

High Frequency Oscillatory Ventilation

К.м.н. Фурманчук Д.А.

HFV

Высокочастотная ИВЛ (High frequency ventilation) – вариант механической вентиляции легких при которой используется очень высокая частота дыхания (>150 в минуту) на фоне низкого дыхательного объема.

Высокочастотная ИВЛ

Высокочастотная ИВЛ с пассивным выдохом

ВЧ струйная ИВЛ

ВЧ перкуссионная ИВЛ

ВЧ вентиляция с положительным давлением

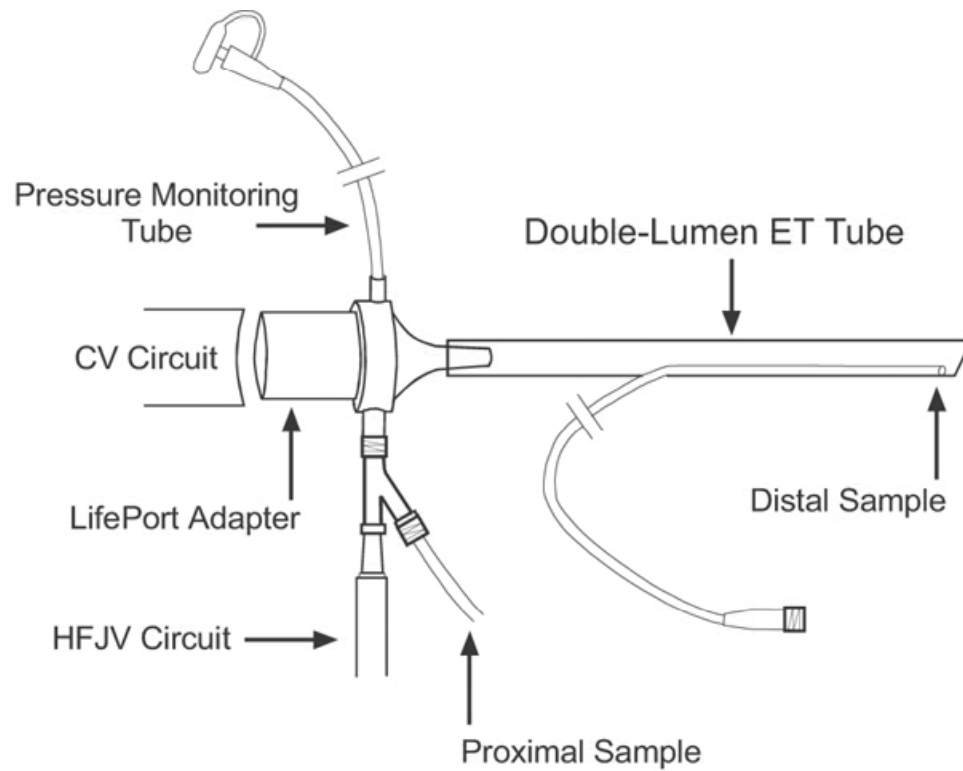
ВЧ вентиляция с прерывателем потока

Высокочастотная ИВЛ с активным выдохом

ВЧ осцилляторная ИВЛ

(high frequency oscillatory ventilation)

High frequency jet ventilation (ВЧ струйная ИВЛ)



High frequency jet ventilation (ВЧ струйная ИВЛ)

- Jet – струя газовой смеси подаваемая в дыхательные пути с давлением 2-3 бара
- частота 100 – 1500 /мин;
- дыхательный объем 1-3 мл/кг;
- выдох пассивный;
- система доставки смеси, увлажнение, мониторинг P_{aw} , V_t , система тревог, капнография, видео отображение зоны голосовой щели и трахеи

