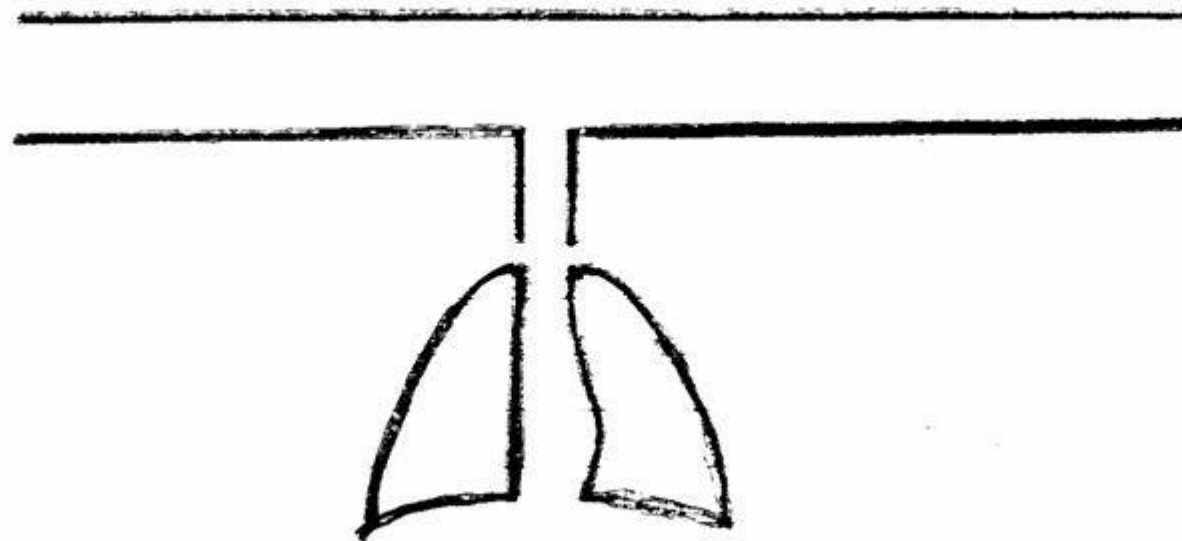


Искусственная вентиляция легких у новорожденных

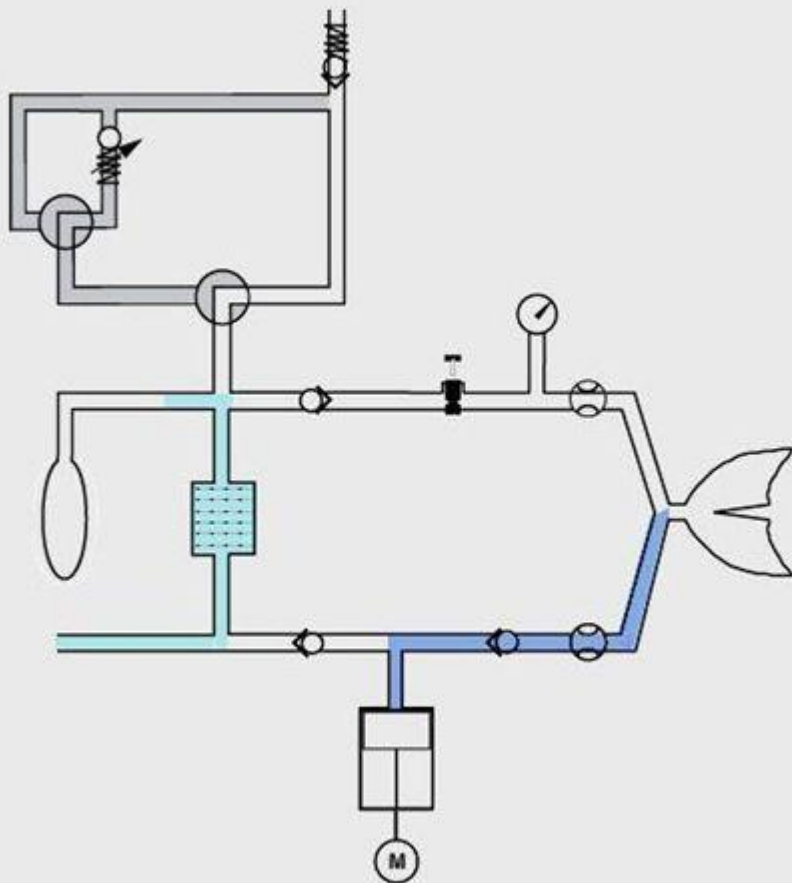
**Ю.А. Устинович,
БелМАПО, к.м.н., доцент**

Принципиальное устройство



Принципиальное устройство

Происхождение дыхательного объема/инспираторного потока:



- Дыхательный мех
- Поршневой насос
- Турбина



Система доставки газов

O₂

Локальный баллон
Централизованная система
(баллоны, газификатор)



Давление = 2-6 бар

Относительная влажность = 0%

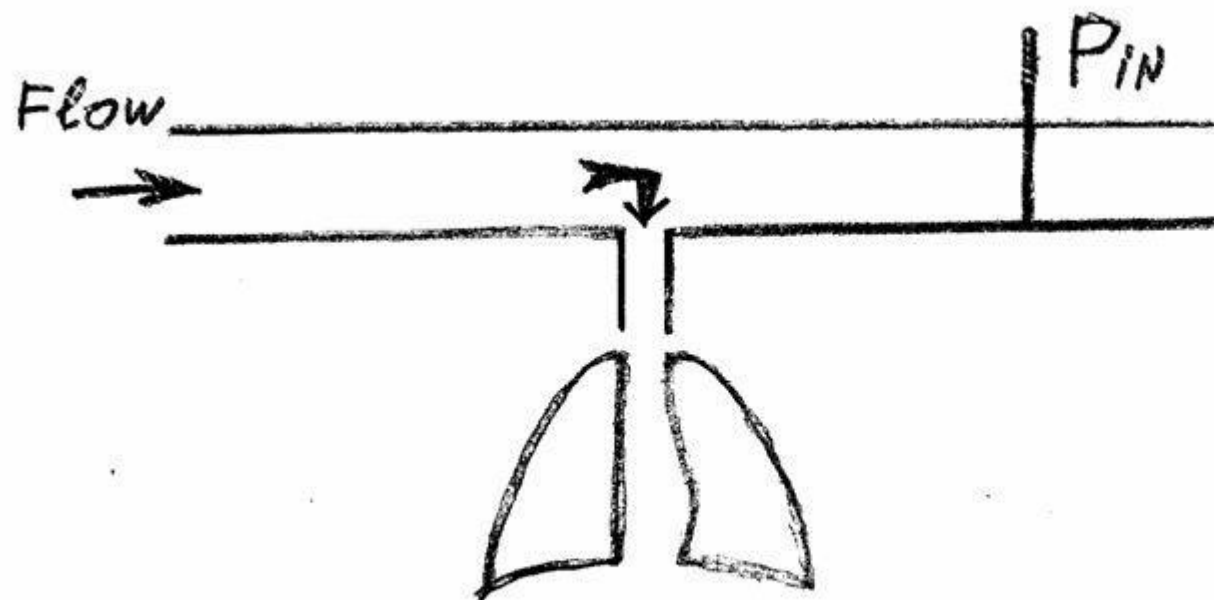
Температура равна температуре окружающей среды

Air

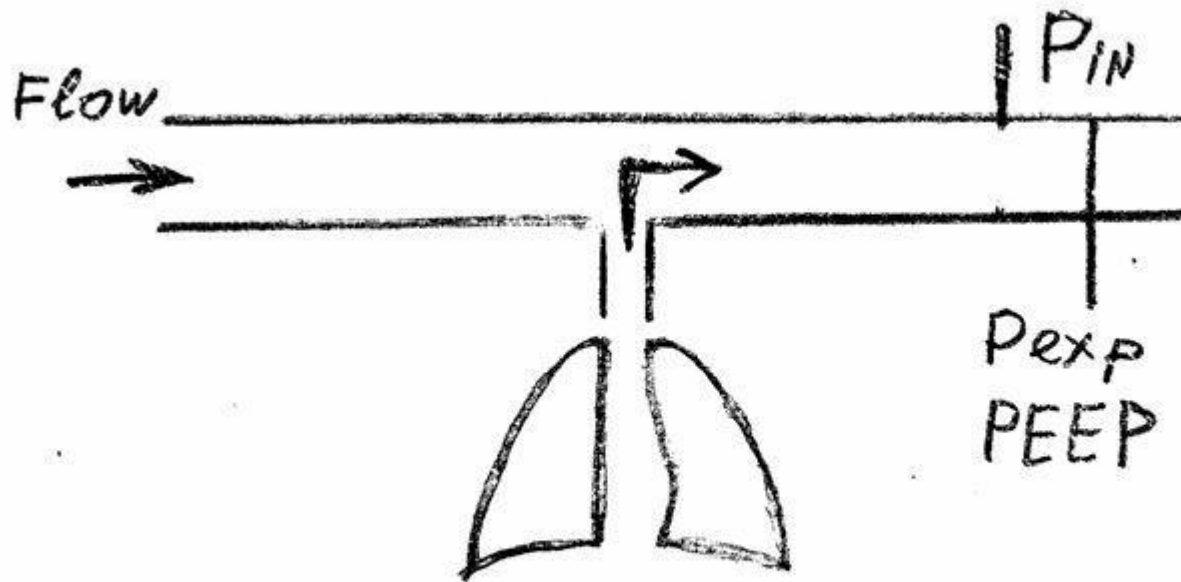
Локальный компрессор
Локальный баллон
Централизованная система
(центральный компрессор)



