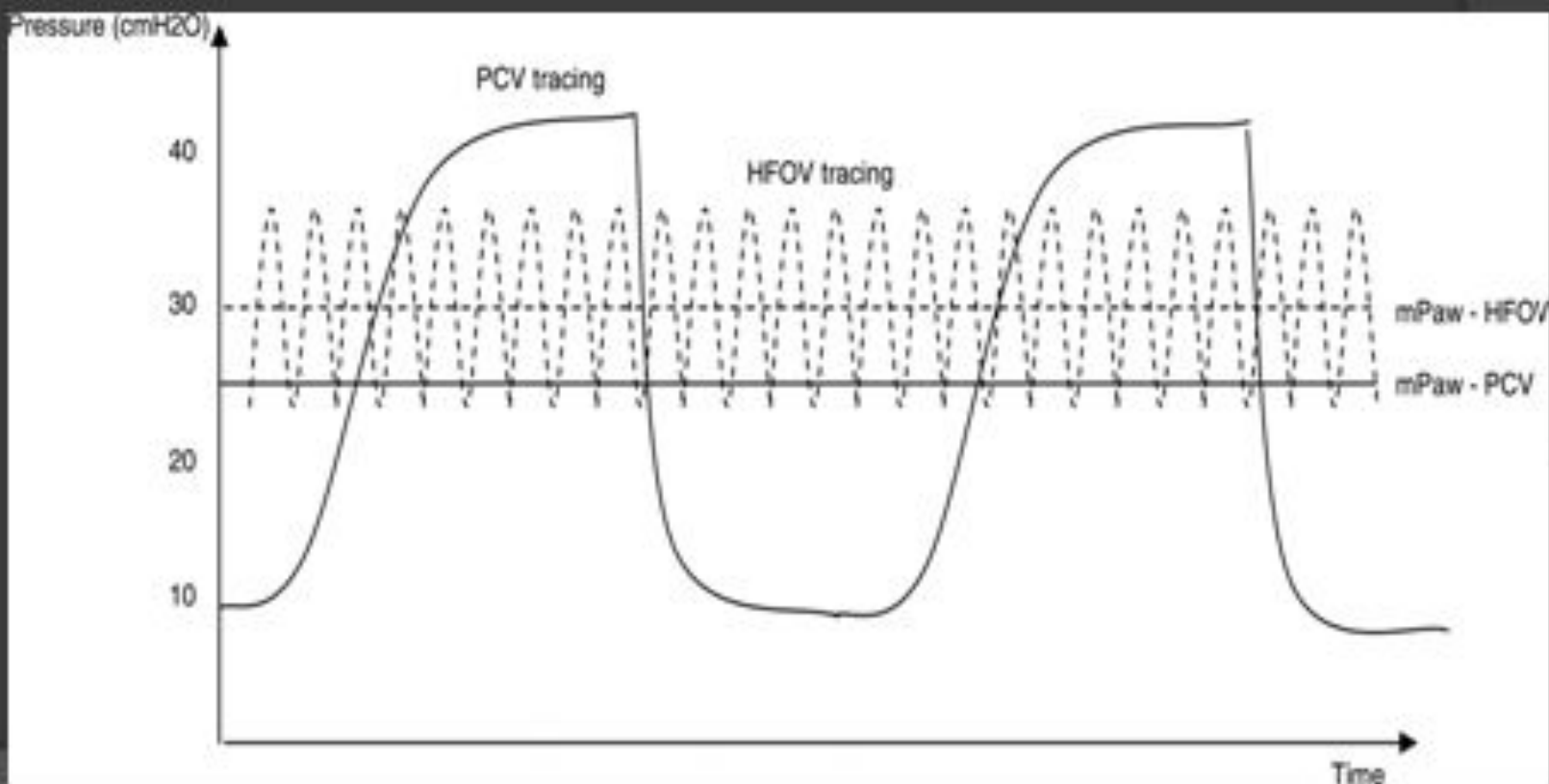
$$\text{МАР} = (\text{РIP} - \text{РЕЕР}) \times \frac{T_{\text{ВД}}}{T_{\text{ВД}} + T_{\text{ВЫД}}} + \text{РЕЕР}$$

МАР можно увеличить:

- ◆ ↑ РIP;
- ◆ ↑ РЕЕР;
- ◆ ↑ $T_{\text{ВД}}$ или ↓ $T_{\text{ВЫД}}$ (т.е. изменить $T_{\text{ВД}} / T_{\text{ВЫД}}$);
- ◆ ↑ ПОТОК газовой смеси в дыхательных путях.

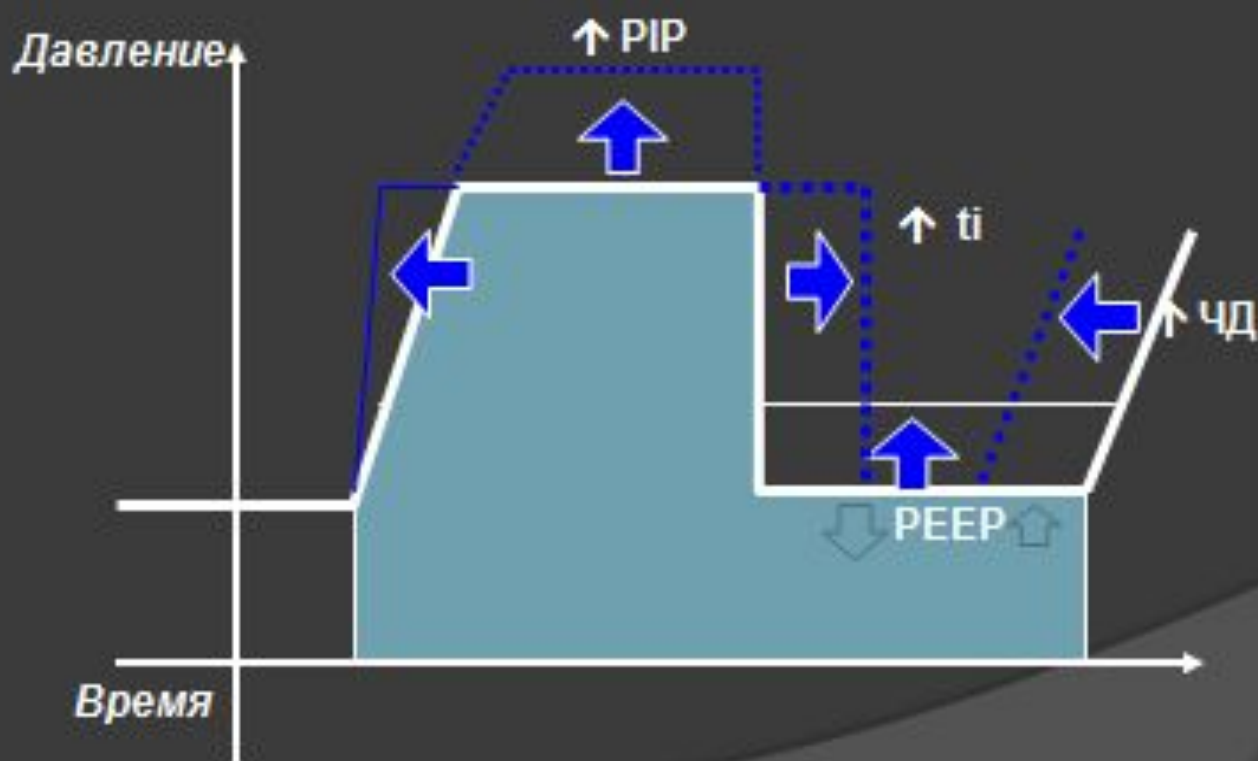
Оксигенация

Среднее давление в дыхательных путях (MAP, P_{aw}, P_{mean})



Оксигенация

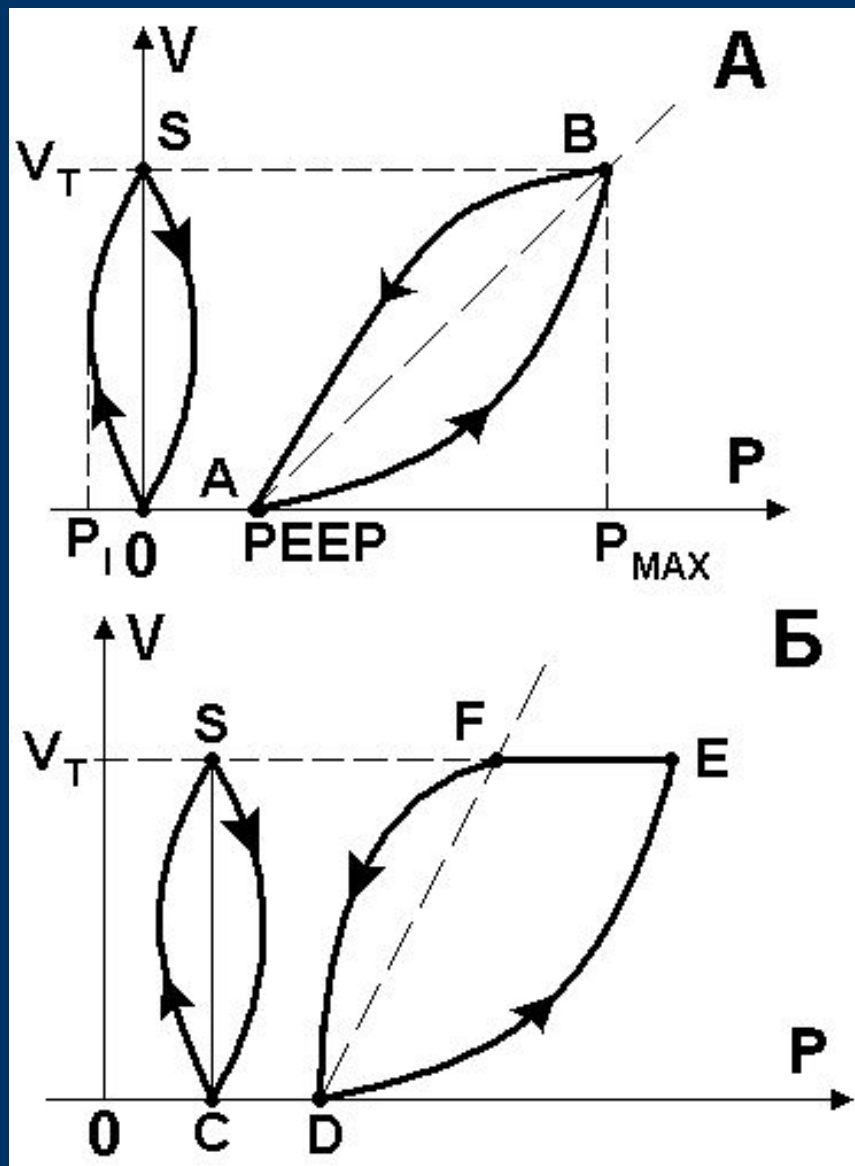
Как повлиять на МАР?