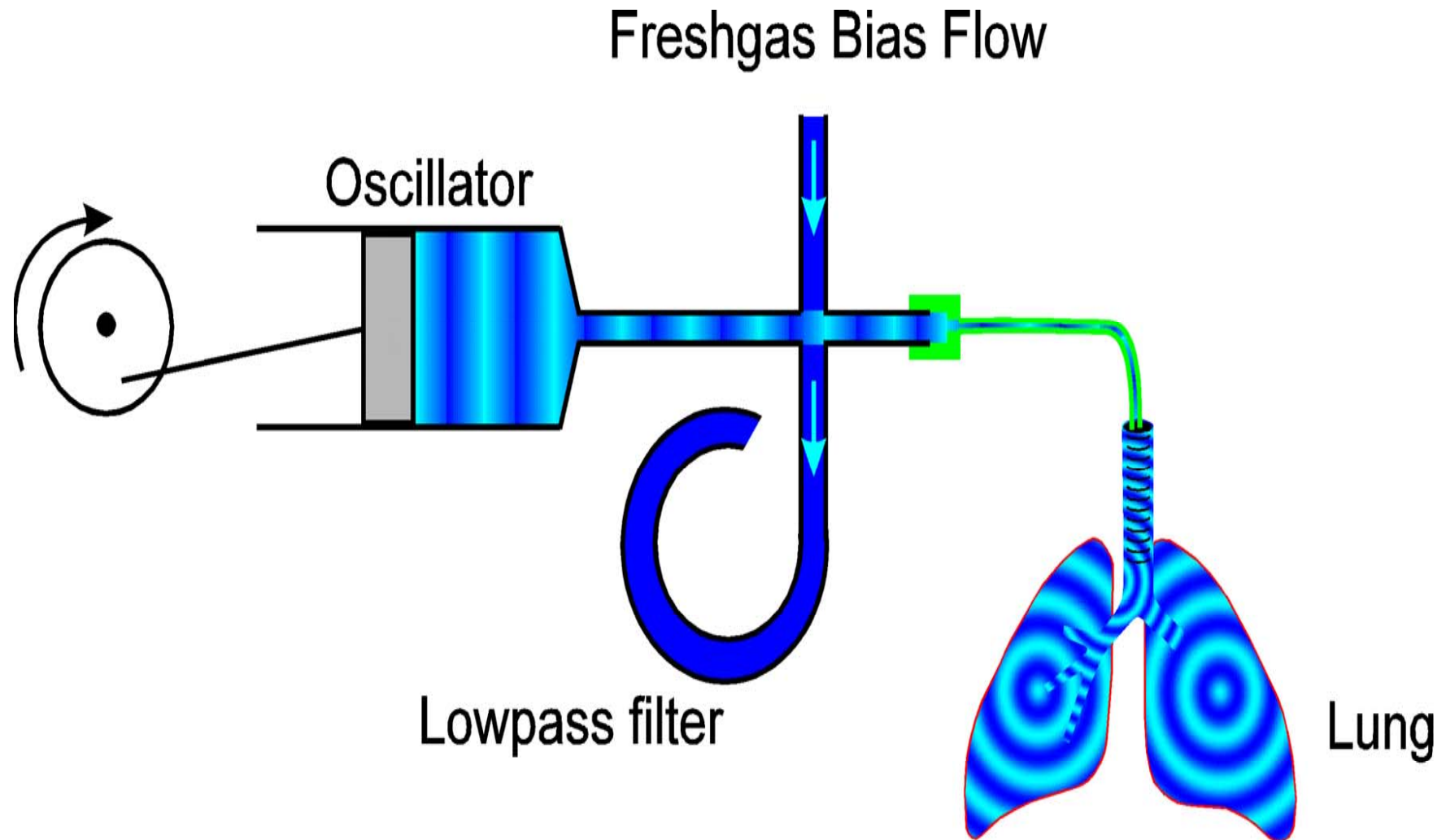
High frequency jet ventilation (ВЧ струйная ИВЛ)

1. операции в ЛОР-хирургии
на негерметичных
дыхательных путях
2. при бронхоскопии,
3. как дополнительный
инструмент респираторс
поддержки при
бронхоплевральных
свищах



Monsoon (Acutronic)