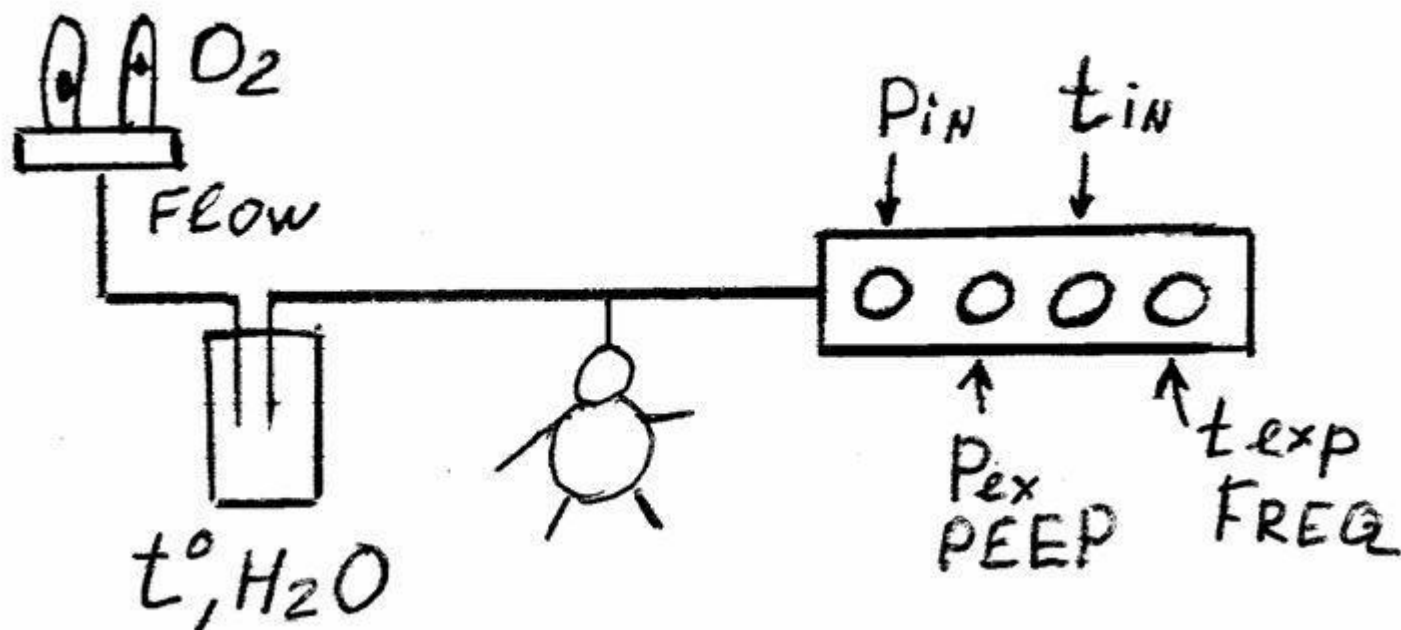
Принципиальное устройство



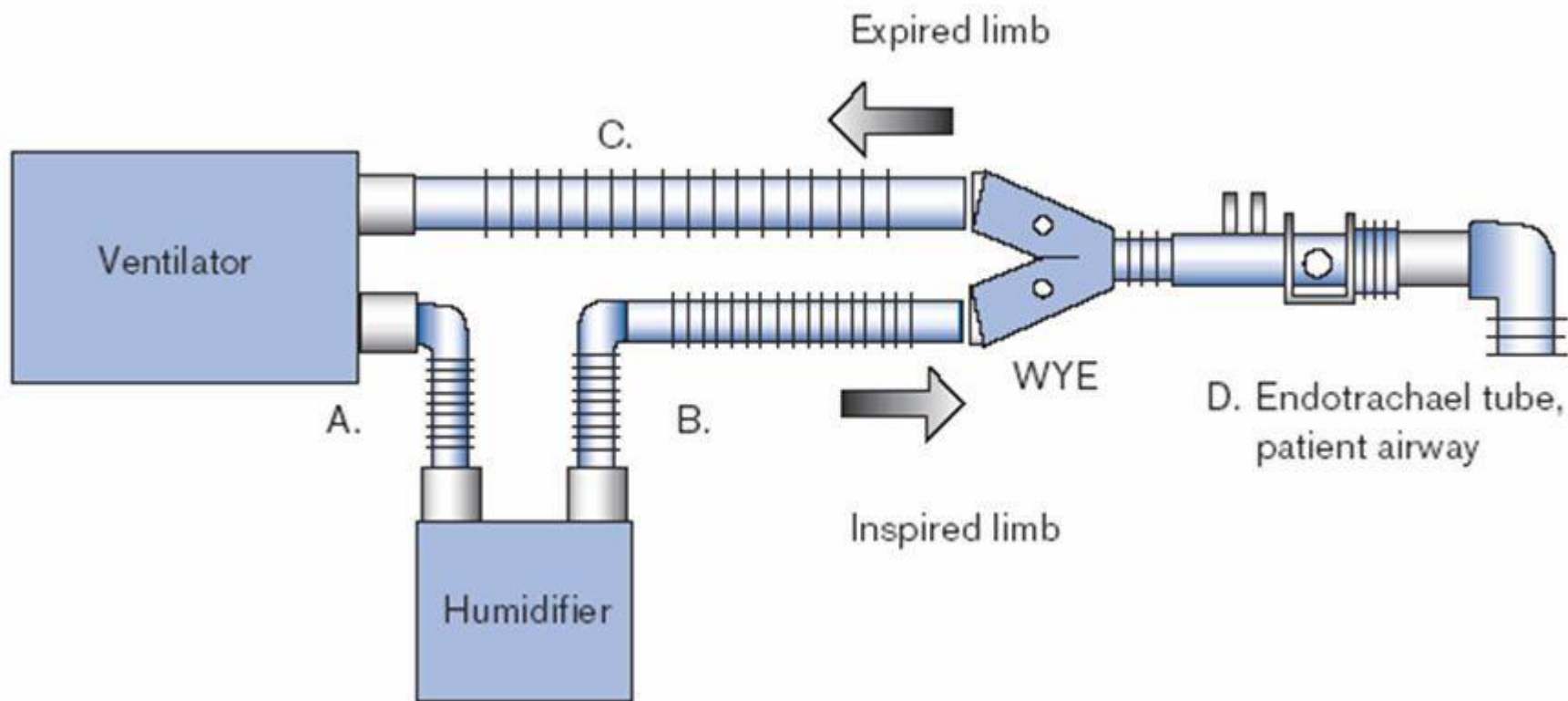
Принципиальное устройство



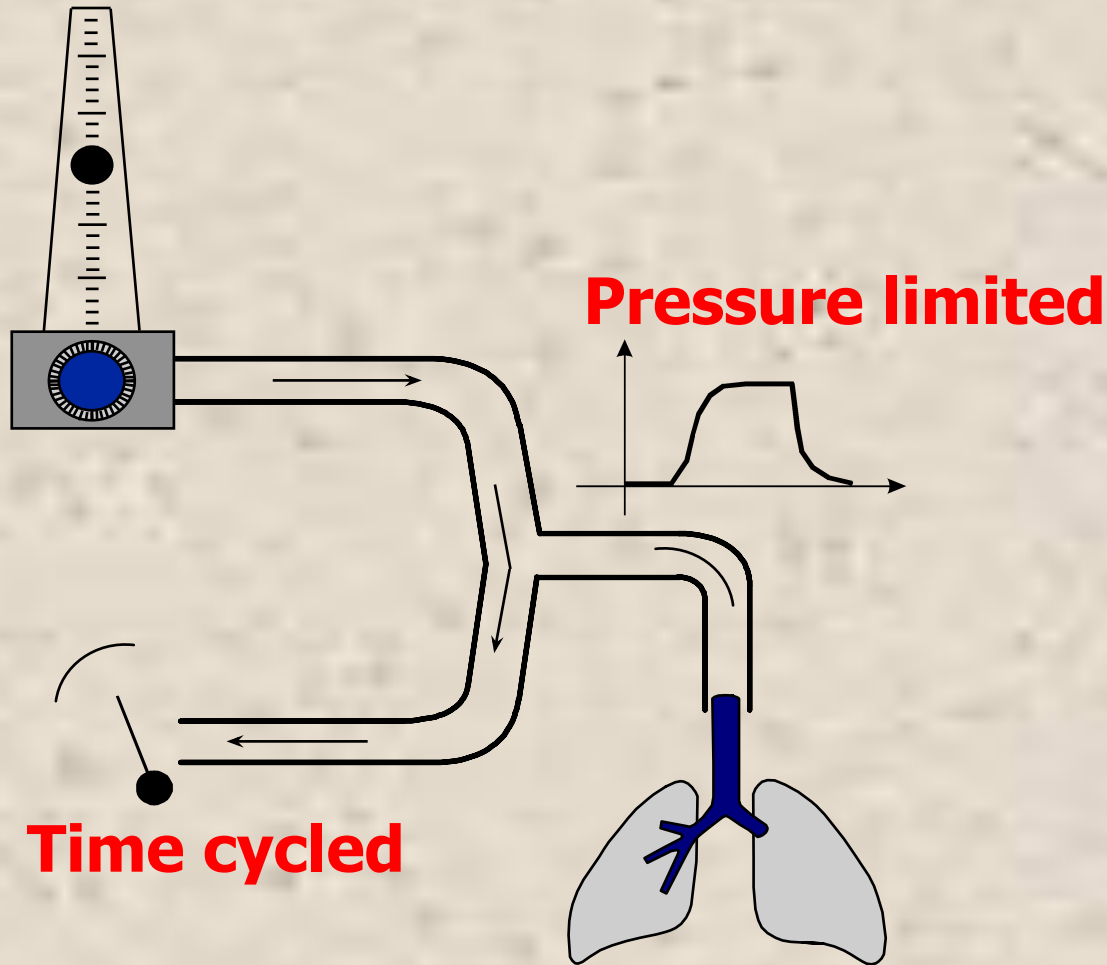
Принципиальное устройство



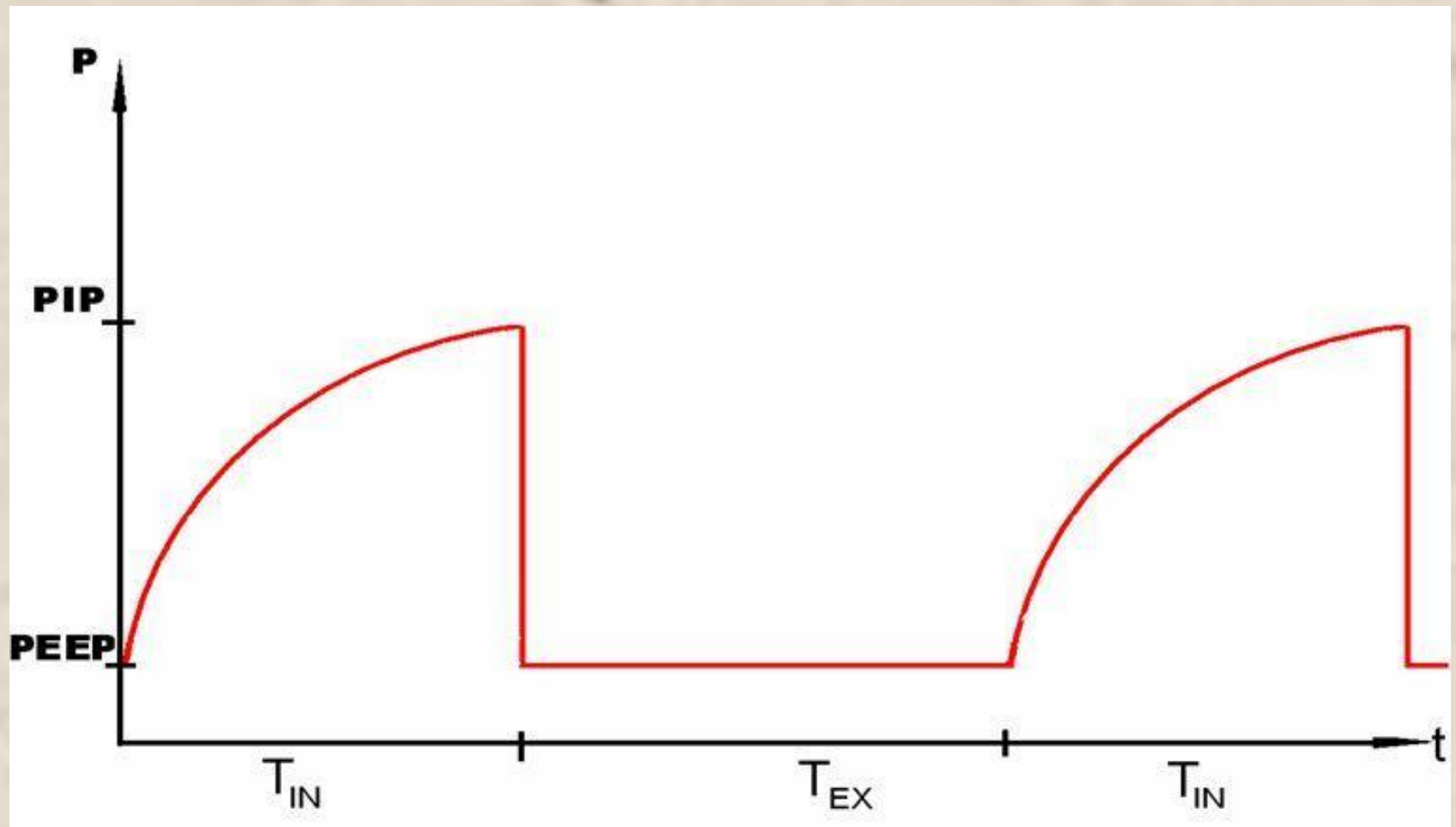