Оксигенация



Петля «давление – объем»



Параметры ИВЛ

Соотношение $T_{вд} (T_i)/T_{выд} (T_e)$

В настоящее время более важным считаются абсолютные величины $T_{вд}$ и $T_{выд}$.

Минимальное $T_{вд}$ должно быть таким, чтобы пациент получил необходимый ДО, а короткое $T_{выд}$ не должно приводить к появлению auto-PEEP.

Обычно применяют $T_{вд} = 0,3 - 0,5$ с.

Время вдоха (T_i), время выдоха (T_e) и
соотношение вдоха к выдоху ($T_i:T_e$)

При ЧД соответствующей возрасту
 $T_i:T_e$ примерно составляет 1:2.

Параметры ИВЛ

Концентрация вдыхаемого O_2 (FiO_2 %)

– доля кислорода во вдыхаемой газовой смеси.

Последствия применения высоких

концентраций O_2 :

- ◆ ↑ легочной сосудистой проницаемости;
- ◆ инактивация сурфактанта;
- ◆ ателектазы;
- ◆ ↓ растяжимости легочной ткани;
- ◆ нарушение мукоцилиарного транспорта.

Отдаленные последствия:

- ◆ хронические заболевания легких (БЛД);
- ◆ ретинопатия недоношенных.

Параметры ИВЛ

Концентрация вдыхаемого O₂ (FiO₂ %)

Способ снижения токсичности O₂ – применять его **наименьшую** концентрацию, при которой достигается достаточная оксигенация (SpO₂).

Поддержка SpO₂ около 90% позволяет решить большинство проблем, связанных с токсическим действием кислорода.

«FiO₂ больше 0,8 следует избегать, FiO₂ между 0,6-0,8 должна быть ограничена по времени. Цель – достигнуть у критически больного пациента FiO₂ менее 0,5».

Жесткие параметры ИВЛ

Новорожденные с мтела (гр)	MAP (смH ₂ O)	FiO₂	PIP (смH ₂ O)
< 1000	8 – 10	> 0,6	> 20
1000-2500	10 – 12		> 20 – 25
> 2500	12 – 15		> 25

Формирование дыхательного цикла

Дыхательный цикл (ДЦ) – промежуток времени между двумя последовательными вдохами.

Вдох – первая фаза ДЦ, характеризуется положительным потоком в дыхательных путях, воздух поступает в легкие, ДО увеличивается. Вдох заканчивается при уменьшении положительного потока до нуля.

Инспираторная пауза (плато) – вторая фаза ДЦ, присутствует только при принудительных режимах ИВЛ, характеризуется периодом нулевого потока между концом вдоха и началом выдоха. Объем воздуха не меняется.

Формирование дыхательного цикла

Выдох – третья фаза ДЦ, характеризуется отрицательным потоком в дыхательных путях, при этом воздух выходит из легких, ДО уменьшается. Конец выдоха характеризуется прекращением дыхательного потока. ДО при этом в норме должен уменьшиться до нуля.

Период покоя – четвертая фаза ДЦ, характеризующаяся отсутствием потока в дыхательных путях между концом выдоха и началом вдоха следующего ДЦ. Его продолжительность важна для определения резервов по увеличению ЧД или $T_{вд}$.

МЕТОДЫ ИВЛ

1. **Принудительная** механическая вентиляция (ИВЛ).
2. **Вспомогательная** (ВВЛ):
 - а) несинхронизированная
 - б) синхронизированная
3. **Спонтанное дыхание** с постоянным положительным давлением (СДППД).

Методы вентиляции

◆ Принудительные

Принудительные циклы могут инициироваться аппаратом, а также начинаться в ответ на инспираторную попытку пациента.

◆ Вспомогательные

Вспомогательные циклы не могут быть инициированы аппаратом. Реализуются только в ответ на инспираторную попытку пациента.

◆ Спонтанное дыхание

Аппарат не участвует в формировании дыхательного цикла.

Диапазон вариантов вентиляции (в физиологическом аспекте)

- **Самостоятельное дыхание** без применения респираторного оборудования, когда всеми параметрами вентиляции управляет сам пациент.
- **Искусственная вентиляция лёгких**, когда пациент не в состоянии влиять на работу собственной дыхательной системы (собственно принудительная ИВЛ).
- **"Семейство" способов**, сочетающее самостоятельное дыхание пациента с элементами аппаратной вентиляции в такой пропорции, что часть минутного объёма вентиляции обеспечивается усилиями дыхательной мускулатуры больного, а часть самим респиратором.

В зависимости от способности больного участвовать в формировании режима вентиляции различают две группы методов:

1. Вспомогательная вентиляция - жёсткая конфигурация компонентов вентиляции.

- гибкая организация сотрудничества респиратора с пациентом, при котором допускается участие самого пациента в управлении ключевыми параметрами аппаратных дыхательных циклов.

ИВЛ проводится в 2 основных режимах, основанных на 2 принципах искусственного вдоха:

VCV - вентиляция с контролем по объёму.

Респиратор функционирует как генератор заданного потока. Принудительный вдох происходит до тех пор, пока в лёгкие не поступит заданный дыхательный объём (V_t - volume tidal). При этом уровень давления в дыхательных путях - величина переменная и зависит от биомеханических свойств лёгких. Он не контролируется врачом.

PCV - вентиляция с контролем по давлению.

Респиратор функционирует как генератор заданного давления. В этом режиме поток газовой смеси подается до установленного уровня пикового давления в дыхательных путях (**PIP - peak inspiratory pressure**). Кроме того, задается время вдоха. По достижении уровня пикового давления, поток автоматически уменьшается, удерживая его на этом уровне на период вдоха. При этом - величина дыхательного объёма зависит от биомеханических свойств лёгких и не контролируется врачом.

Методы вентиляции

Volume control ventilation – объёмная вентиляция

Формирование ДЦ:

в фазу вдоха в течение

Времени вдоха,

выдерживается **ПОСТОЯННЫЙ**

Поток на входе, таким

образом формируется

Дыхательный объем.

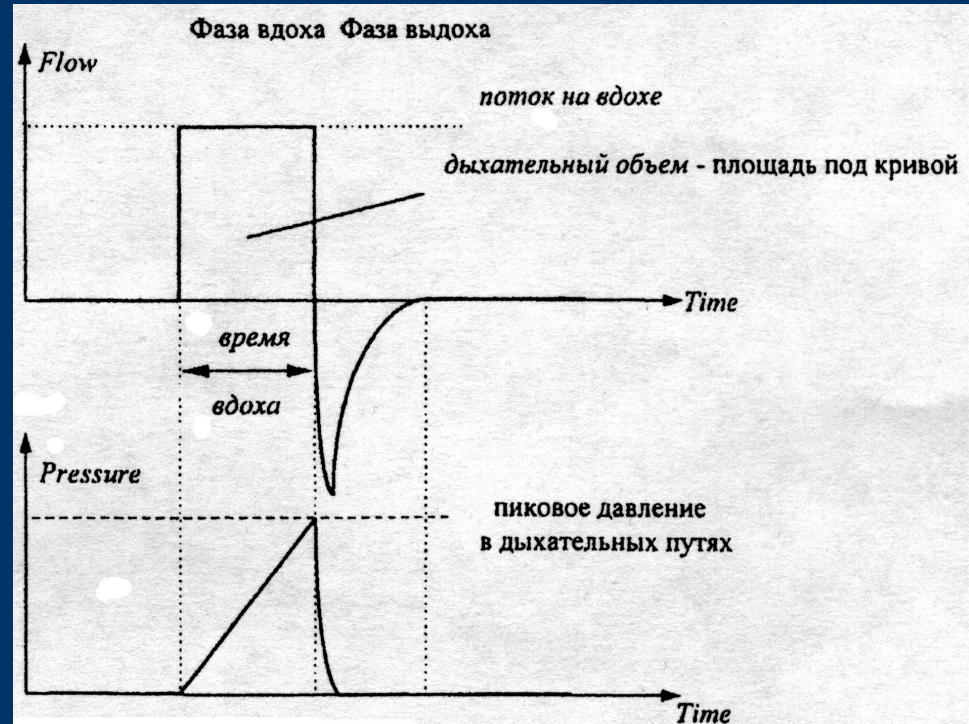
Давление в дыхательных

путях в **фазу вдоха** не

постоянно, а **постепенно**

возрастает от начала к концу $DO = \text{поток на входе} \times \text{время вдоха}$

вдоха.

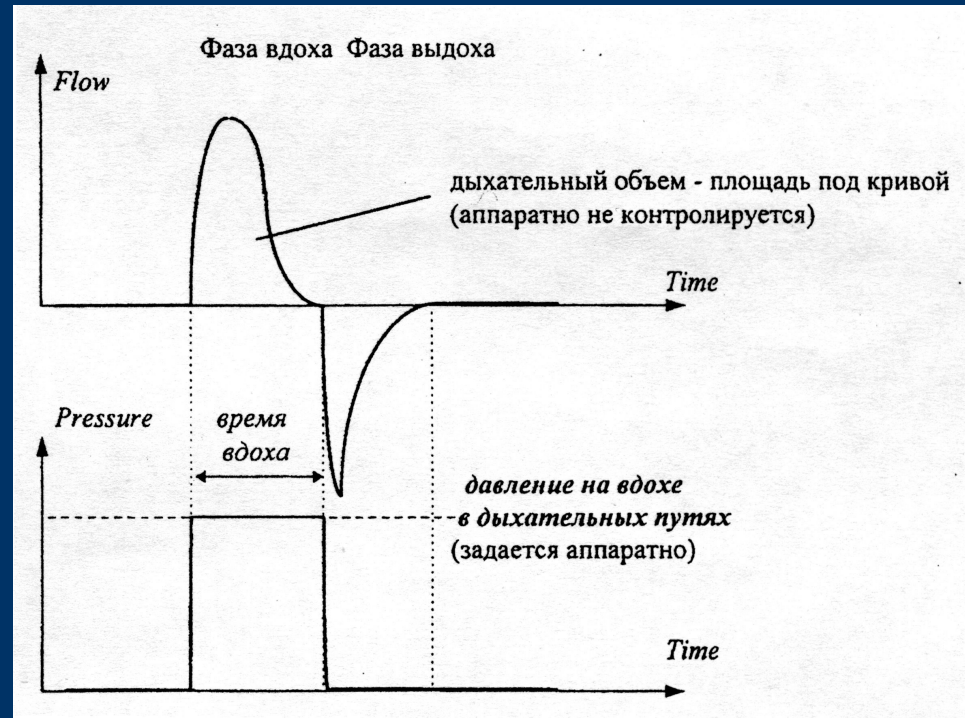


Методы вентиляции

Pressure control ventilation – вентиляция по давлению

Формирование ДЦ:

в фазу вдоха в течение **Времени вдоха** выдерживается заданное **ПОСТОЯННОЕ Давление на вдохе**. Поток на вдохе и дыхательный объем аппаратом не контролируется. Значение потока на вдохе, скорость его повышения и => ДО зависит от состояния респираторной системы пациента.