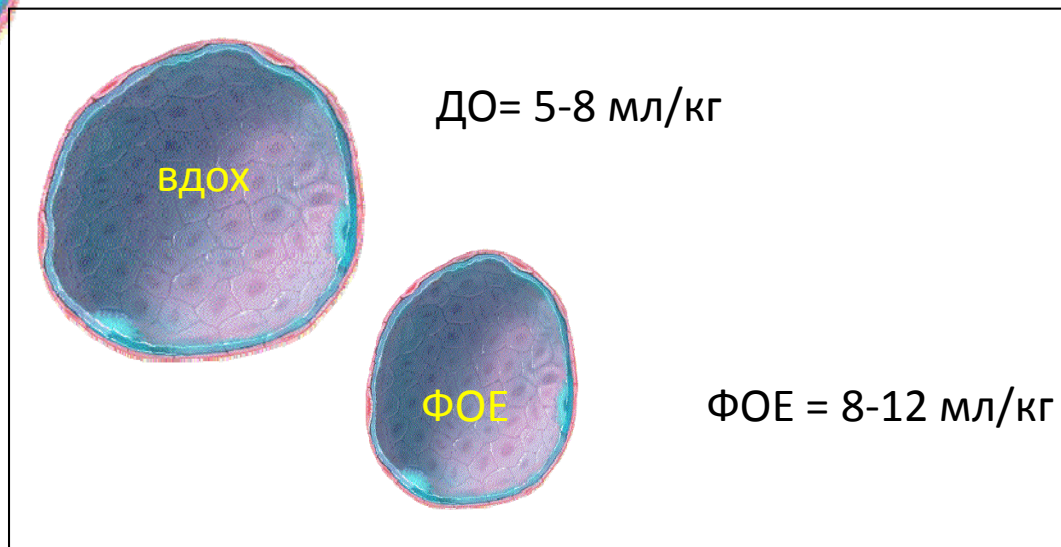
Высокочастотная осцилляционная ИВЛ

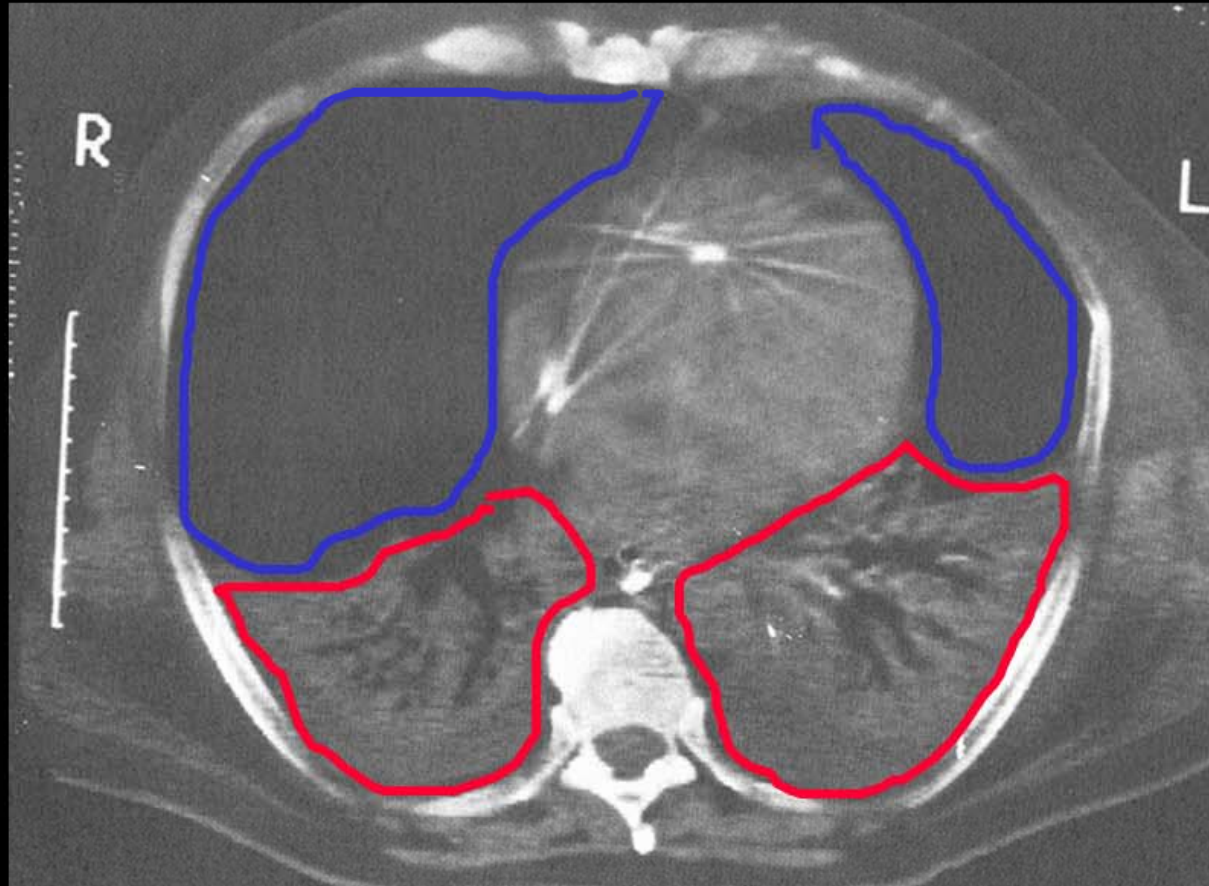


Основные принципы протективной ИВЛ

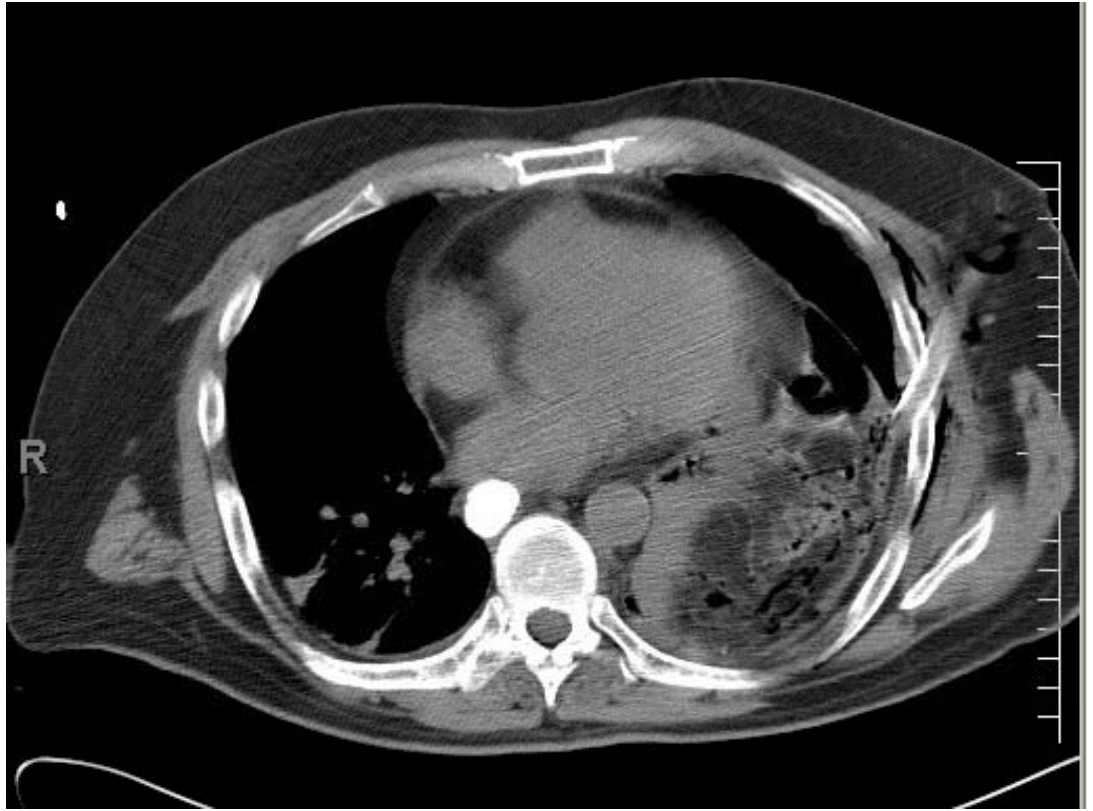
- Восстановление аэрации невентилируемых регионов легких
- Профилактика повторного коллапса легочной ткани
- Профилактика перерастяжения легочной ткани