Принципиальное устройство



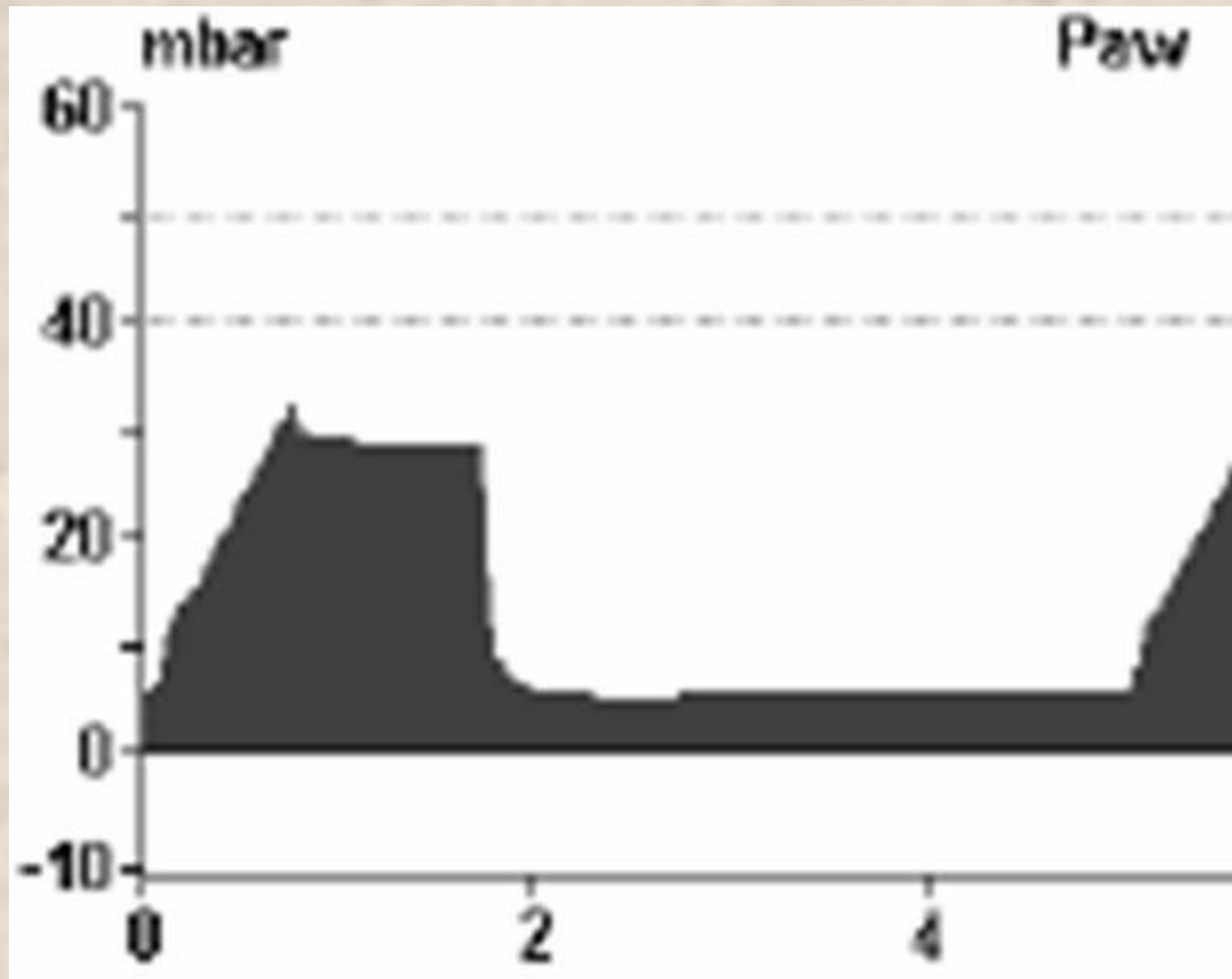
Принципиальное устройство



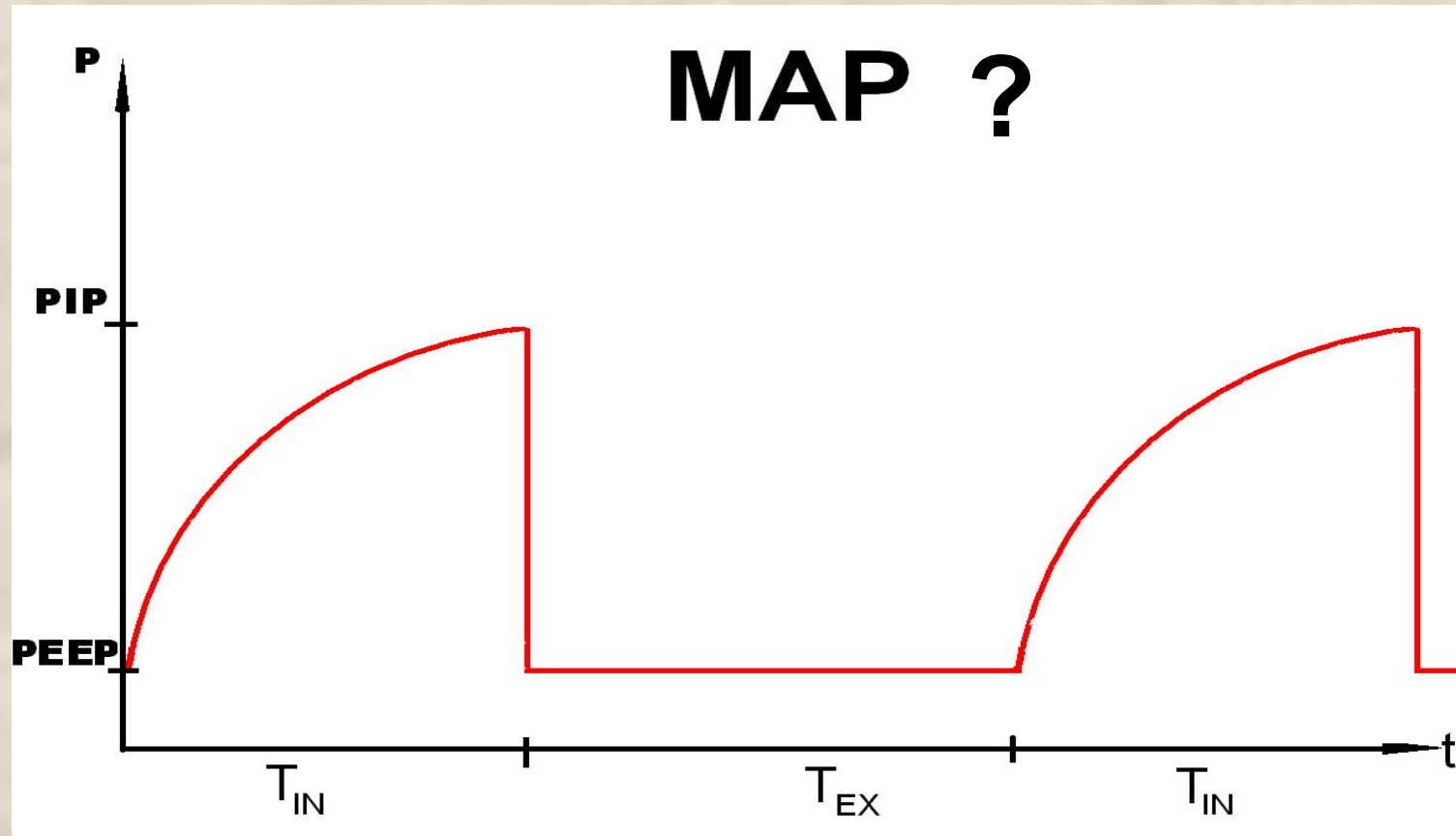
Давление – время



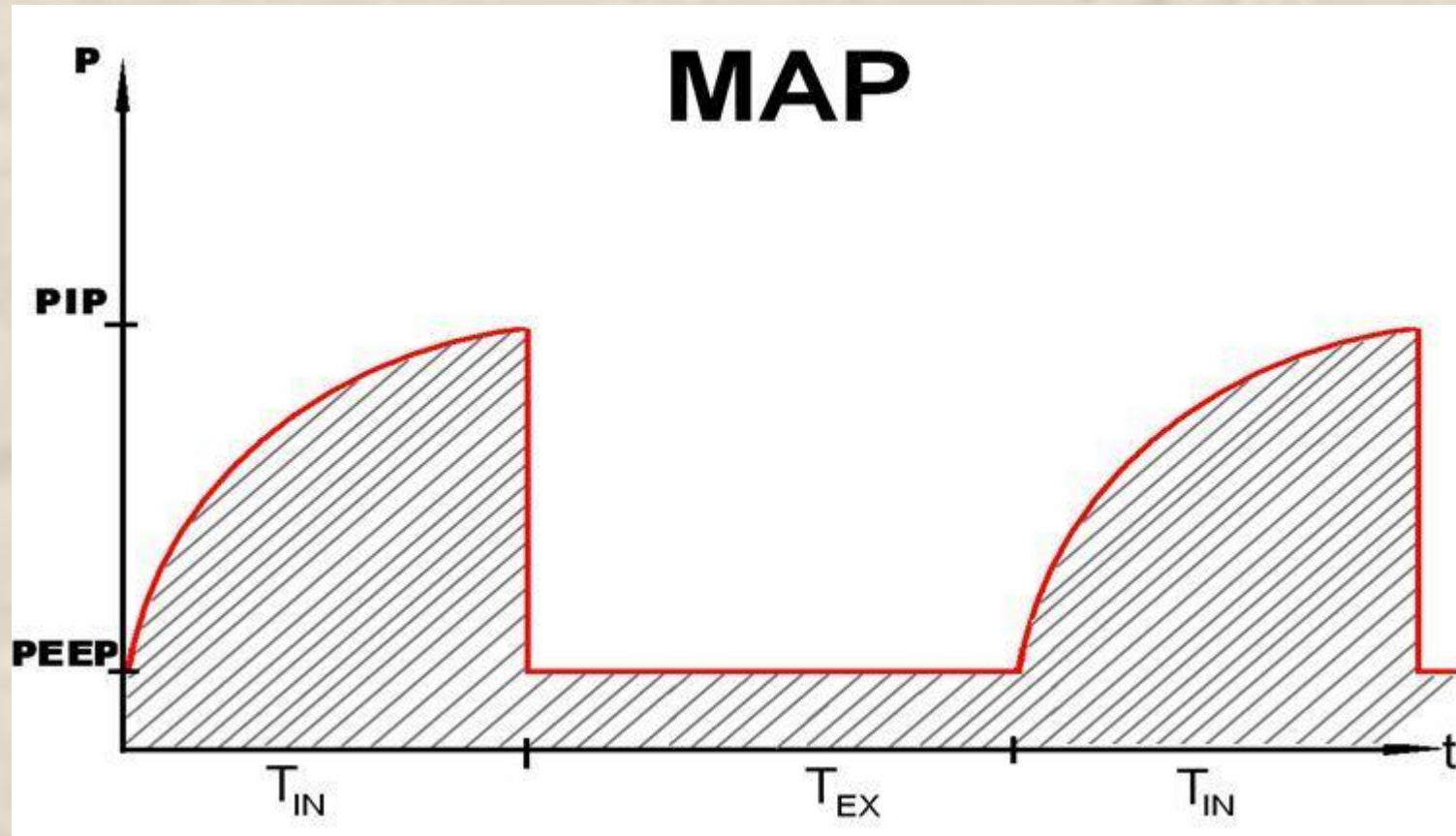
Давление – время