Преимущества

■ Регуляция по объему

1. Поступление постоянного ДО в каждый дыхательный цикл
2. Прямой контроль функции вентиляции

■ Регуляция по давлению

1. Меньшее число осложнений, связанных с баротравмой
2. Лучшее распределение вентиляции, особенно у пациентов с ателектатическими заболеваниями легких

Недостатки

■ Регуляция по объему

1. *Возможность создания чрезмерного высокого давления для обеспечения необходимого ДО*
2. *Большое число осложнений, связанных с баротравмой*

■ Регуляция по давлению

1. *Значительные колебания ДО в зависимости от механических свойств легких пациента*

Режимы вентиляции

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ (ПРИНУДИТЕЛЬНЫЕ) РЕЖИМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ
(IPPV, CMV)

VCV (VC) вентиляция с управляемым объемом

PCV (PC) вентиляция с управляемым давлением

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

IMV перемежающаяся принудительная вентиляция

Assist Control вспомогательно-принудительная вентиляция

SIMV синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция

PS вспомогательная вентиляция с поддержкой давлением

CPAP постоянное положительное давление в дыхательных путях

BiPAP самостоятельное дыхание с двумя фазами положительного давления

VAPS поддержка давлением с гарантированным объемом

VS поддержка объемом

PRVC управляемый объем с регулируемым давлением

Респираторная поддержка

- O₂
- CPAP
- NIV
- ИВЛ
- ВчОИВЛ
- Оксид Азота



Режимы ИВЛ

Постоянное положительное давление в дыхательных путях
(«**C**ontinuous **P**ositive **A**irway **P**ressure» – **CPAP**)

Аппарат поддерживает давление в дыхательных путях на уровне РЕЕР/CPAP. Пациент может в любое время самостоятельно дышать. Установленное значение постоянного потока должно быть значительно выше потока, необходимого для самостоятельного дыхания пациента.

CPAP (continuous positive airway pressure)
СД ПДКВ (спонтанное дыхание с положительным давлением в конце выдоха)

Continuous flow. «Назальный» CPAP.

NB! Каждые 2 ч очищать катетеры, санировать носовые ходы! Обязательно зонд в желудок.

Continuous flow. CPAP с помощью маски.

Увеличение мертвого пространства. Риск раздувания желудка. Обязательно зонд в желудок.

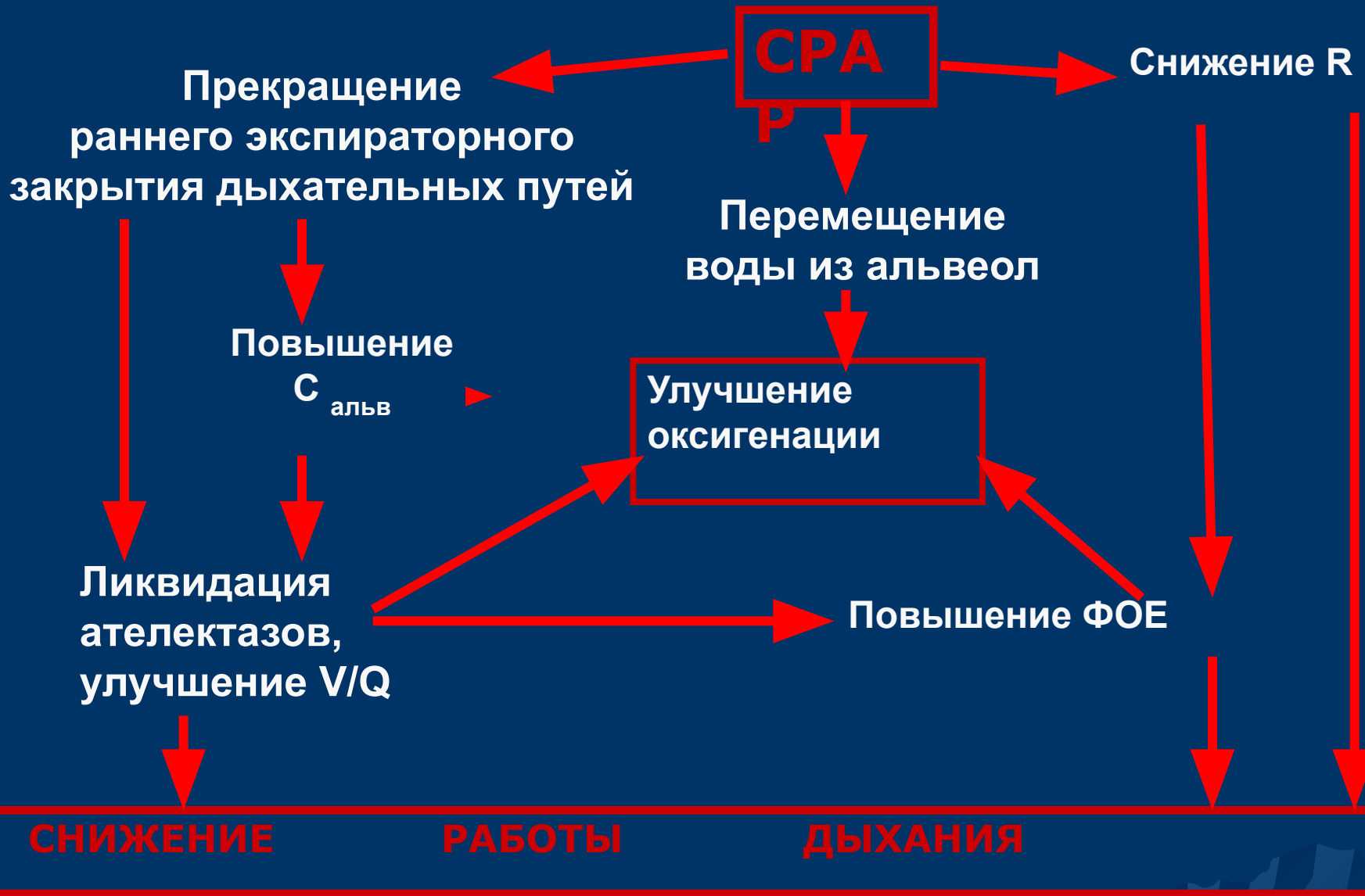
Continuous flow. «Эндотрахеальный» CPAP.

Variable flow.

CPAP: применение

- ◆ 4-5 мбар; ожидание 10 мин. SpO₂ не увеличилось;
- ◆ Увеличить на 2 мбар; ожидание 10 мин. И т.д. до эффективного повышения SpO₂.
- ◆
- ◆ Максимум CPAP 10 мбар (эндотрахеальный способ) или 12 мбар (назальный способ).
- ◆ Неэффективность CPAP – показание для ИВЛ.
- ◆ Сочетание:
«эндотрахеальный CPAP, ИВЛ мешком → сурфактант → экстубация, назальный CPAP»
эффективно снижает частоту показаний к ИВЛ.

Эффекты СРАР



ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ СРАР

- ◆ Как и при ИВЛ, побочные эффекты СРАР обусловлены повышением внутригрудного давления.
- 1. **Снижение венозного притока к сердцу.** Снижение сердечного выброса. Снижение доставки кислорода в ткани, несмотря на адекватную оксигенацию. Повышение легочного сосудистого сопротивления. Снижение диуреза.
- 2. **Повышение ВЧД.** Снижение перфузии мозга.
- 3. **Увеличение внутрилегочного шунтирования** при перерастяжении альвеол; экстрапульмональное шунтирование при открытых фетальных коммуникациях.
- 4. **Стимуляция активного выдоха, повышение мертвого пространства, гиперкапния** (при избыточном давлении, превышении возможностей ФОЕ).

Переменяющаяся принудительная вентиляция IMV

Исторически это первый режим, предусматривающий возможность частичной респираторной поддержки. В контур аппарата для объемной вентиляции был добавлен клапан, позволяющий сделать спонтанный вдох из специального мешка, куда подавался постоянный поток газовой смеси. Пациент, получал возможность дышать спонтанно на фоне принудительной ИВЛ. Основной недостаток – **ОТСУТСТВИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ !!!**