Humphrey H, Hall J, Sznajder I, Silverstein M, Wood L: Improved survival in ARDS patients associated with a reduction in pulmonary capillary wedge pressure. Chest 1990; 97: 1176-80



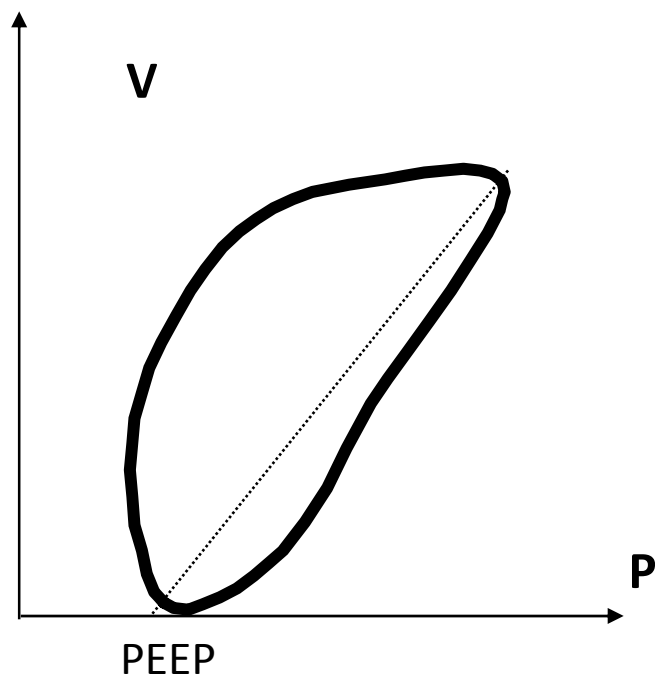
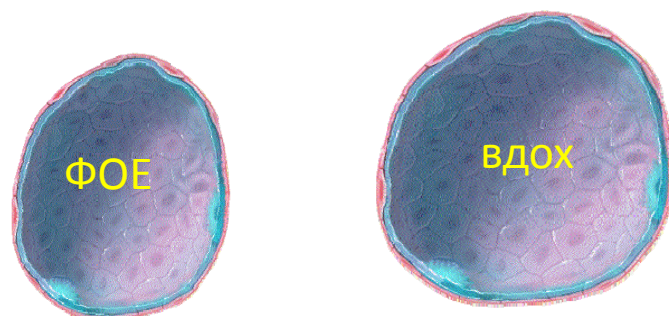


Tobin, M. J. N Engl J Med 2001;344:1986-1996



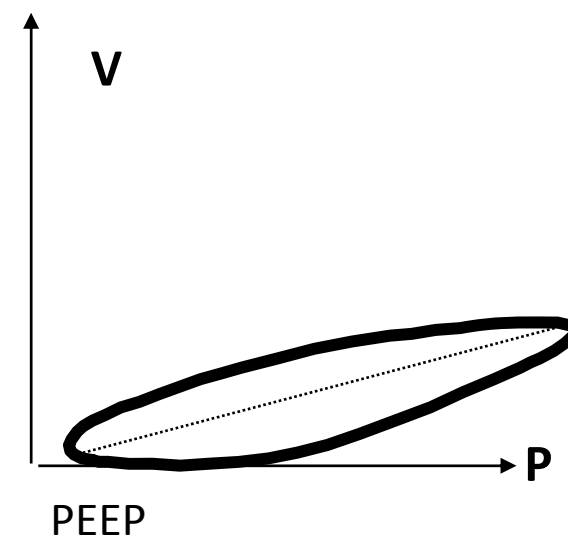
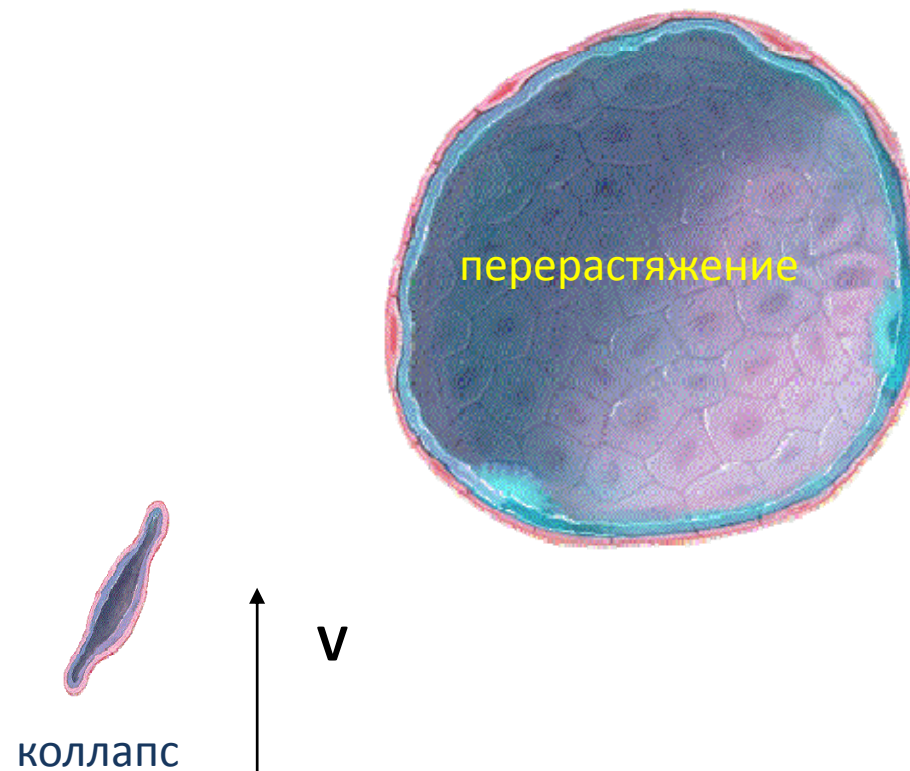
Нормальные легкие