Mean airway pressure - MAP



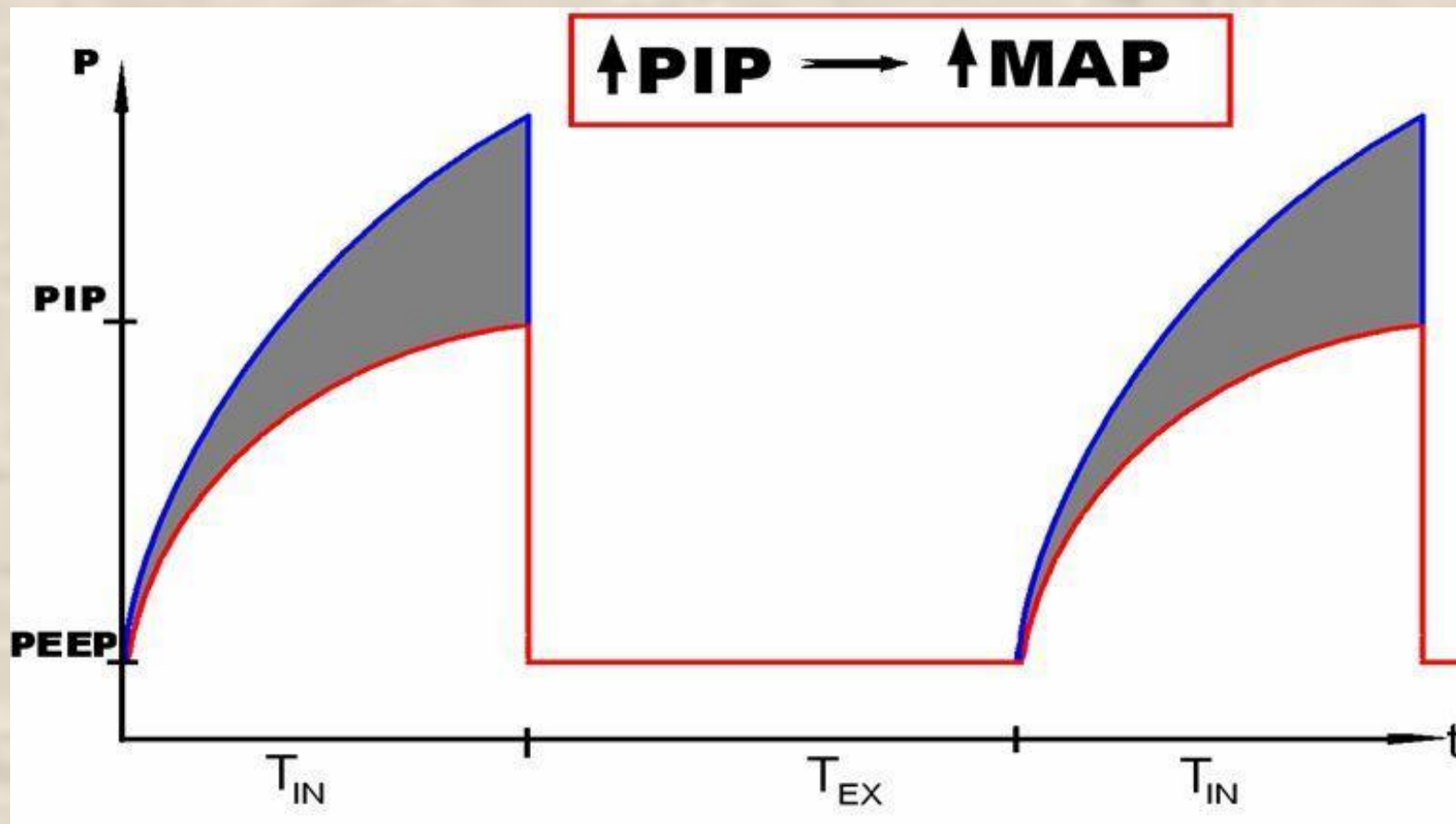
МАР - площадь



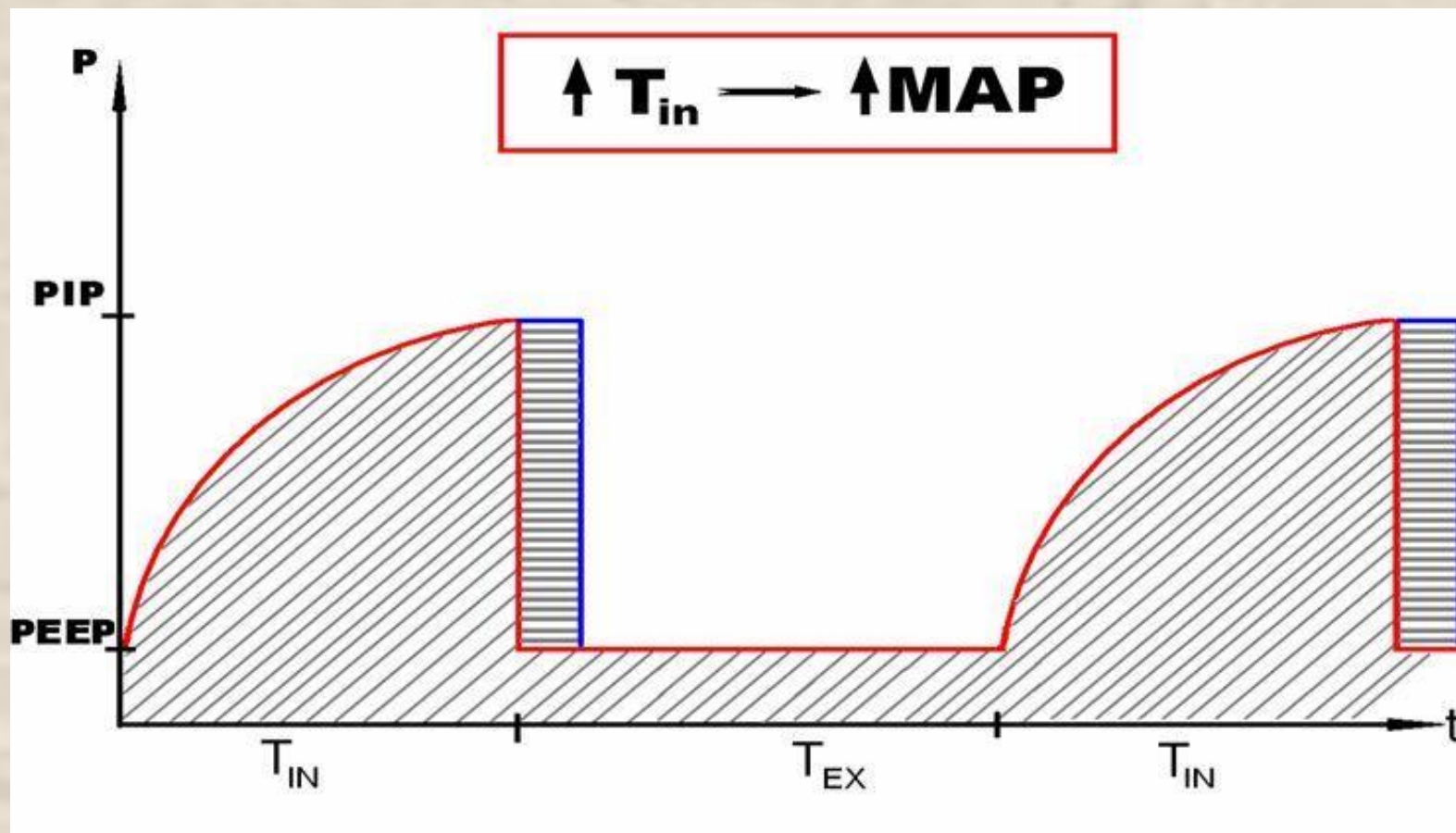
**pO₂ прямо пропорционально
MAP**

MAP → **pO₂**

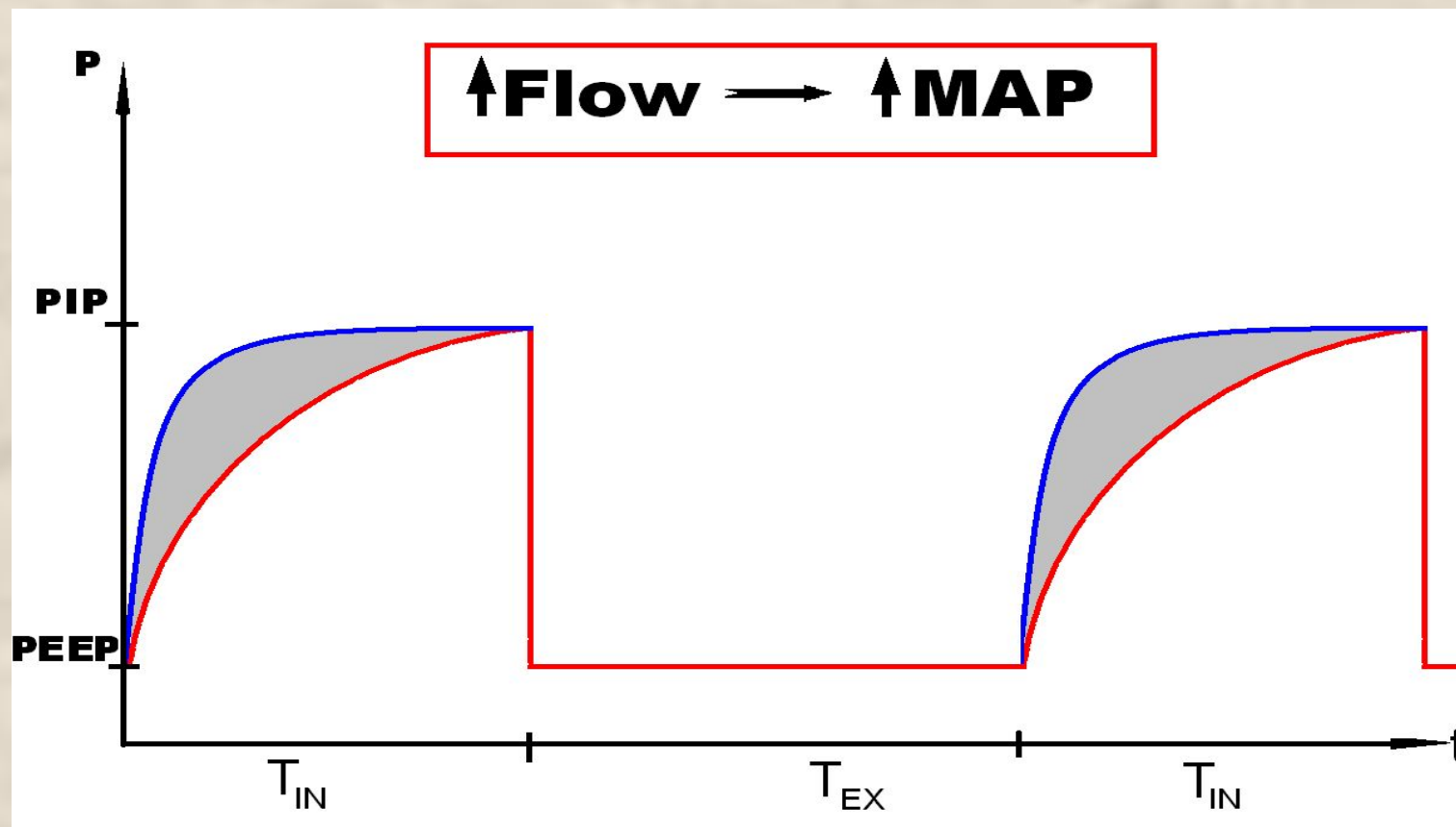
Как увеличить pO_2 ?