Режимы ИВЛ

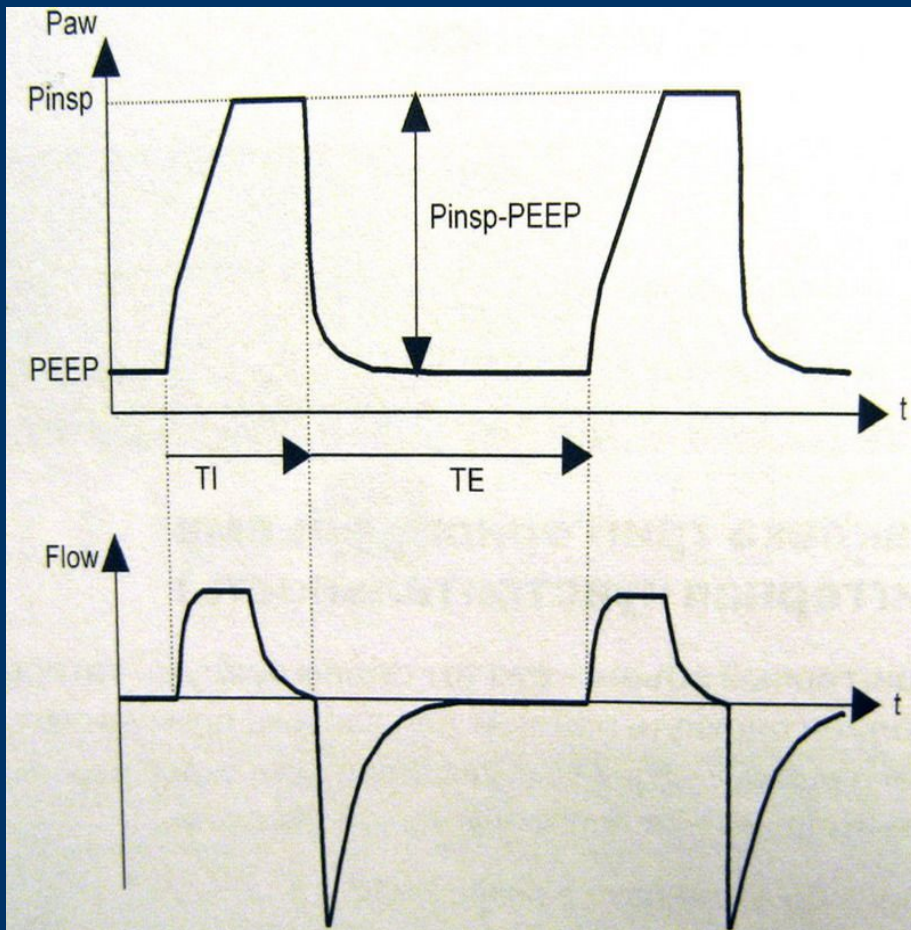
Перемежающаяся принудительная вентиляция с положительным давлением в дыхательных путях («**I**ntermittent **P**ositive **P**ressure **V**entilation» – **IPPV**) /

Перемежающаяся принудительная вентиляция («**I**ntermittent **M**andatory **V**entilation» – **IMV**)

Контролируемая по давлению и времени вентиляция с заданными параметрами для пациентов без самостоятельного дыхания – с плато давления или без него.

Режимы ИВЛ

Переменная принудительная вентиляция с положительным давлением в дыхательных путях (**IPPV**)/ Переменная принудительная вентиляция (**IMV**)



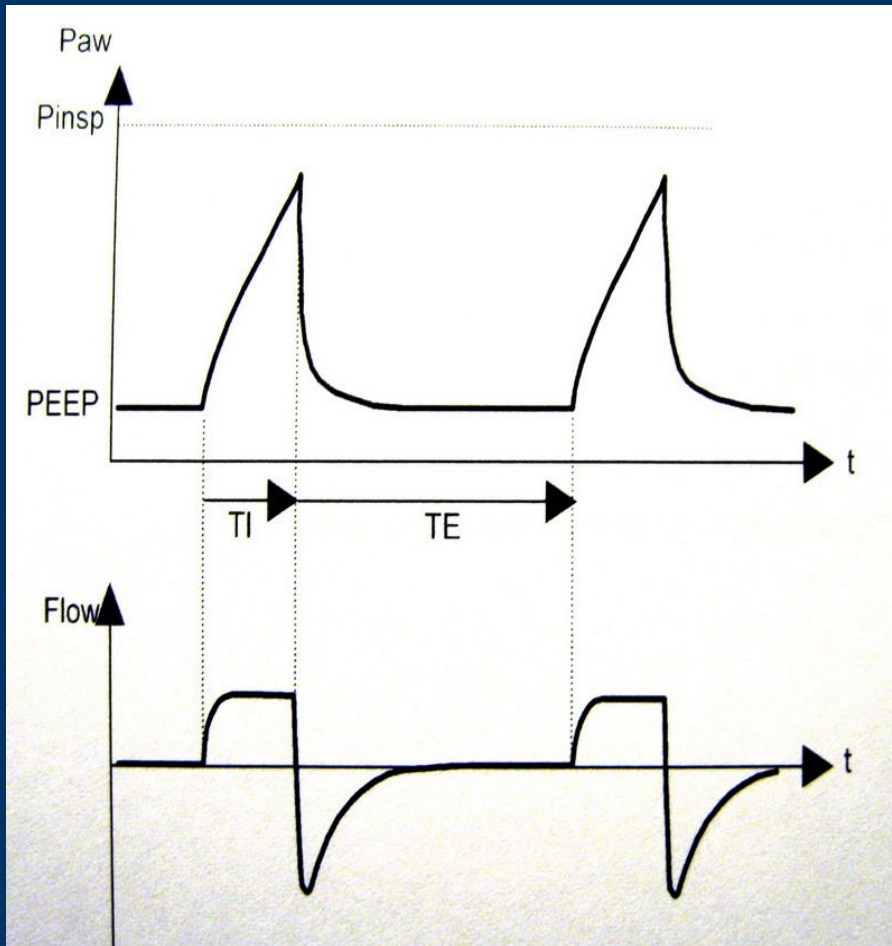
Вентиляция с плато давления

Давление на вдохе ограничено P_{insp} .

Ограничение давления до P_{insp} препятствует перенапряжению легких за счет давления (при \downarrow комплайенса). Плато способствует распределению газа в легких.

Режимы ИВЛ

Переменная принудительная вентиляция с положительным давлением в дыхательных путях (**IPPV**)/ Переменная принудительная вентиляция (**IMV**)



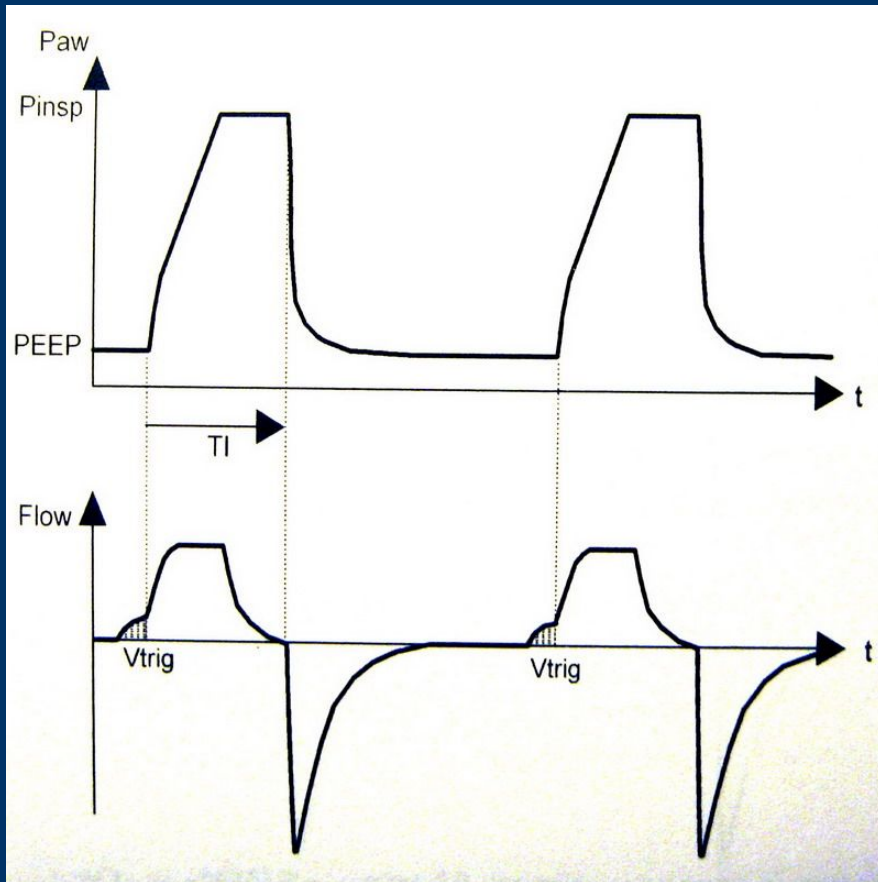
Вентиляция без плато давления

Равнозначна вентиляции, контролируемой по объему. Пиковое давление определяется установкой времени вдоха и потока на входе.

ДО регулируется параметрами потока и времени вдоха.

Режимы ИВЛ

Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция с положительным давлением («**S**ynchronized **I**ntermittent **P**ositive **P**ressure **V**entilation» – **SIPPV**)



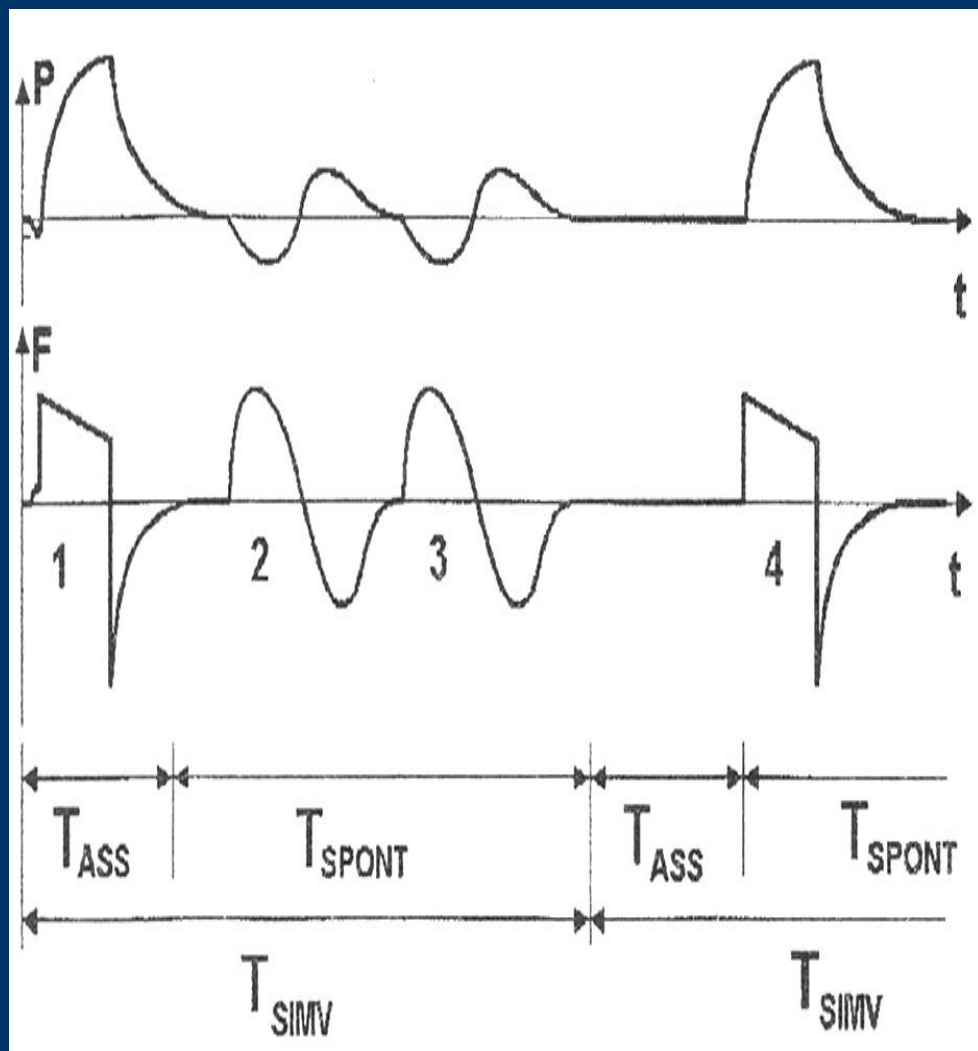
Принудительные вдохи синхронизируются с самостоятельным дыханием. Вдох начинается с попытки самостоятельного вдоха и заканчивается через установленное время вдоха.