$P_{in}=18$ (мбар) $PEEP=5$



РДС (рестрикция)

$P_{in}=40$ (мбар) $PEEP=8$



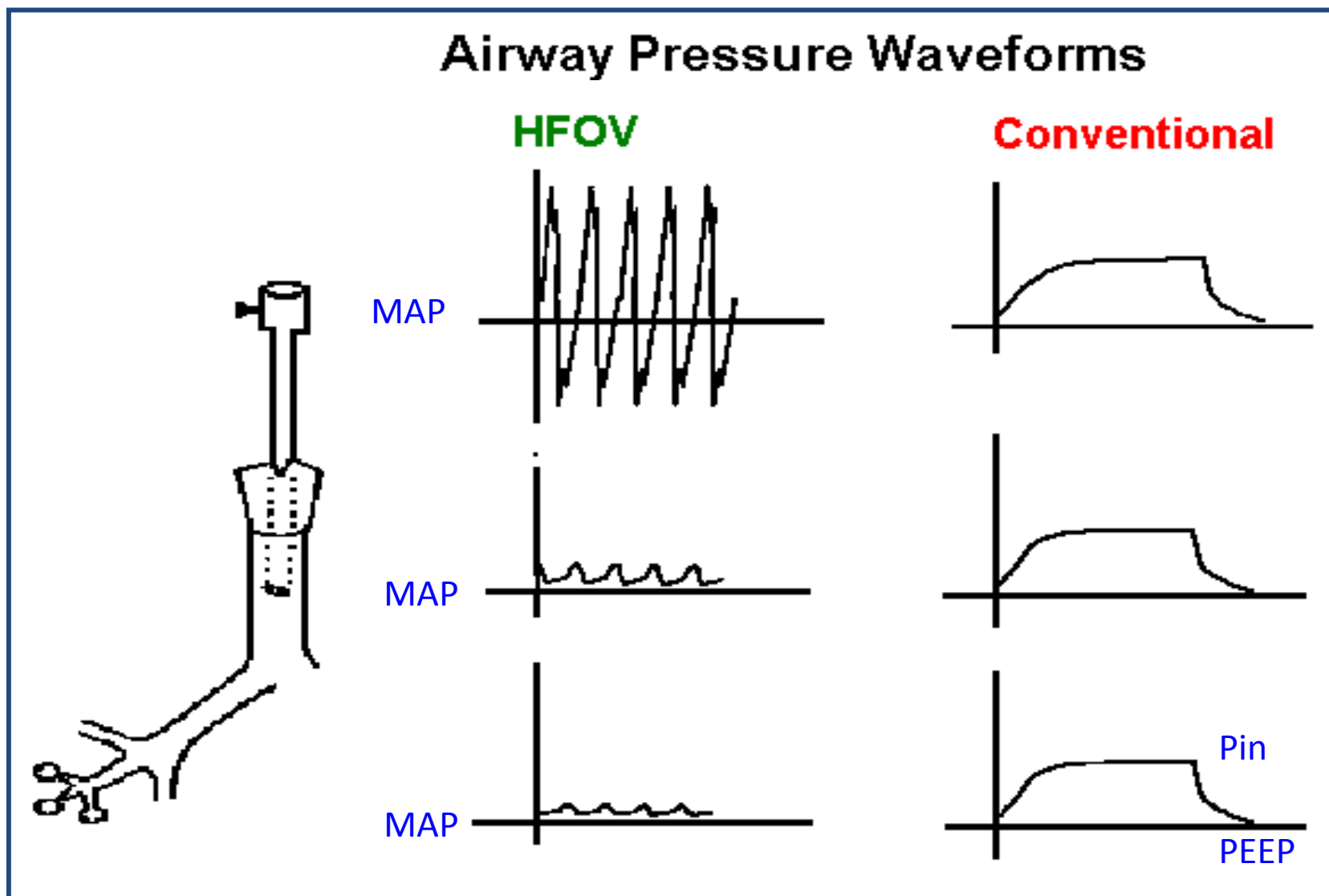
Цели HFО

- Уравновесить легочный комплаинс
- Нормализовать архитектуру легкого
- Снизить PVR
- Улучшить газообмен (оксигенацию)
- Предотвратить (уменьшить выраженность VILI)