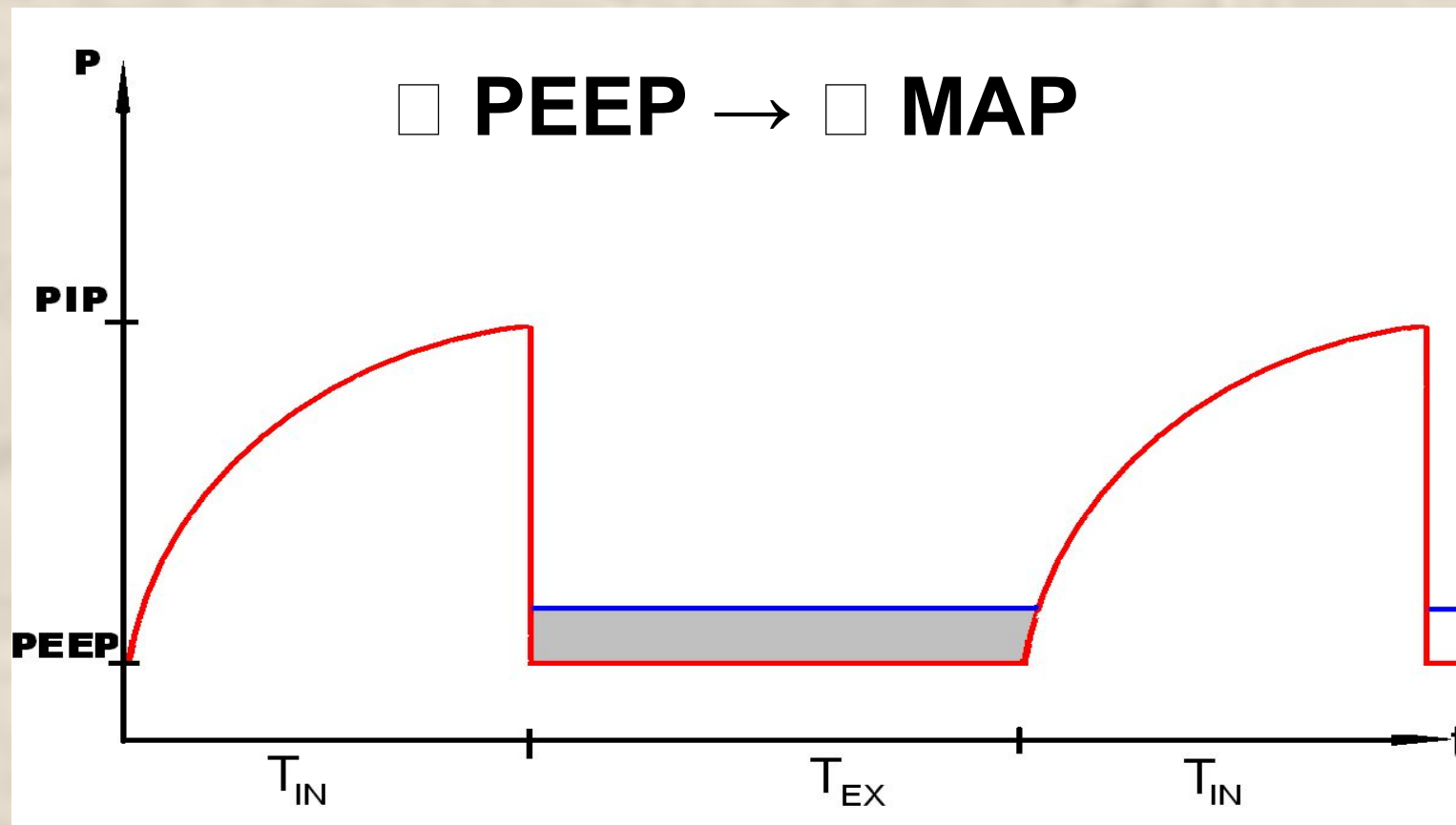
Как увеличить pO_2 ?



Как увеличить pO_2 ?



Как увеличить pO_2 ?



Как увеличить pO_2 ?

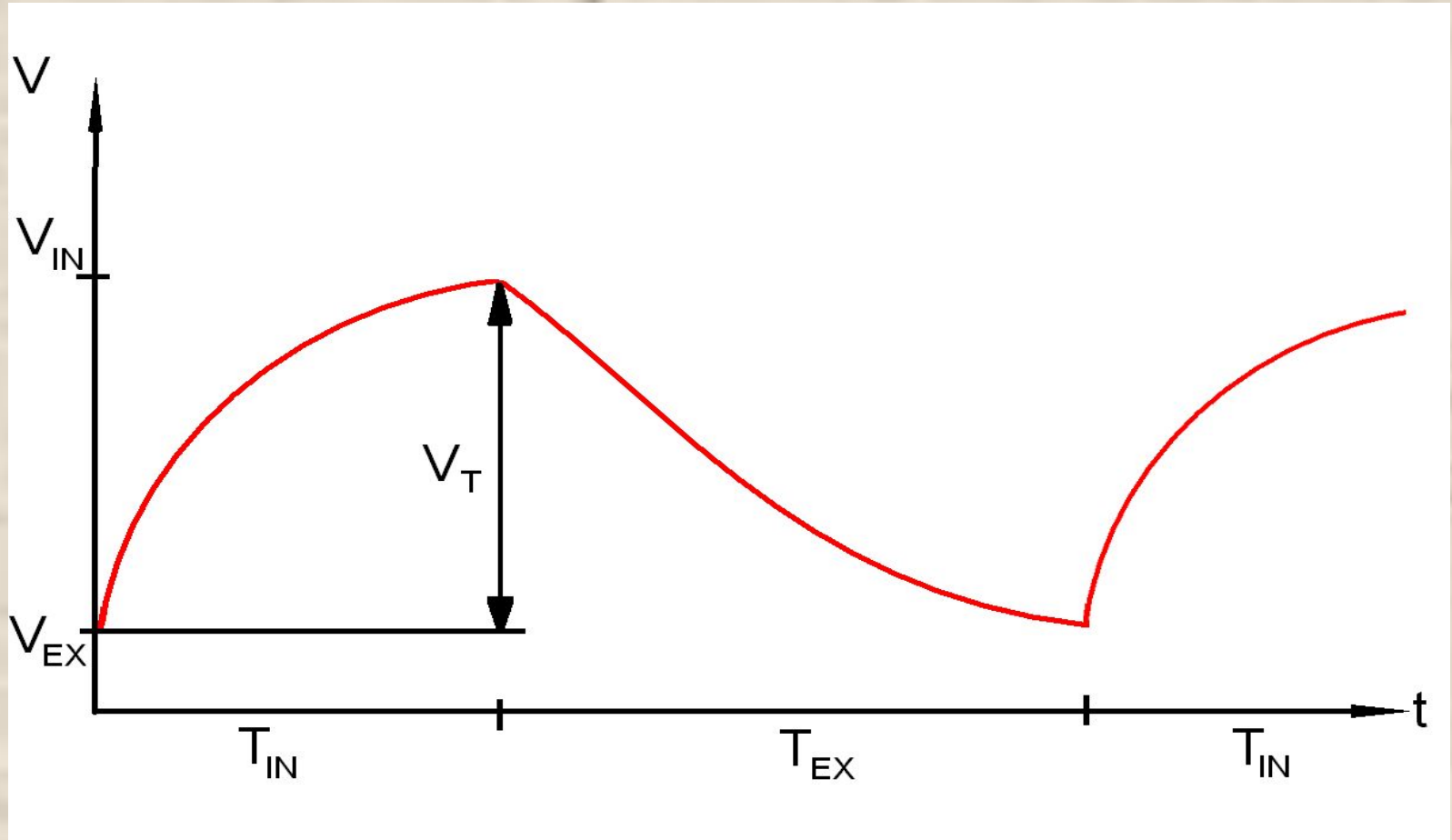
1. P inspiration
2. T inspiration
3. Flow
4. P expiration (PEEP)
5. Frequency inspiration
6. **O₂**