Принудительный вдох может начинаться не ранее чем через 0,2 сек по окончании предыдущего вдоха.

Если самостоятельное дыхание становится недостаточным для триггерования аппаратных вдохов, аппарат переключается в режим IPPV/IMV.

Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция SIMV

Синхронизируется начало принудительных вдохов с инспираторным усилием пациента. Частота аппаратных вдохов с заданным объемом жестко задана, в случае обнаружения самостоятельных дыхательных попыток эти вдохи осуществляются синхронно с ними, в случае отсутствия попыток – автоматически после окончания заданного интервала ожидания. В промежутках между заданными аппаратными вдохами пациент дышит самостоятельно.



Синхронизированная прерывистая принудительная вентиляция (SIMV)

Логическая модификация режима IMV.

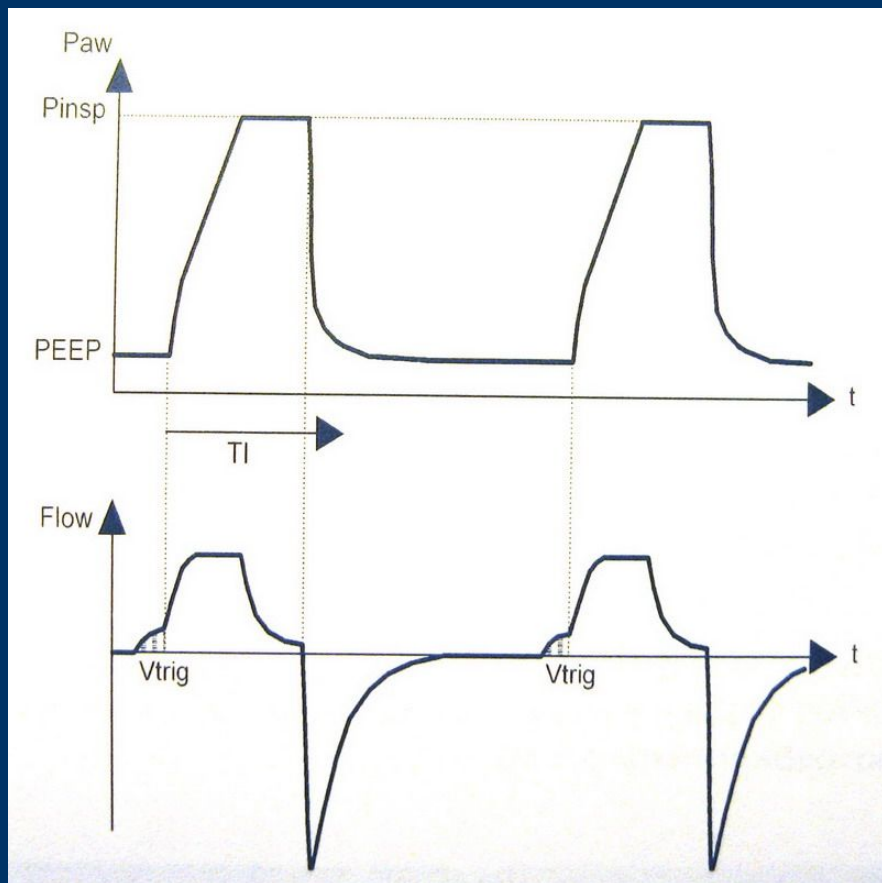
Принудительное дыхание синхронизируется с попыткой вдоха пациента, но больной не может инициировать больше искусственных вдохов, чем выставлено на вентиляторе. В случае, если частота дыхания пациента превосходит частоту дыхания, установленную на вентиляторе, то он может дышать из потока в контуре.

Особенности проведения SIMV: данный режим более комфортный, чем IMV. Конфликты всё же могут возникать из-за слишком высокой чувствительности триггера, недостаточной чувствительности, когда система не отзывается на вялые попытки ослабленного пациента. Учитывая эти особенности, некоторые респираторы имеют собственные версии SIMV с введением специальных предустановок по умолчанию или имеют автоматический переход на резервный режим вентиляции при обнаружении апноэ - "Apное/bac up".

Последнее время отдаётся предпочтение режиму SIMV над A/C, так как МОВ контролируется им в большей степени.

Режимы ИВЛ

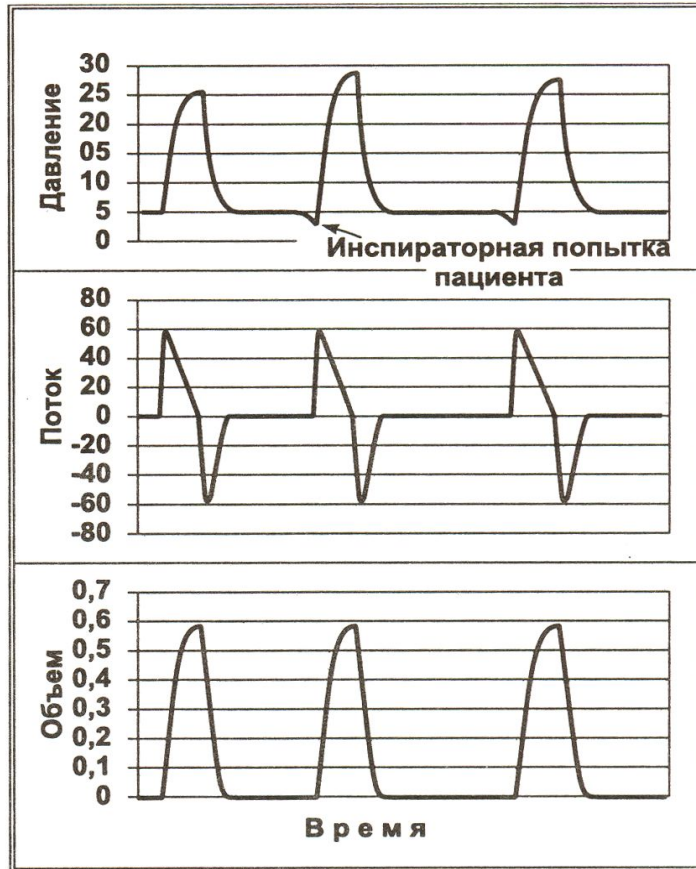
Вентиляция с поддержкой давлением («Pressure Support Ventilation» – PSV)



В основном аналогичен SIPPV. От пациента зависит ЧД и время вдоха (регулируется путем изменения потока) – принудительный вдох заканчивается, когда поток уменьшается до 15% максимального потока на вдохе, однако не позже установленного времени вдоха.

Если самостоятельное дыхание становится недостаточным для триггирования аппаратных вдохов, аппарат переключается в режим IPPV/IMV.

ВСПОМОГАТЕЛЬНО-ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ Assist Control



Кривые давление-время, объем-время, поток-время при вентиляции легких в режиме AssistCMV

На каждую попытку больного вдохнуть аппарат отвечает принудительным вдохом с заданным ДО. Режим характеризуется как постоянная принудительная вентиляция по объему и триггерлируемая по давлению (по потоку) или по времени с переключением фаз ДЦ по времени (объему).

Вспомогательно-принудительная вентиляция (A/C)1

В данном режиме на каждую эффективную респираторную попытку вдоха респиратор откликается синхронизированным вспомогательным вдохом. Если таких попыток нет, респиратор переходит в режим принудительной вентиляции с параметрами, установленными врачом.

Дыхание в режиме A/C - своеобразное соревнование на скорость между пациентом и респиратором. Таким образом, в оптимальных условиях пациент всегда идёт на "опережение", и все вдохи оказываются синхронизированными, вспомогательными (Assist mode).

При отсутствии дыхательных попыток больного, когда объём вспомогательной вентиляции явно превышает метаболические потребности пациента, происходит спонтанная адаптация. Тогда, при отсутствии дыхательных попыток больного серия принудительных несинхронизированных дыхательных циклов, по сути, превращается в истинную ИВЛ (IPPV, CMV) в резервном режиме (Control mode).

Вспомогательно-принудительная вентиляция (А/С)2

При редких дыхательных попытках пациента вспомогательные вдохи чередуются с принудительными (Assist/Control). Особенность: тахипноэ в этом режиме - признак недостаточной помощи, получаемой пациентом от респиратора. Устраняется увеличением дыхательного объёма. При внелёгочных причинах выраженного тахипноэ (боль, поражение ЦНС) увеличение дыхательного объёма бывает недостаточным. В таких случаях прибегают к медикаментозной синхронизации вплоть до мышечной релаксации.

Синхронизированные режимы вентиляции (пациент-триггерная вентиляция)

При проведении этих режимов требуется наличие блока синхронизации с соответствующим программным обеспечением - trigger mode.

Trigger - система обратной связи для возможности синхронизации аппаратных вдохов и обнаружения спонтанной дыхательной активности с возможной респираторной поддержкой, так называемая **пациент-триггерная вентиляция (PTV)**.

Принципы работы триггерных систем

- По давлению (инспираторное разряжение)
- По потоку (пневмотахография)
- По объёму
- Импедансная система
 - а) торакальная,
 - б) абдоминальная.

PTV (кроме импедансной) возможна как в лимитированном по давлению, так и в объёмном режимах вентиляции. Несмотря на имевшиеся ранее сомнения в возможности маленьких детей запускать триггер, совершенствование новых поколений неонатальных респираторов позволяет почти всегда применять этот режим даже у ультранедоношенных детей. В неонатологии наибольшее распространение получили - SIMV, A/C, PSV.