Высокочастотная осцилляционная ИВЛ, характеристики

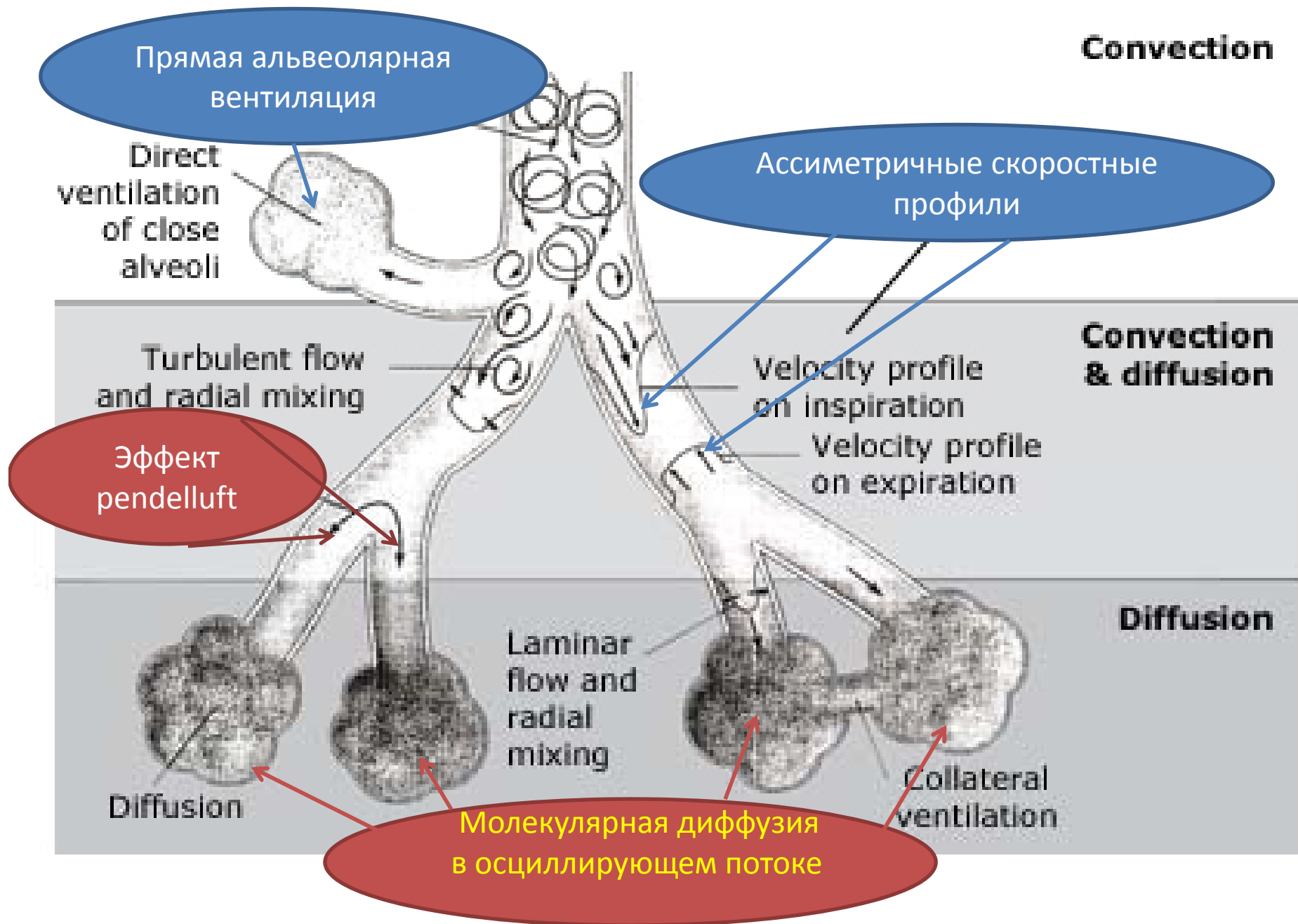
- Частота 5 - 50 Hz (300 - 3.000 / min.)
- V_t близок к объему мертвого пространства
- Активный вдох, активный выдох