pCO₂ обратно пропорционально MV

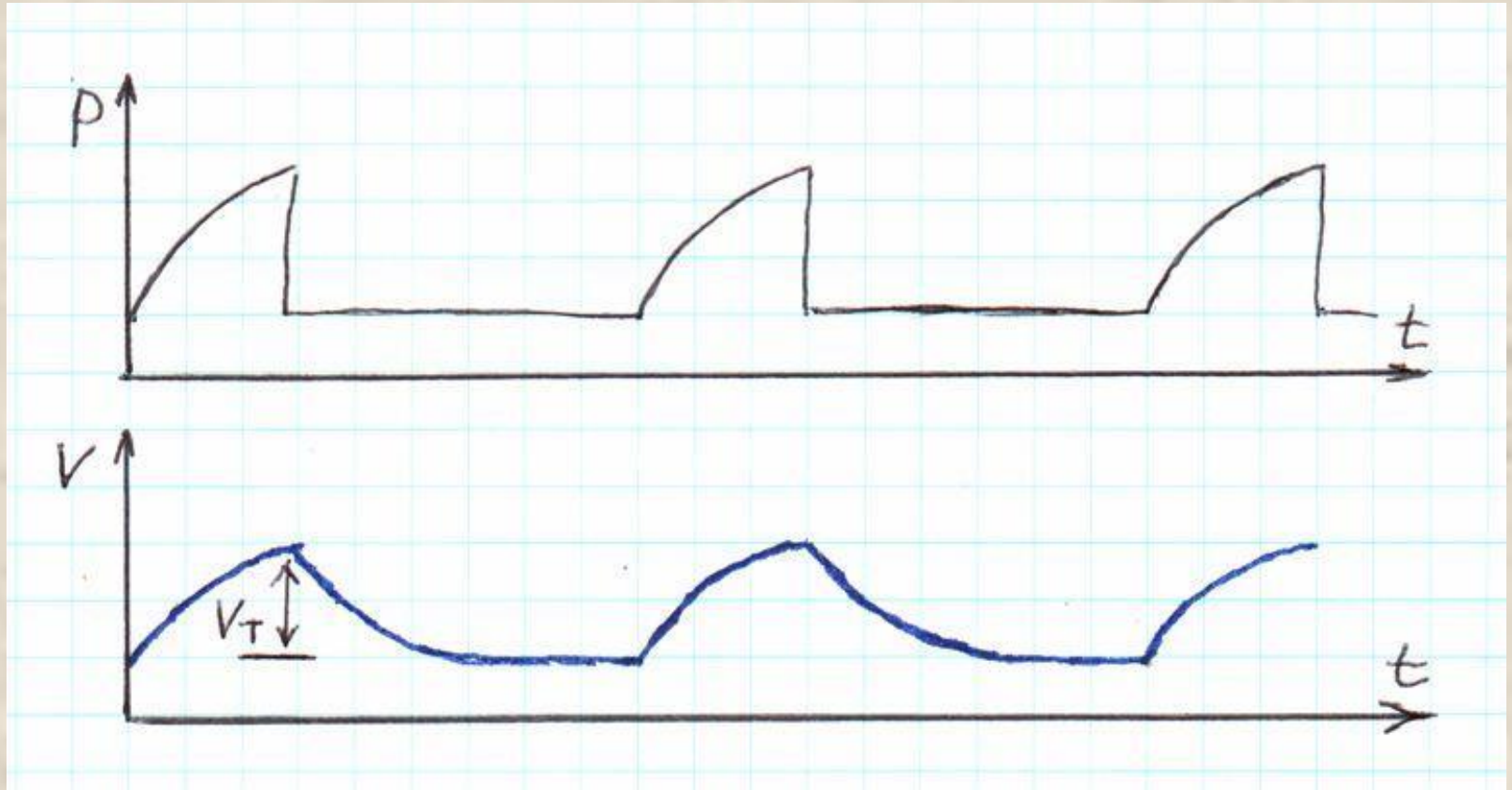
□ MV → □ pCO₂

$$**MV = \text{Freq.} \times V_T**$$

Дыхательный объем V_T

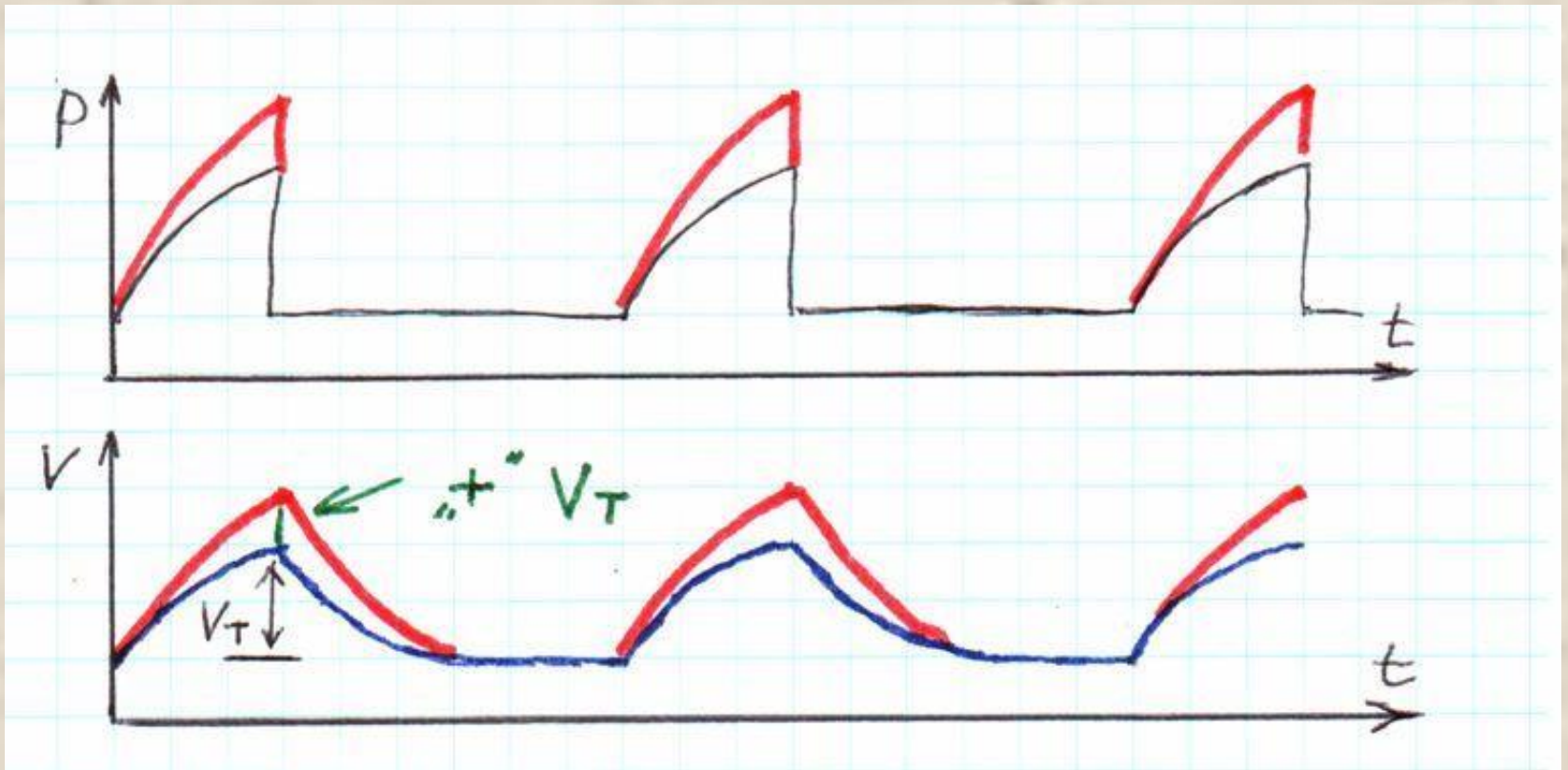


Дыхательный объем V_T



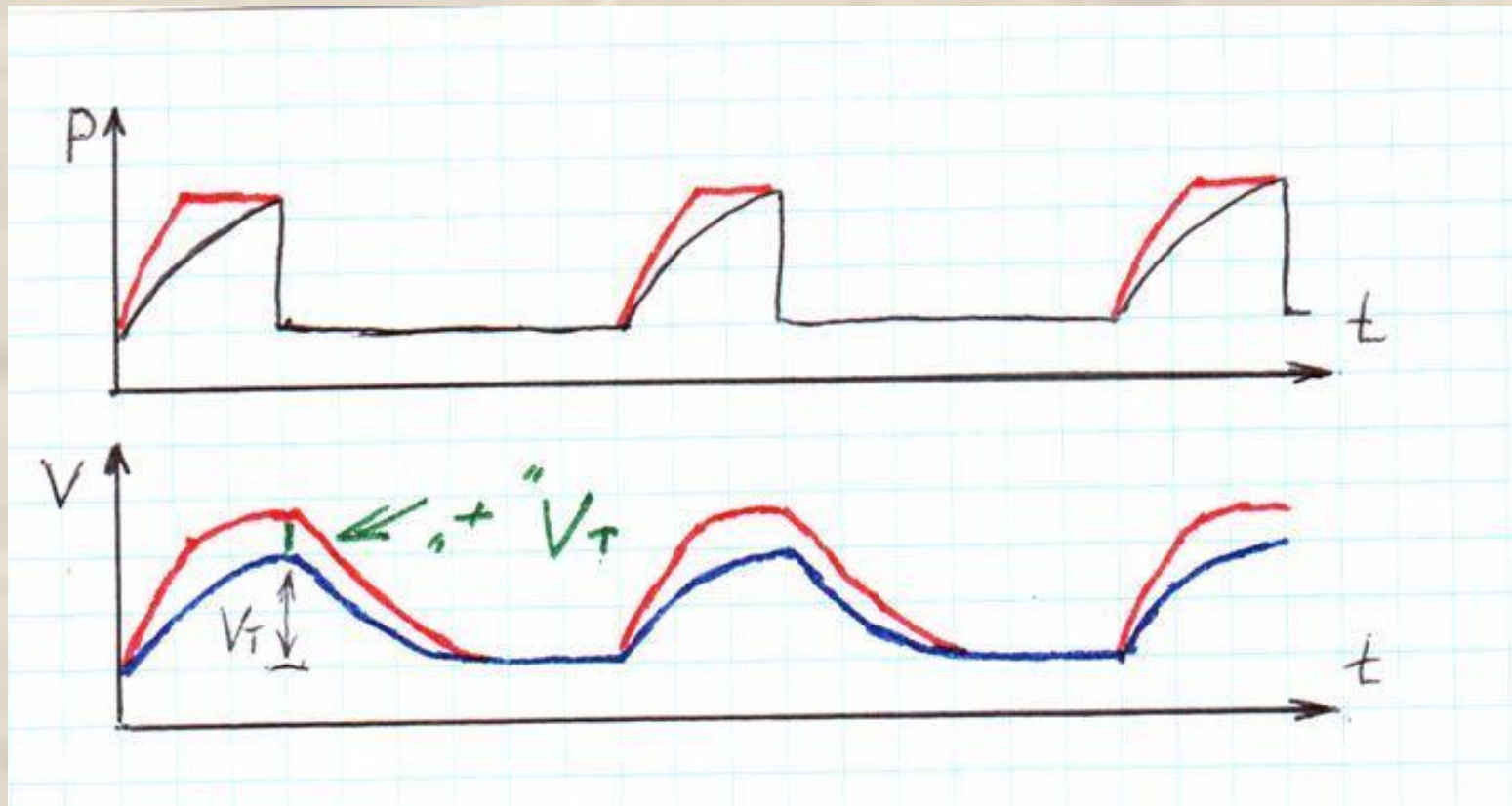
Дыхательный объем V_T

□ P_{in} → □ V_T → □ pCO_2



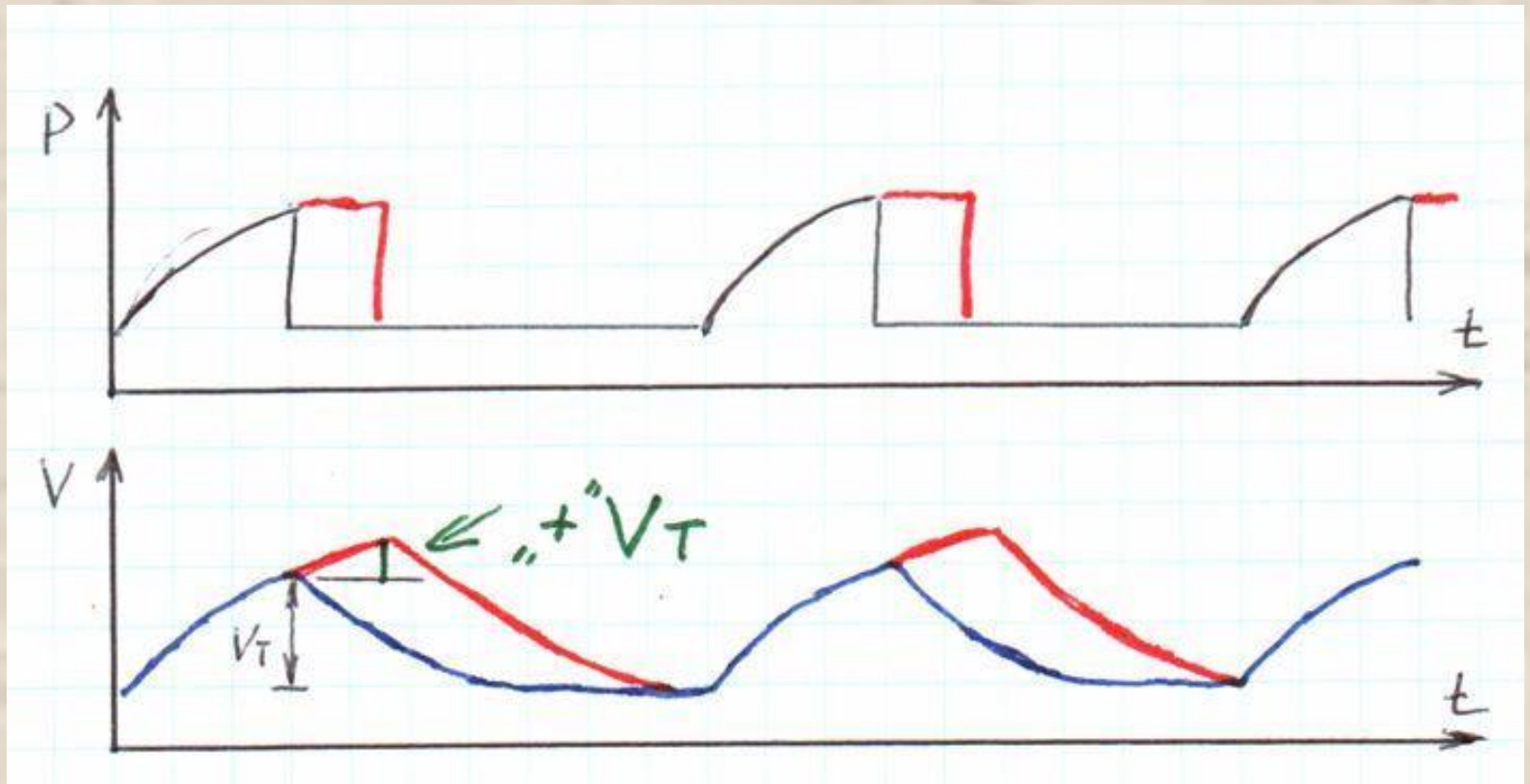