Вид распознаваемого сигнала о начале самостоятельного вдоха

- Воздушный поток (*BearCub 750psv, Bird V.I.P. Gold, Siemens Servo 300, Fabian Acutronic*)
- Импеданс грудной клетки (*Sechrist IV-200 SAVI*)
- Давление в дыхательных путях (*Newport Wave E200, Newport Breeze E150, SLE 2000 HFO+, Sechrist Millenium, Stephan HF 300 SIMV – Christina, Nellcor Puritan Bennett 840*)



Триггерные датчики

Сигнал	Датчик	Время ответа, мсек
Воздушный поток	Анемометр	30 - 100
	Пневмотахометр	25 - 50
Импеданс грудной клетки	ЭКГ электроды	40 - 80
Давление в дыхательных путях	Датчик давления встроенный	30 - 100
	Датчик давления отдельный	≈ 40

Преимущества и недостатки

Сигнал	Преимущества	Недостатки
Воздушный поток	Синхронизация экспираторной фазы, измерение ДО и минутной вентиляции легких	Аутоциклирование
Импеданс грудной клетки	Синхронизация экспираторной фазы	Необходимо правильное положение электродов и достаточное количество электропроводного геля
Давление в дыхательных путях	Простота использования и обслуживания	Низкая чувствительность, высокий триггерный порог, невозможность измерения дыхательного объема и минутной вентиляции легких

Некоторые особенности триггерных систем

Триггер по давлению (pressure trigger) - срабатывает при достижении определённого уровня давления в дыхательном контуре ниже РЕЕР за счёт разрежения, возникающего при попытке самостоятельного вдоха.

Триггер по потоку (v-sense, Flow-by trigger) - улавливает изменение скорости и направления потока газовой смеси в дыхательном контуре при попытке спонтанного вдоха пациента.

Свойства:

1. Считается, что триггер по давлению менее чувствителен, но более надёжен.
2. Триггер по потоку отличается высокой чувствительностью и меньшей триггерной задержкой.
3. Некоторые респираторы имеют обе системы, позволяющие улучшить качество и чувствительность синхронизации.
4. Встроенные триггерные системы просты в эксплуатации.
5. Использование триггерных систем с периферическими датчиками требуют специальных навыков и соблюдения соответствующих эксплуатационных норм.

Обязательные условия

- Для реальной поддержки спонтанного дыхания, независимо от вида триггерной системы и марки респиратора - время задержки не должно превышать 100 мсек., для того, чтобы избежать активного выдоха.
- Усилие пациента, которое требуется для начала триггерного вдоха, определяется установленным уровнем чувствительности триггерного механизма вентилятора.
- Чем выше чувствительность, тем меньше работа дыхания требуется для начала дыхательной поддержки и тем меньше триггерная задержка. Например, ответ триггерной системы более быстрый при установленной чувствительности - 0,5 см.вод.ст. ниже уровня ПДКВ, чем 1,0 см.вод.ст.

Неэффективность РТВ вызывается:

- Большим временем триггерной задержки
- Недостаточной чувствительностью
- Низкий гестационный возраст
- Потребление в инспираторном пиковом потоке превышает установленный пиковый поток
- Артифициально высокой чувствительностью
- Наличие и уровень auto-PEEP
- Маркой вентилятора и типом триггерной системы.

Высокочастотная осцилляторная ИВЛ

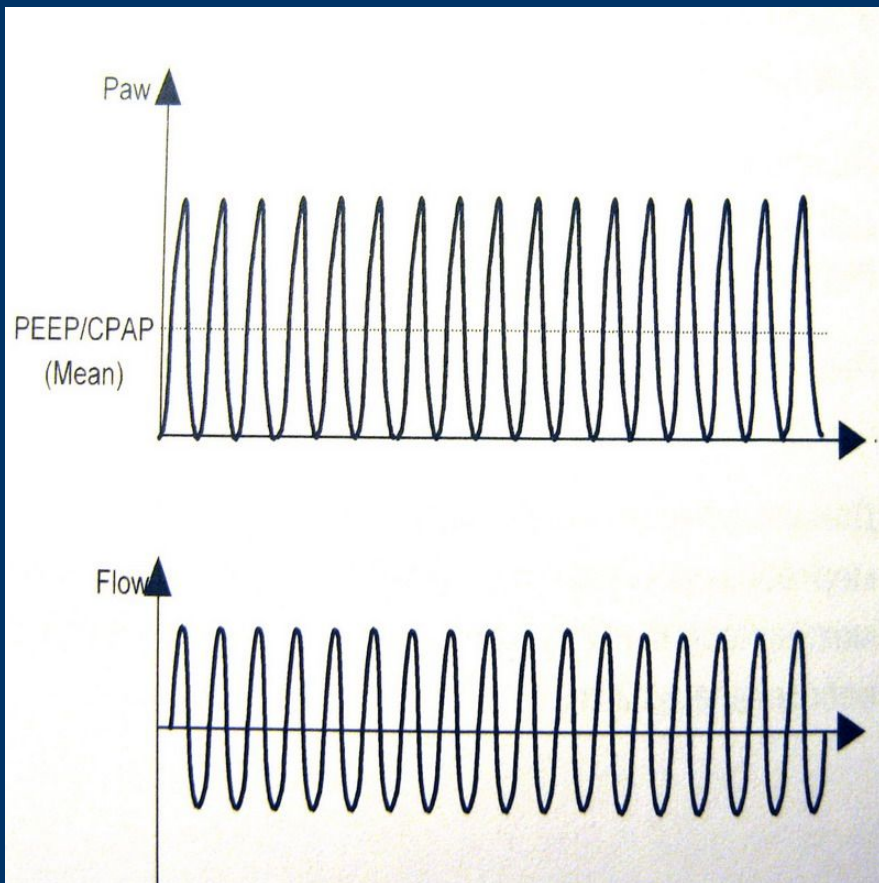
High-frequency Oscillatory Ventilation (HFOV) – высокочастотная вентиляция производимая за счет колебательных движений поршня и диафрагмы. Моделирует активный вдох и выдох. Получила наибольшее распространение в неонатальной практике.

(Sensor Medics 3100 A)



Режимы ИВЛ

Высокочастотная вентиляция (ВЧИВЛ) («High-Frequency Ventilation» – HFV)



При ВЧ колебаниях давление на фазе вдоха выше среднего давления в дыхательных путях, а на фазе выдоха ниже. Среднее давление регулируется уровнем, установленным ручкой PEEP/CPAP.

ВЧ колебания постоянно накладываются на средний уровень давления (PEEP/CPAP).

ВЧ ИВЛ: ТИПЫ

- ◆ High-frequency positive pressure ventilation (**HF PPV**) – высокочастотная вентиляция с положительным давлением;
- ◆ High-frequency flow interrupter ventilation (**HF FIV**) - высокочастотная вентиляция с модуляциями или осцилляциями на фазе вдоха;
- ◆ High-frequency jet ventilation (**HF JV**) – струйная высокочастотная вентиляция;
- ◆ High-frequency oscillatory ventilation (**HF OV**) – осцилляторная высокочастотная вентиляция (колебания поршня; выдох активный).

Показания к применению ВЧ ИВЛ

Клинический диагноз:

- ✓ Респираторный дистресс синдром
- ✓ Персистирующая легочная гипертензия новорожденных
- ✓ Синдром мекониальной аспирации
- ✓ Пневмонии
- ✓ Сепсис
- ✓ Синдромы утечки воздуха
- ✓ Врожденная диафрагмальная грыжа

Показания для ВЧ ИВЛ

Масса тела (гр)	FiO ₂	MAP (смH ₂ O)	PIP (смH ₂ O)
< 2000	>0,8	>10 – 12	>20 – 22
> 2000		>12 – 14	>22 – 25

Основные стратегии ВЧ ИВЛ

1. **Раннее применение** – использование ВЧО ИВЛ в первые 3 часа жизни. Наиболее актуально для перинатальных центров.
1. **Терапевтическое применение** – используется для снижения травмирующего действия жестких параметров традиционной ИВЛ
1. **«Спасение»** - использование у новорожденных, газообмен у которых прогрессивно ухудшается, где обычная ИВЛ недостаточна или уже развился синдром утечки воздуха.

Особенности ВЧ ИВЛ

Метод получил развитие в качестве модификации апноэтического «диффузионного» дыхания.

Несмотря на отсутствие дыхательных движений, обеспечивается высокая артериальная оксигенация, но при этом резко нарушается элиминация углекислоты, и уже через 40—45 мин P_aCO_2 достигает 100 мм рт.ст. и более.

Это ограничивает длительность применения метода в «чистом» виде.

Варианты использования некоторых режимов конвенциональной вентиляции при некоторой патологии у новорождённых

Рекомендуемые параметры ИВЛ при различных заболеваниях

Заболевания	РIP (см вод. ст.)	РЕЕР (см вод. ст.)	$T_{вд}$	$T_{вд} / T_{выд}$	ЧД
Апноэ, Здоровые легкие	10-12	2	0,3-0,4		2-10
РДС	18-30	3-5	0,3-0,4	1: 2	40-60
ПЛГ	20-35	≤ 2 при легоч- ной патоло- гии РЕЕР > 2	0,2-0,4	1:1-1:2	60-120
Интерстициаль- ная легочная эмфизема, пневмоторакс	≤ 20	≤ 2	0,2-0,3		60 и более
Аспирация мекония	25-30	2-5	0,3-0,4	1:2-1:3	40-60
БЛД		2-6	0,3-0,6		

РДС

Патофизиология

- нестабильность альвеол вследствие снижения активного сурфактанта
- диффузные альвеолярные ателектазы

При проведении дыхательной терапии необходимо принимать во внимание:

1. Для расправления альвеол с дефицитом сурфактанта может потребоваться высокое инспираторное давление PIP (иногда до 20-30 см и более).
2. Снижать лучше медленно и, как правило, не снижать при этом FiO₂ более 0,6.
3. Для предупреждения альвеолярного коллапса следует задать более высокий PEEP до 4-6 см.
4. Достаточный ДО (от 3мл/кг и выше) для восстановления и поддержания ФОЕ.
5. В начале вентиляции - режим IPPV, A/C.
6. Ускорьте выздоровление сурфактантом, это уменьшает риск развития поздних пневмотораксов, уменьшает риск БЛД.
7. В дальнейшем - перевод на SIMV, по возможности - SIMV/PSV.
8. Экстубация возможна и на SIMV после установки PSV/Апноэ Вакуп

Мекониальная аспирация 1

Особенности:

1. Тяжёлая ОДН после адекватных первичных мероприятий в родзале возникает редко, однако, может протекать "бурно".
2. Нет единой чёткой стратегии вентиляции в связи с быстро меняющимися и трудно предсказуемыми биомеханическими изменениями в лёгких. <BR

>Патофизиология

- Аспирация негустого мекония приводит к умеренной инфильтрации без достоверных признаков ателектазов;
- Массивная аспирация густого мекония приводит к:
 - а) тотальной окклюзии дыхательных путей: в результате возникают большие зоны ателектазов; это нередко приводит к выраженным нарушениям вентиляционноперфузионного отношения (V/Q).
 - б) частичной обструкции дыхательных путей, которая вызывает возникновение клапанного механизма на выдохе, задержке воздуха и перерастяжению альвеол.