«Потери» инспираторного давления

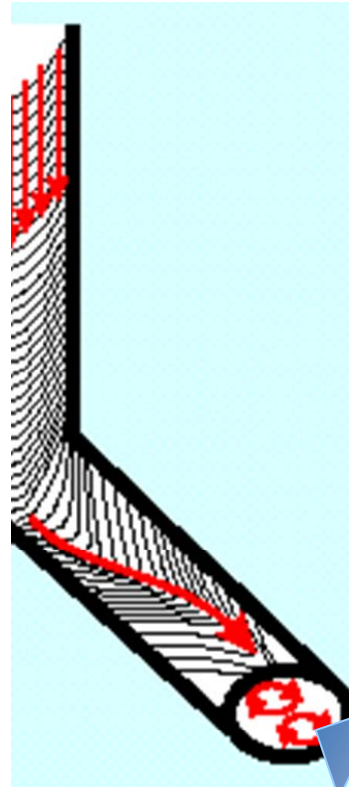
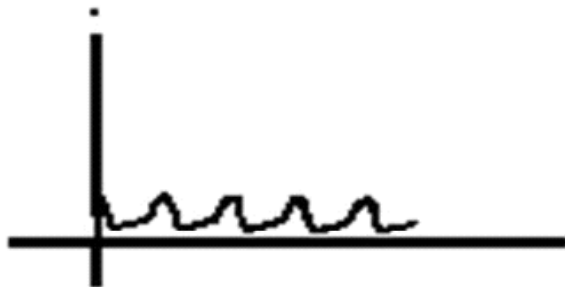
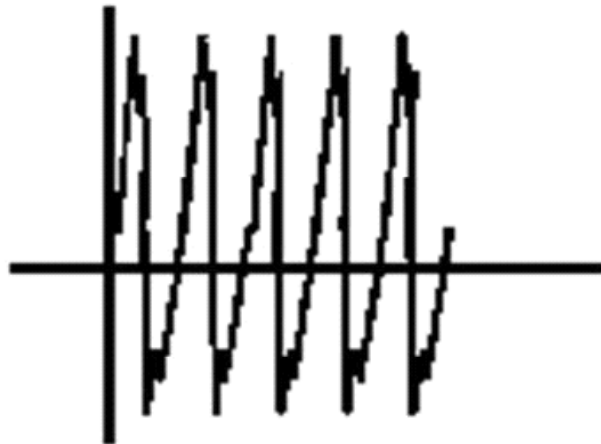


Механизмы газообмена

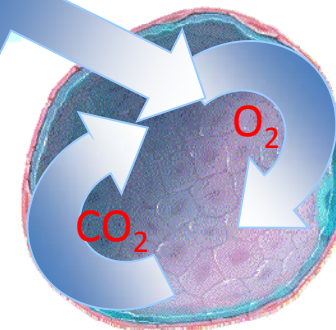
1. Прямая альвеолярная вентиляция
2. Взаимное заполнение альвеол с различной T_c (Pendelluft effect)
3. Ассиметричные скорости потоков
4. Усиленная дисперсия Тейлора
5. Кардиогенное смешивание
6. Молекулярная диффузия в осциллирующем потоке



HFOV



1. Дисперсия Тейлора
2. Продольный транспорт газа в осциллирующем потоке
3. Прямая альвеолярная вентиляция
4. Pendelluft
5. Маятниковая вентиляция



«Нозологические» показания к НФО

Неэффективность традиционной ИВЛ

- Сниженный легочный комплайнс
 - RDS
 - Меконеальная аспирация
 - Гипоплазия легких
 - Диафрагмальная грыжа
 - БЛД
 - Пневмония
- Синдром утечки воздуха (пневмоторакс, БПС)
- Ателектазы

«Противопоказания к НФО»

- Состояния с преимущественным нарушением элиминации CO₂
 - Бронхиолит, астма,
- Выраженные гемодинамические нарушения
 - ВПС с обеднением малого круга;
 - Гиповолемические состояния
- ВЖК III-IV, состояния, ассоциированные с высоким ICP

НФО: Показания («терапевтическая цена»)

Неэффективная оксигенация при традиционной ИВЛ

Недоношенные (МТ < 2500 г.)

относительные:	$P_{in} > 22 \text{ mbar}$
абсолютные:	$P_{in} > 25 \text{ mbar}$

Доношенные (МТ > 2500 г.)

относительные:	$P_{in} > 25 \text{ mbar}$
абсолютные :	$P_{in} > 28 \text{ mbar}$

Rosenberg R.B., Broner C.W. Peters K.J., et al. High-frequency ventilation for acute pediatric respiratory failure. *Chest* ., 1993, Vol. 104. P. 1216-1221.

Стартовые параметры HFO

MAP (PEEP): 2-5-(8) выше MAP при IPPV; при необходимости увеличить MAP до уровня, приводящего к росту pO_2 ;

HFO частота: 10 Hz

HFO амплитуда: 100%



HFO объем: 2 - 2.5 ml/kg

Ventilator Settings

▲ Initial pediatric frequency settings

1000 g	15 Hz
1000-2000 g	12 Hz
2.0-10.0 kg	10 Hz
13-20 kg	8 Hz
21-30 kg	7 Hz
>30 kg	6 Hz
Meconium aspiration	3-6 Hz

Осложнения, противопоказания и ограничения НФО

- Избыточная секреция
- Гемодинамические нарушения
- ВЖК
- Перераздувание легких
- Некротический трахеобронхит

Ранние осложнения НФО

1. Артериальная гипотензия – результат уменьшения венозного возврата
 - → ответ на болюсное введение жидкости
2. Повышение ВЧД (у детей с ВЖК или исходно высоким ВЧД);
 - →?? взвешенное решение о риске и целесообразности НФО

Ведение НFO

Гипоксия

увеличить MAP до 25 mbar
(контроль ЦВД)
увеличить FiO_2

Гипероксия

снизить FiO_2 до 0.6 → 0.3 → 0.21
осторожно уходить от MAP

Ведение НФО

Гиперкапния

амплитуда 100%

осторожно снижать HF частоту

увеличить MAP (свыше 10 мбар)