Дыхательный объем V_T

□ Flow → □ V_T → □ pCO_2



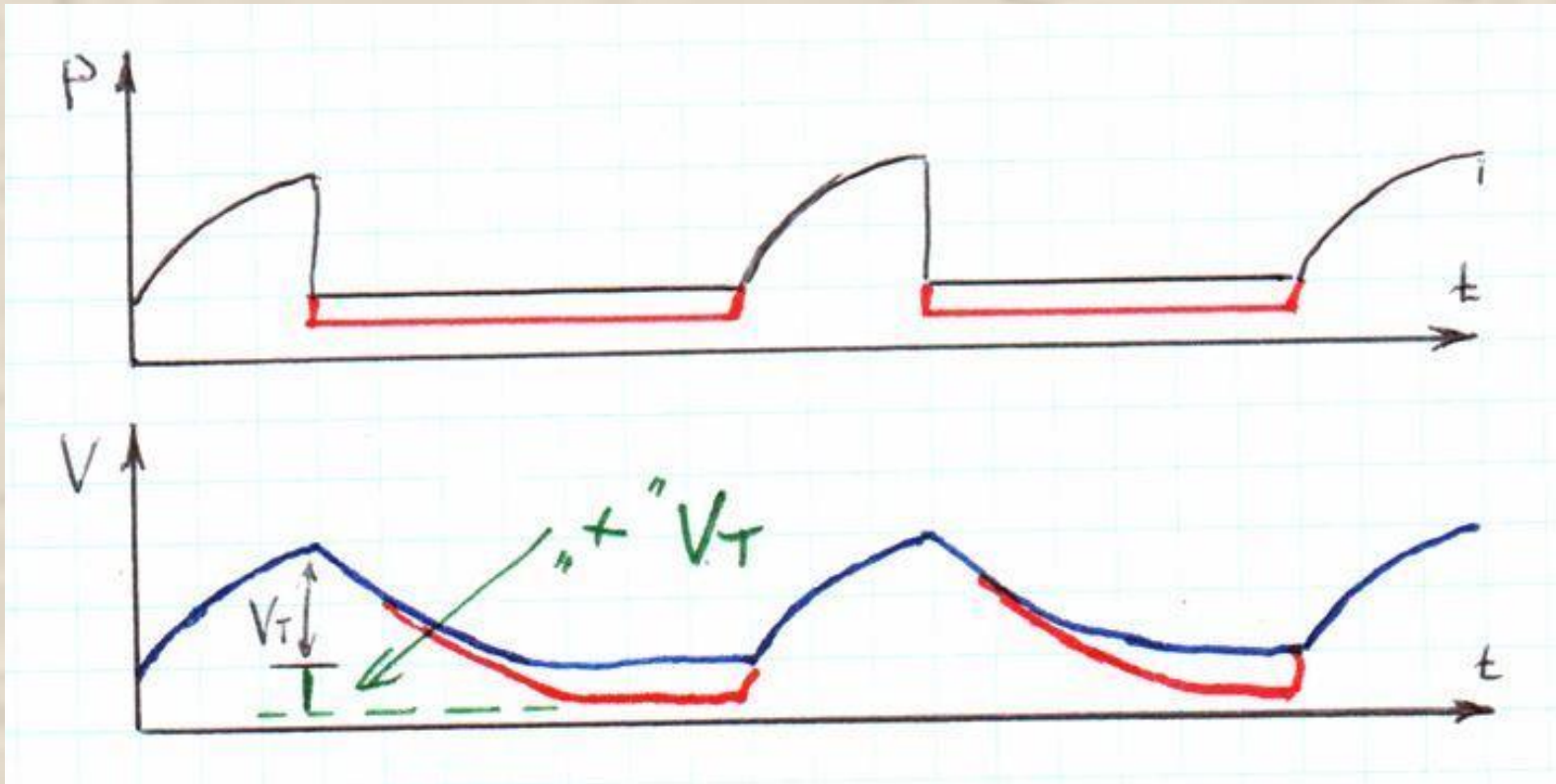
Дыхательный объем V_T

$\square T_{in} \xrightarrow{+} \square V_T \rightarrow \square pCO_2$



Дыхательный объем V_T

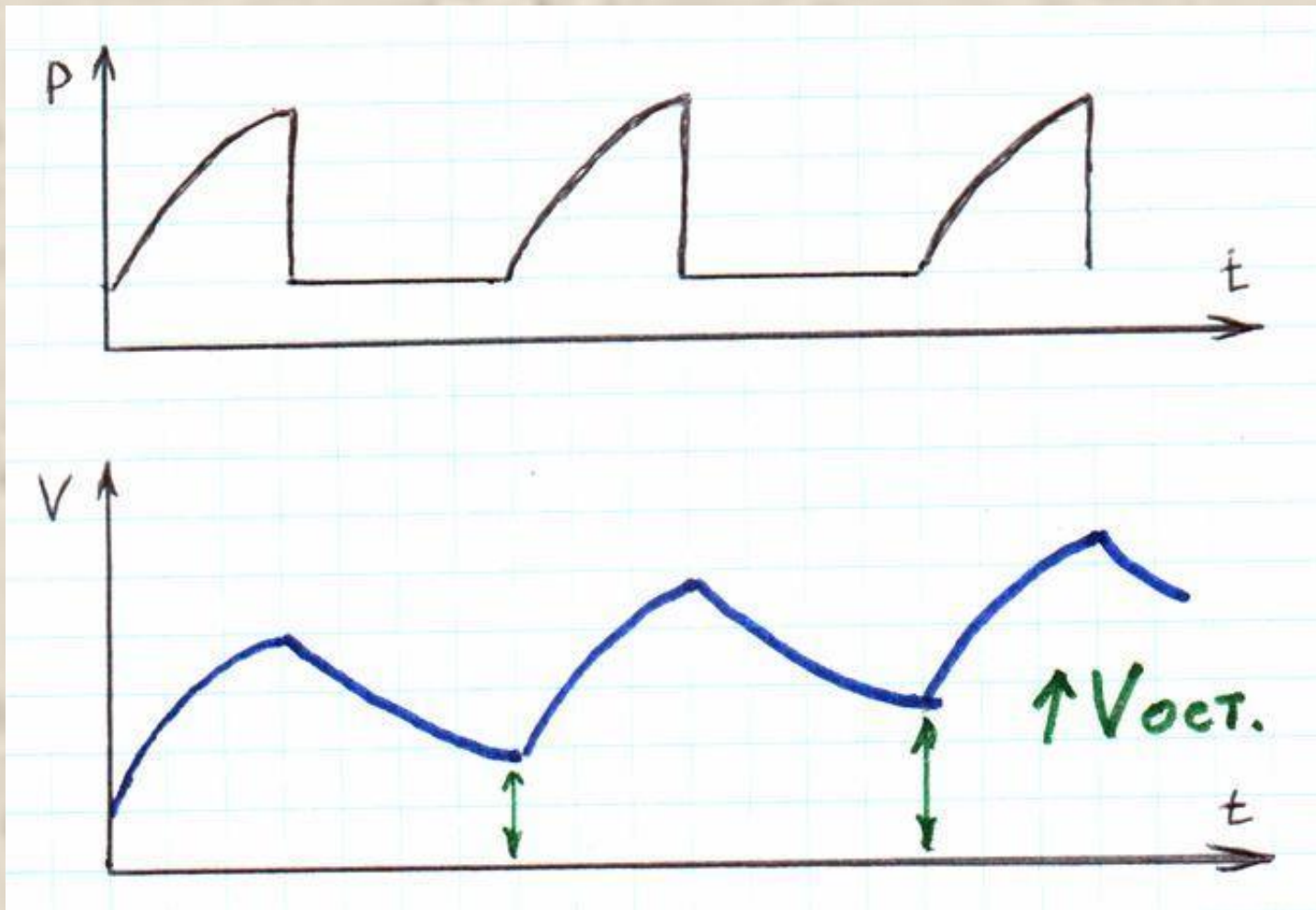
□ P_{exp} (PEEP) → □ V_T → □ pCO_2



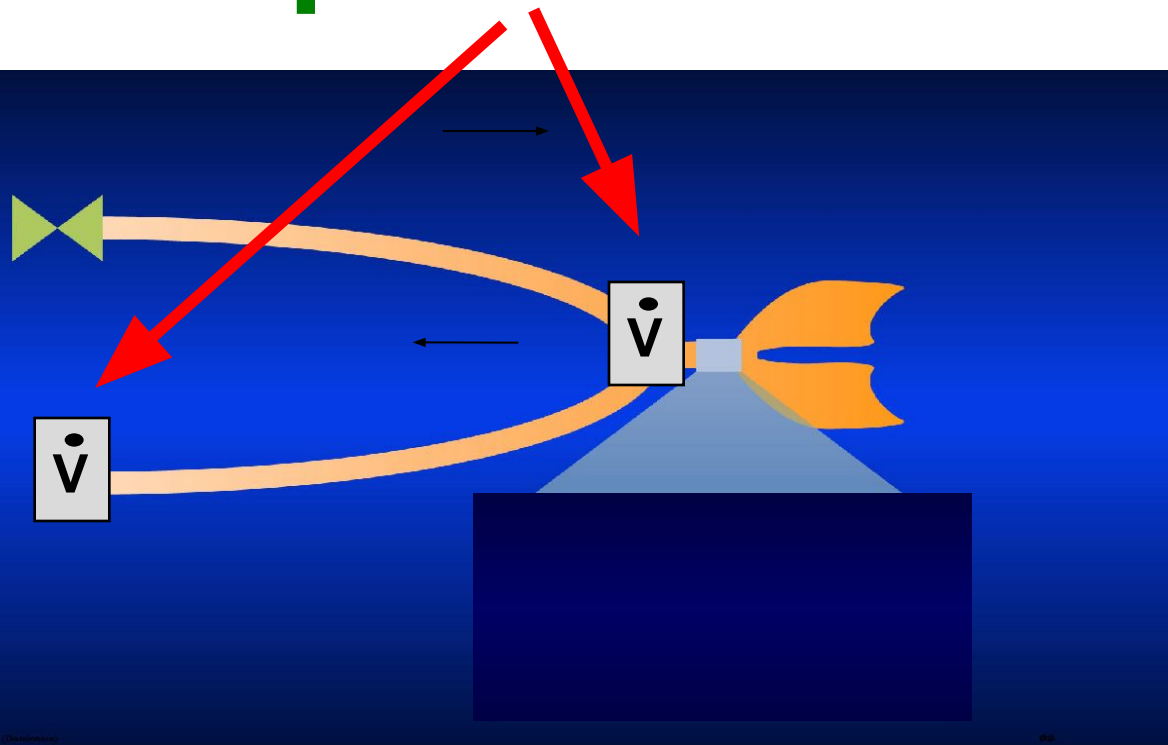
Как «ВЫМЫТЬ» CO₂

1. Frequency inspiration