При проведении ИВЛ:

- разумная, тщательная санация, лаваж ТБД.
- стратегия вентиляции должна быть гибкой и приспосабливаться к изменениям механики дыхания (дыхательный мониторинг!!!).
- подумайте о сурфактанте при резистентности проведения ИВЛ.

Мекониальная аспирация 2

Задачи вентиляции: основная проблема - ателектазирование.

1. Высокое P_{in} (до 30 - 35 см), возможно - объёмная вентиляция.
2. Создание плато вдоха.
3. Синхронизация (режимы A/C или CMV с седатацией).
4. Умеренный PEEP (+3 +4 см).
5. Режим дыхания по потребности, возможно SIMV/PSV, VV+, VIPAP/APRV.

Основные проблемы: Задержка воздуха, перераздувание лёгких.

1. Удлинение время выдоха.
2. Уменьшение (по возможности) инспираторного давления (режим VV+).
3. Укорочение плато вдоха.
4. Минимальный уровень PEEP.
5. При резистентности - сурфактант, ВЧ ИВЛ.

Пневмония/сепсис

Патофизиология:

- Воспаление, инфильтрация
- Нарушение диффузии газов
- Внутрилёгочное шунтирование крови
- Изменение сосудистого сопротивления
- Вторичный дефицит сурфактанта.

При проведении ИВЛ следует учесть:

1. Растяжимость лёгких - нормальная или сниженная.
2. Повышенный риск баротравмы.
3. Резистентная длительная гипоксемия.

Задачи ИВЛ.

- Купирование гипоксемии
- Возможно введение сурфактанта
- P_{in} , PEEP устанавливается индивидуально, в зависимости от дефицита дыхательных функций и метаболических потребностей
- Режимы IMV, SIMV, SIMV/PSV
- Гипоксемия купируется изменениями F_iO_2 иногда в сочетании с увеличением инспираторного давления
- "Защитная" вентиляция с применением пермиссивной гиперкапнии (мониторинг газов крови).

Дети с очень низкой массой тела 1

Патофизиология:

- Прогрессирующая гиповентиляция
- Выраженное утомление дыхательной мускулатуры
- Повышенная растяжимость грудной клетки
- Предрасположенность к интерстициальному и альвеолярному отёку лёгких.

При проведении ИВЛ следует учесть:

1. Заболевание лёгких либо может отсутствовать, либо быть незначительным, с минимальными клиническими проявлениями.
2. Растяжимость лёгких снижена.
3. Сопротивление дыхательных путей нормальное или слегка повышенное.
4. Быстрое развитие ХЗЛ даже при минимальных режимах вентиляции.
5. Увеличение потребности в вентиляции в первые сутки чаще связано с ФАП.
6. Увеличение потребности в вентиляции после 7-10 суток жизни, как правило, является симптомами присоединившейся инфекции и/или ХЗЛ.

Дети с очень низкой массой тела 2

Задачи механической вентиляции

1. Поддержание адекватной вентиляции ($P_a\text{ CO}_2$ 40-55, pH более 7,25).
2. По возможности, самые минимальные режимы дыхательной терапии (риск волюмтравмы).
3. Возможное использование VC/SIMV, VC/A/C.
4. Адекватное энтеральное и парентеральное питание и поддержание нормального уровня гемоглобина делают гораздо больше, чем манипуляции с режимами вентиляции!!!

Рекомендации перед и при проведении ИВЛ

Внимание!!!

1. Интубация не защищает полностью от гипоксемии, ацидоза, брадикардии!!!

2. Успешное купирование ОДН требует тщательного мониторинга и внимания к деталям интенсивного ухода. Это включает в себя частый мониторинг не только концентрации газов крови, но и постоянный мониторинг сердечного ритма, дыхания, температуры и артериального давления, пульсооксиметрии. Это минимальные требования для вентилируемого ребёнка!!!

Дополнительно может использоваться мониторинг уровня кислорода при помощи транскутанного монитора и/или внутрисосудистого кислородного электрода.

Какой режим вентиляции выбрать?

- IMV, когда предполагается умеренная и непродолжительная (менее одной недели) вентиляция⁴
- Синхронизированные режимы (SIMV, A/C, PSV, VSV), когда ожидается "борьба" с вентилятором;
- При отсутствии эффекта синхронизации - перевод на CMV, возможно седатация, релаксация;
- Выбор частоты: в зависимости от уровня PaCO₂ - низкочастотная (до 60 дых. циклов) или высокочастотная (более 60 дых. циклов) стратегия конвенционной ИВЛ);
- Если нет контроля газов крови - только низкочастотная стратегия;
- Мониторинг.

Какой FiO2?

- Регулировать для поддержания SatO2 в диапазоне 90-95% или даже менее (при ВПС, пневмотораксе);
- Увеличивать или уменьшать с дискретностью 5%;
- Если есть возможность изменить фракцию O2 более 10%, подумайте об изменениях других параметров;
- При FiO2 более 0,6 - требуется улучшение оксигенации другими способами (изменение пикового инспираторного давления, PEEP, режима вентиляции, ЧДД и т.д.);
- При снижении FiO2 менее 0,3 подумайте об экстубации и/или NCPAP.

Какой уровень инспираторного давления (PIP, Pin) выбрать.

- Регулируйте для поддержания нормального или приемлемого P_aCO_2 (при установленной частоте вентиляции) или $SatO_2$ в случае нежелательности или невозможности изменения FiO_2 ;
- Увеличивайте или уменьшайте с шагом 1-2 см;
- Устанавливайте P_{in} таким образом, чтобы аппаратные вдохи добавляли бы что-то к собственному дыханию ребёнка (лучшее проведение дыхательных шумов, увеличение экскурсии грудной клетки);
- При снижении P_{in} до 12-14 см у недоношенных и 14-16 см у доношенных, подумайте о возможности экстубации.

Какую частоту вентиляции выбрать? (какая лучше?)

- Регулируйте для поддержания нормального (допустимого) CO_2 - 45-60 торр. или меньшего - 35-45 торр при высоком FiO_2 ;
- Увеличивайте или уменьшайте с шагом не более 5 дыханий/мин.;
- Если при частоте более 40 дых/мин сохраняются высокие цифры P CO_2 , возможно, установлено неадекватное P_{in} (как правило, это сопровождается необходимостью высокого FiO_2 и ухудшением лёгочного заболевания), или происходит задержка газа в лёгких (как правило на фоне низкого FiO_2 и улучшения лёгочного заболевания);
- При снижении частоты до 10-15 дых/мин и нормальных цифрах PaCO_2 , отсутствии длительных апноэ и брадикардии), устойчивом самостоятельном дыхании при PTV , подумайте о возможности экстубации, переводе на NCPAP .

Какой уровень ПДКВ (CPAP) выбрать

- Обычный уровень 3-4 см
- Увеличивайте до 6-8 см при снижении оксигенации и высоких цифрах FiO₂
- Уменьшайте до 2-3 см при синдроме утечки воздуха.

Оптимальное время вдоха (T_{in})

- Обычно устанавливается 0,3-0,5 сек.
- Укоротите при частоте более 60 дых/мин, удлините при хр. заболеваниях лёгких.

Начальная респираторная поддержка

Регулируйте уровень поддержки на основании тяжести болезни и ответа

	ЭНМТ	НМТ	Доношенный
Частота	30 – 60	30 – 60	20 – 50
T_{in}	Соотнести с гестационным возрастом (≥ 0.25)	Соотнести с гестационным возрастом	Соотнести с гестационным возрастом (< 0.45)
PIP	14 – 16	16 – 18	18 – 20
PEEP	4	4 – 5	4 – 6

ИВЛ

Коррекция исходных параметров

- ◆ При неадекватной экскурсии грудной клетки – увеличение PIP на 1-2 см H₂O через несколько вдохов до удовлетворительной экскурсии грудной клетки и дыхательных шумов над всей поверхностью легких (до 30 см H₂O).

ИВЛ

Коррекция исходных параметров

- ◆ При сохранении цианоза – повышение концентрации кислорода на 5-10% до исчезновения цианоза.
- ◆ При отсутствии синхронности ребенка и аппарата – ГОМК, реланиум, промедол.

ИВЛ

Коррекция параметров при гипоксемии ($Sa O_2 < 90\%$)

- ◆ Увеличить PEEP на 1-2 см H₂O
- ◆ Увеличить PIP на 2 см H₂O
- ◆ Увеличить газоток (Flow) на 2 л/мин
- ◆ Увеличить T_i на 0,1 сек
- ◆ Увеличить концентрацию кислорода на 10% (F_i O₂ на 0,1)

ИВЛ

Коррекция параметров при гипероксемии ($P_a O_2 > 80$ мм Hg или $S_a O_2 > 98\%$)

- ◆ Уменьшить концентрацию кислорода на 5-10% ($F_i O_2$ на 0,05-0,1)
- ◆ Уменьшить PEEP на 1-2 см H₂O

ИВЛ

Коррекция параметров при гиперкапнии ($P_aCO_2 > 50$ мм Hg)

- ◆ Увеличить частоту дыхания на 5-10 в мин (уменьшить T_e на 0,1 сек)
- ◆ Увеличить PIP на 2 см H₂O
- ◆ Увеличить газоток (Flow) на 2 л/мин
- ◆ Уменьшить PEEP на 2 см H₂O

ИВЛ

Коррекция параметров при гипокапнии ($P_a CO_2 < 35$ ммHg)

- ◆ Уменьшить PIP на 1-2 см H₂O
- ◆ Уменьшить частоту дыхания на 5 в минуту (уменьшить T_i на 0,1 сек)
- ◆ Уменьшить газоток (Flow) на 1-2 л/мин

ИВЛ

- ◆ При коррекции режима вентиляции одновременно регулировать не более 1 параметра.
- ◆ Производить контроль результатов коррекции через 20-30 минут после произведенного изменения: необходимая Sa O₂ 91-96%.
- ◆ Соблюдать последовательность предложенных действий.