(для аппаратов Babylog ориентир DCO_2)

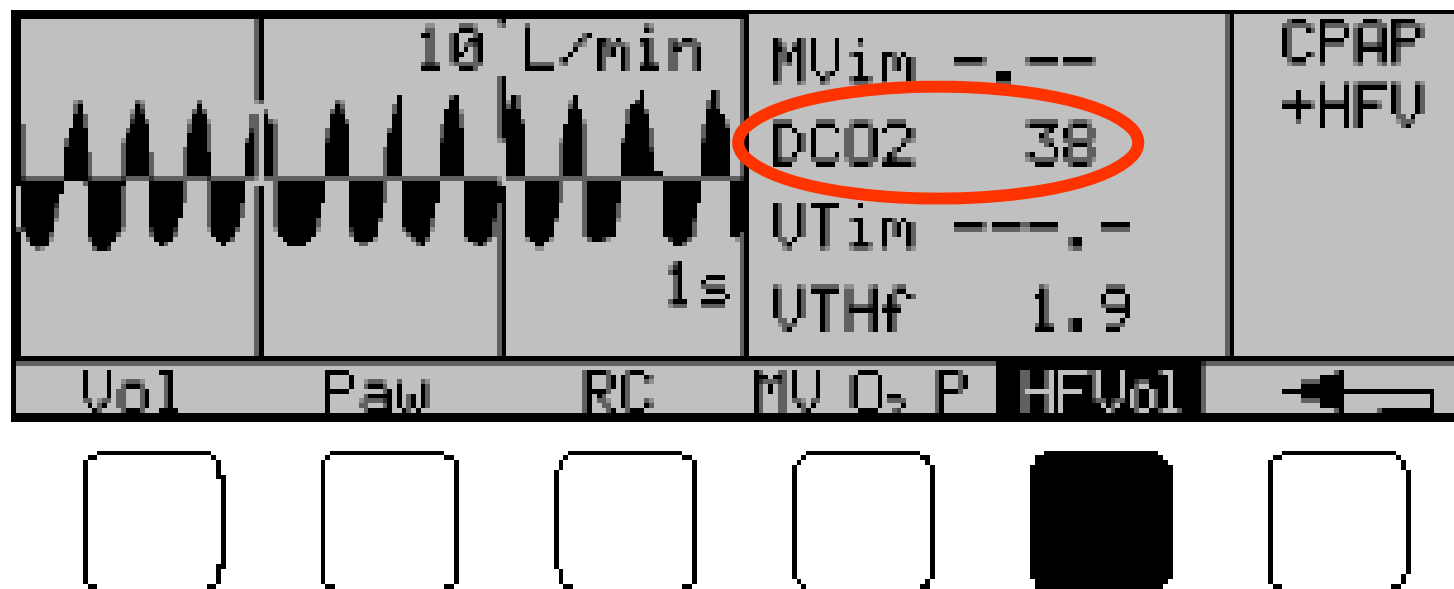
Гипокапния

снизить амплитуду

увеличить частоту

снизить MAP (ниже 8 mbar)

Коэффициент диссоциации DCO_2



DCO_2 – коэффициент коррелирующий со скоростью элиминации CO_2

$$\text{DCO}_2 = V_{t\text{HF}} \times F_r$$

Ведение HFO

Перераздувание

снизить MAP

снизить частоту

обсудить вопрос о прекращении HFO

Гипотензия

коррекция ОЦК

дофамин от 5 мкг/кг*мин

снизить MAP

обсудить вопрос о прекращении HFO

Мониторинг при НФО

- Обязательный:
 - инвазивный мониторинг АД/ЦВД,
 - КОС артериальной крови
 - SpO₂
 - Рентгенография ОГК ежедневно (min)
- Оптимальный:
 - Транскутанный мониторинг tpO₂/tpCO₂

Результаты использования НФО



Результаты использования НФО

- Ретроспективные исследования в 53 центрах:
 - «Использование НФО сопровождается некоторым увеличением выживаемости при РДС в случаях отсутствия эффекта от СМВ»

[Sarnaik A.P., Meert K.L., Pappas M.D., et al. Predicting outcome in children with severe acute respiratory failure treated with high-frequency ventilation. *Crit Care Med* 1996, 24:1396-1402.]

- Проспективные мультицентровые исследования (2005) не показали различий в 28 дневной у новорожденных получавших СМВ и НФО

[Bhuta T., Henderson-Smart D.J. Rescue high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for pulmonary dysfunction in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 1998]

[Rojas M.A., Lozano J.M., Rojas M.X., et al. Randomized, multicentre trial of conventional ventilation versus high-frequency oscillatory ventilation for the early management of respiratory failure in term or near-term infants in Colombia. *Journal of Perinatology* 2005;25:720-4.]

Результаты использования НФО

- Метаанализ (461 источника):
 1. НФО достоверно улучшает состояние оксигенации и легочной механики
 2. Использование НФО не влияет на продолжительность ИВЛ, продолжительность госпитализации, **выживаемость**

Dyindam A., Ista E. , Houmes R.J. Invasive ventilation in children : A systematic review and meta analysis. Critical Care. 2011. Vol.15, P 24.

Собственные наблюдения

- Снижение
счет и
помощь
легкие
– Ран
– Неи
– Огр