Перевод на самостоятельное дыхание

Стабилизация состояния

- ◆ $P_{aO_2} = 70$ мм Hg, $P_a CO_2 = 45-50$ мм Hg, $S_a O_2$ 91-96%.
- ◆ В среднем – 2-3 дня вентиляции.

Перевод на самостоятельное дыхание

- ◆ Постепенное снижение PIP по 1-2 см H₂O.
- ◆ При уровне PIP 25 см H₂O – постепенное снижение концентрации кислорода по 5-10%.
- ◆ Каждый шаг – через 2-4 часа при сохранении стабильных показателей.
- ◆ Снижение дозы седативных препаратов.

Перевод на самостоятельное дыхание

После сохранения стабильных показателей при концентрации кислорода в смеси <50% и PIP <20 см H₂O:

- ◆ окончательная отмена седативных препаратов,
- ◆ снижение частоты дыхания за счет удлинения T_e,
- ◆ переход на вспомогательную вентиляцию (ППВ-IMV).

Перевод на самостоятельное дыхание

При отсутствии у ребенка попыток к самостоятельному дыханию – эуфиллин:

- ◆ стартовая доза 6 мг/кг,
- ◆ затем по 2 мг/кг через 12 часов.

Перевод на самостоятельное дыхание

Экстубация – условия

- ◆ Режим ППВ: частота дыхания 5-6 в мин., концентрации кислорода в смеси < 35%, PIP 16-18 см H₂O.
- ◆ Самостоятельное дыхание: 30-60 в мин, нет дополнительного участия мускулатуры, равномерная аускультация, Sa O₂ 91-96%.
- ◆ Время наблюдения: при массе тела >2500 г – 12 часов, при массе тела <2500 г – 24 часа.

Перевод на самостоятельное дыхание

После экстубации:

- ◆ самостоятельное дыхание в режиме кислородной палатки,
- ◆ постоянное наблюдение в течение нескольких часов,
- ◆ оценка показателей каждые 30-60 мин.

Контроль витальных функций

- ◆ Электрокардиография – мониторинг контроль.
Границы тревоги (верхняя – 180уд/мин, нижняя – 90);
- ◆ Подбор манжеты, соответствующей массе тела:

500 – 1000г → №1

1000 – 2000г → №2

2000 – 3000г → №3

3000 – 4500г → №4

4500 – 6000г → №5

Размеры эндотрахеальных трубок

менее 1000г → 2,5 мм

1000 – 2000г → 3,0 мм

2000 – 3500г → 3,5 мм

3500 – 4000г → 4,0 мм

Расстояние от конца эндотрахеальной трубки до губ

менее 1000г → 7 см

1000 – 2000г → 7-8 см

2000 – 3500г → 8-10 см

3500 – 4000г → 10-11 см

Внимание!!

Сопротивление пациента работе вентилятора
(десинхронизация системы «**ПАЦИЕНТ-респиратор**»)
свидетельствует о несоответствии параметров работы
респиратора потребностям пациента.



Вентилятор необходимо адаптировать к
Потребностям Пациента,
а не пациента к механическому аппарату.

Синхронизация дыхания ребенка с работой респиратора

Показания.

Синхронизация показана, если при необходимости проведения контролируемой ИВЛ частота дыхания (ЧД) отличается от частоты дыхательных циклов респиратора (R) и в фазу искусственного вдоха ребенок делает активный выдох.

Синхронизация дыхания ребенка с работой респиратора

Методика.(1)

1. Убедитесь в исправности работы респиратора, герметичности и правильности сборки дыхательного контура. Устраните неисправность.
2. Убедитесь в правильности стояния и хорошей проходимости интубационной трубки (измените положение ребенка, проведите аспирацию мокроты, выполните реинтубацию).
3. Обеспечьте ребенку комфортное состояние, устранив внешние раздражители (прекратите манипуляции, выключите яркий свет, обеспечьте нейтральный температурный режим).

Синхронизация дыхания ребенка с работой респиратора

Методика.(2)

4. Попробуйте синхронизировать дыхание ребенка путем увеличения частоты дыхательных циклов респиратора.
5. При наличии некомпенсированного ацидоза проведите соответствующую терапию.
6. При неэффективности вышеперечисленных мероприятий произведите в/в введение ГОМКа в дозе 200 мг/кг и реланиума в дозе 0,3 мг/кг. В случае достижения положительного эффекта через 15 минут от момента введения в дальнейшем повторяйте по мере необходимости, но не более 4-х раз в сутки

Синхронизация дыхания ребенка с работой респиратора

Методика.(3)

7. При отсутствии синхронизации через 15 минут от момента в/в введения ГОМК+реланиум введите в/в промедол (0,2 мг/кг каждые 3-4 часа) или морфин (нагрузочная доза 0,12 мг/кг, поддерживающая 0,01 мг/кг в час) .
8. При отсутствии синхронизации через 15 минут от момента в/в введения промедола или морфина при жестких режимах ИВЛ ($PIP > 30$ см вод.ст.) введите в/в недеполяризующий миорелаксант – ардуан пипекурониум в дозе 0,04-0,08 мг/кг. Повторная доза вводится через 40-50 минут $1/3-1/2$ от начальной дозы.

Синхронизация дыхания ребенка с работой респиратора

Методика.(4)

При кратковременном эффекте миорелаксантов допустимо их повторное введение.

Однако следует помнить. Что каждое их последующее введение увеличивает риск аккумуляции препаратов, способствует токсическим эффектам и удлинению срока ИВЛ.

При передозировке вводится атропин 0,02 мг/кг, а затем прозерин 0,04 мг/кг одно- или двукратно.

В зарубежных справочниках не рекомендуют применение ардуана до 3-х месячного возраста.

Санация ТБД

Показания:

- ◆ видимая мокрота в ЭТТ;
- ◆ появление симптомов повышения работы дыхания;
- ◆ ↓ ДО или ↑ PIP;
- ◆ появление крупнопузырчатых хрипов;

Санация ТБД

Правила:

- ◆ манипуляцию проводят 2 человека;
- ◆ стерильная техника;
- ◆ длительность всей процедуры не более 2-3 минут;
- ◆ продолжительность одного эпизода санации 5-10 сек;

Санация ТБД

Правила :

- ◆ санация проводится только во время удаления катетера из трахеи;
- ◆ глубина введения катетера = длина ЭТТ + 1см;
- ◆ \uparrow FiO₂ на 10 – 20% за 1мин до начала процедуры и \downarrow после санации при достижении приемлемого SpO₂.

Санация ТБД

Осложнения:

- ◆ гипоксия/гипоксемия (у новорожденных это может привести к ВЖК);
- ◆ ↑ ВЧД;
- ◆ аритмия;
- ◆ травма трахеи/bronхов;
- ◆ пневмоторакс/пневмомедиастинум;
- ◆ ателектазы;
- ◆ бронхоспазм;
- ◆ легочное кровотечение;
- ◆ инфекционные осложнения.

Увлажнение дыхательной смеси

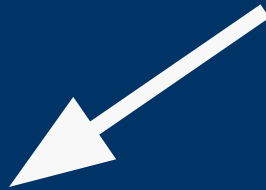
При дыхании в альвеолы должен поступать газ с $t=37^{\circ}\text{C}$ и 100% влажности.

При таких характеристиках:

- ◆ устраняются потери тепла и воды;
- ◆ поддерживается оптимальная скорость мукоцилиарного транспорта, реологические свойства и объем секрета дыхательных путей.

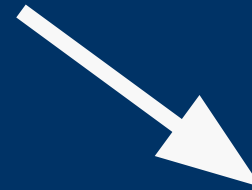
Увлажнение дыхательной смеси

последствия неадекватного увлажнения дыхательной смеси



недостаточное увлажнение:

- ◆ ↓ легочной растяжимости;
- ◆ ↑ альвеолярно-артериальной разницы по O_2 ;
- ◆ ↓ активности сурфактанта;
- ◆ бронхоконстрикция;
- ◆ обструкция ЭТТ.



избыточное увлажнение:

- ◆ отек легких;
- ◆ ↓ легочной растяжимости;
- ◆ ↓ активности сурфактанта;
- ◆ триггирование при скоплении конденсата в контуре.

Увлажнение дыхательной смеси

Правила:

- ◆ Датчик для мониторинга $t^{\circ}\text{C}$ вдыхаемого газа должен располагаться в части контура, находящегося вне кувеза или области нагреваемой источником лучистого тепла.
- ◆ Поддерживать $t^{\circ}\text{C}$ вдыхаемого газа 36-37 $t^{\circ}\text{C}$.
- ◆ Наилучший индикатор адекватности увлажнения – несколько капель конденсата в конце инспираторной части контура.
- ◆ Трубки контура должны быть расположены так, чтобы конденсат дренировался во влагосборники, а не в увлажнитель или дыхательные пути.

УХОД

- ◆ 1. Интубация: Обработка эндотрахеальной трубки силиконовой мазью.
- ◆ 2. В течение 48 ч после интубации не санировать ТБД! В дальнейшем: чем реже, тем лучше!
- ◆ 3. Дополнительное увлажнение: в ЭТТ постоянно 1-2 мл/ч (солевой раствор, возможно – антисептик).
- ◆ 4. Температура увлажнителя не менее 37,5-38°.
- ◆ 5. Смена положения.
- ◆ 6. Водная иммерсия.

При наличии следящей аппаратуры, лабораторного определения газов крови, мониторинга оксигенотерапии, доступности рентгенографии, а так же опытного персонала, вентиляцию можно **начинать раньше**, чем этого требует состояние пациента!!!

Своевременно начатая и качественно проводимая ИВЛ в сочетании с интенсивным уходом **улучшает прогнозы для ребёнка**, упрощает работу с ним и снижает койко-день на ИВЛ, сокращая тем самым период реабилитации

**ДЕЛАЙ, ЧТО ДОЛЖЕН, И
БУДЬ, ЧТО БУДЕТ!**

**Благодарю за
внимание!**

**Побольше Вам
интересных случаев!**