2. P inspiration
3. P expiration (PEEP)
4. Flow
5. T inspiration +

Дыхательный объем V_T



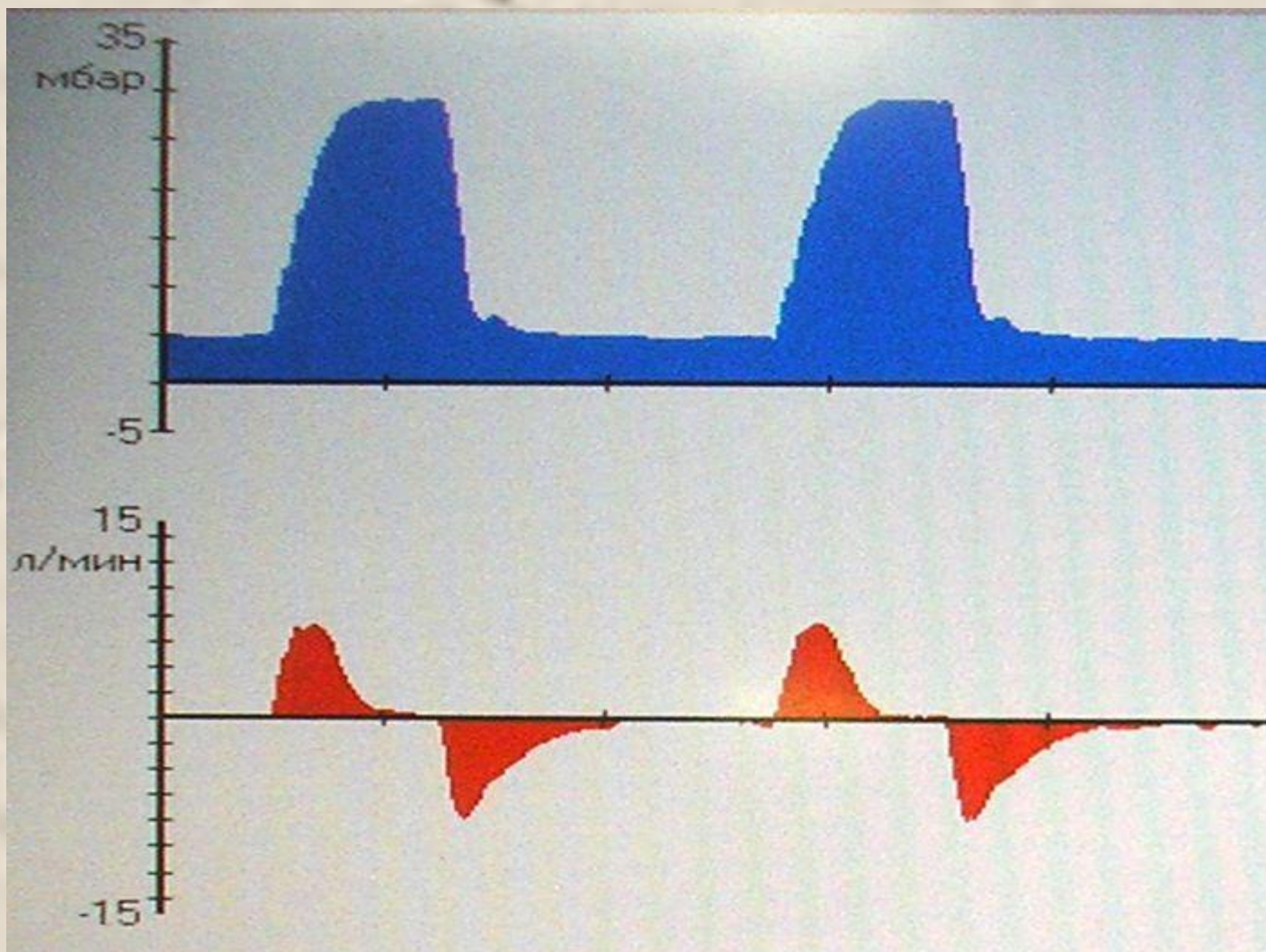
Измерение потока



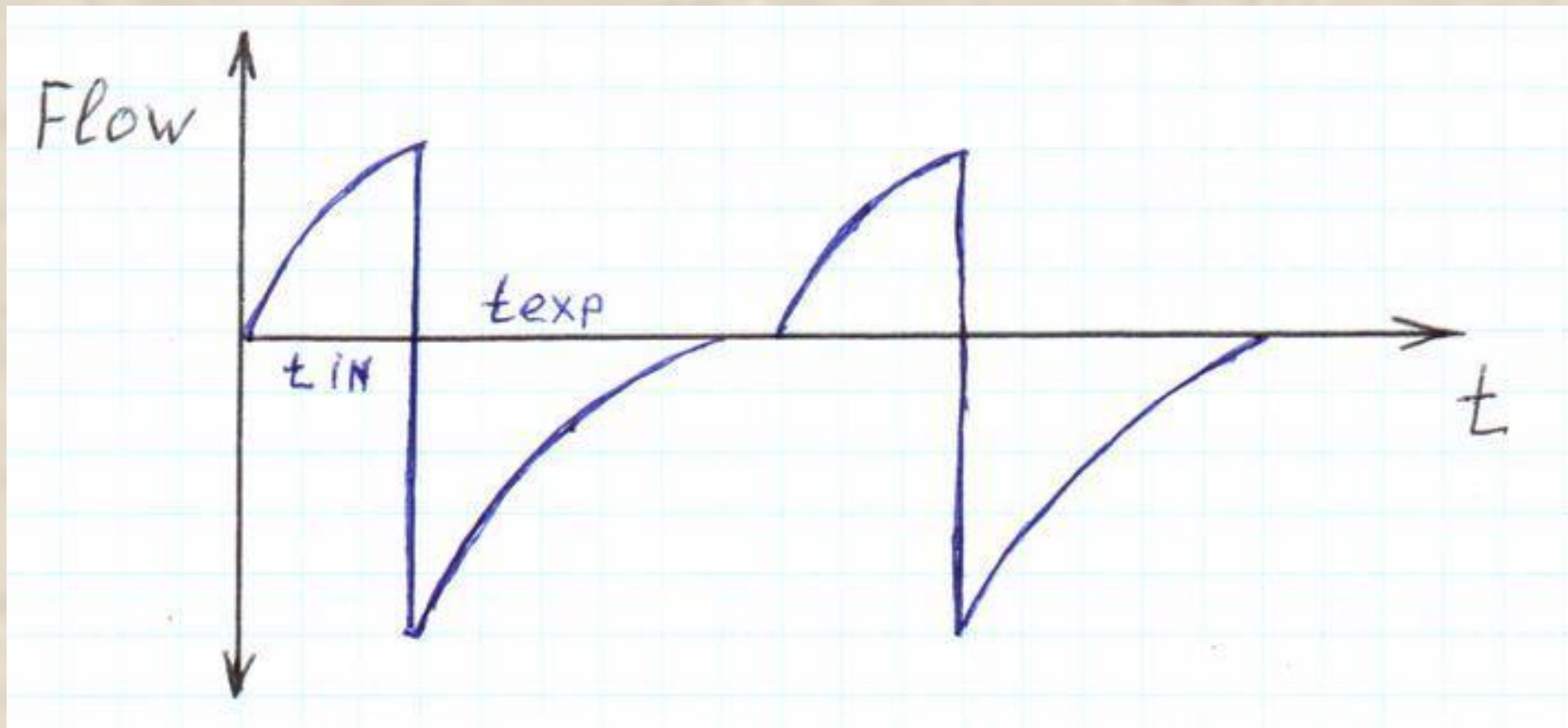
Потоковый датчик: проксимальный экспираторный



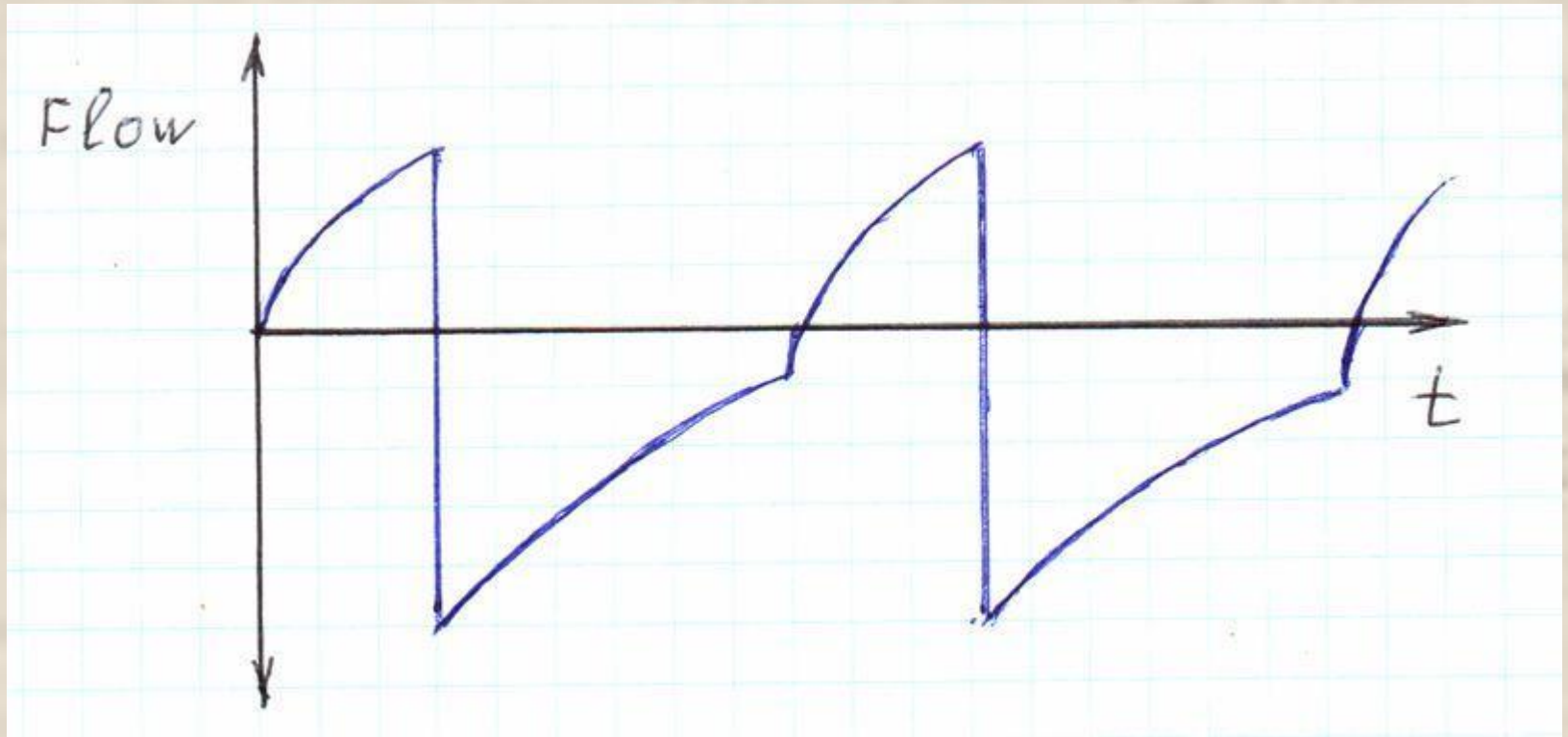
Давление – поток



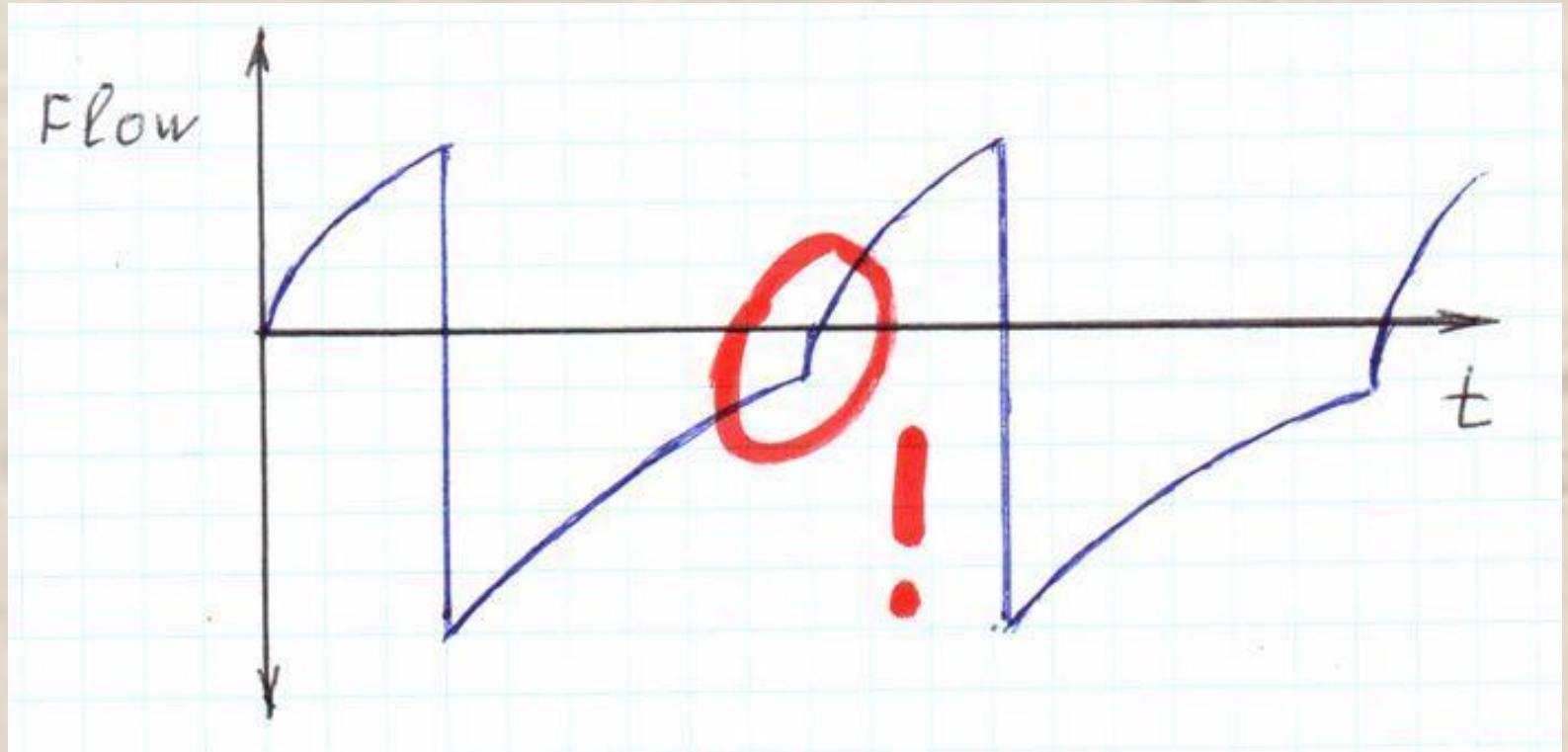
Поток



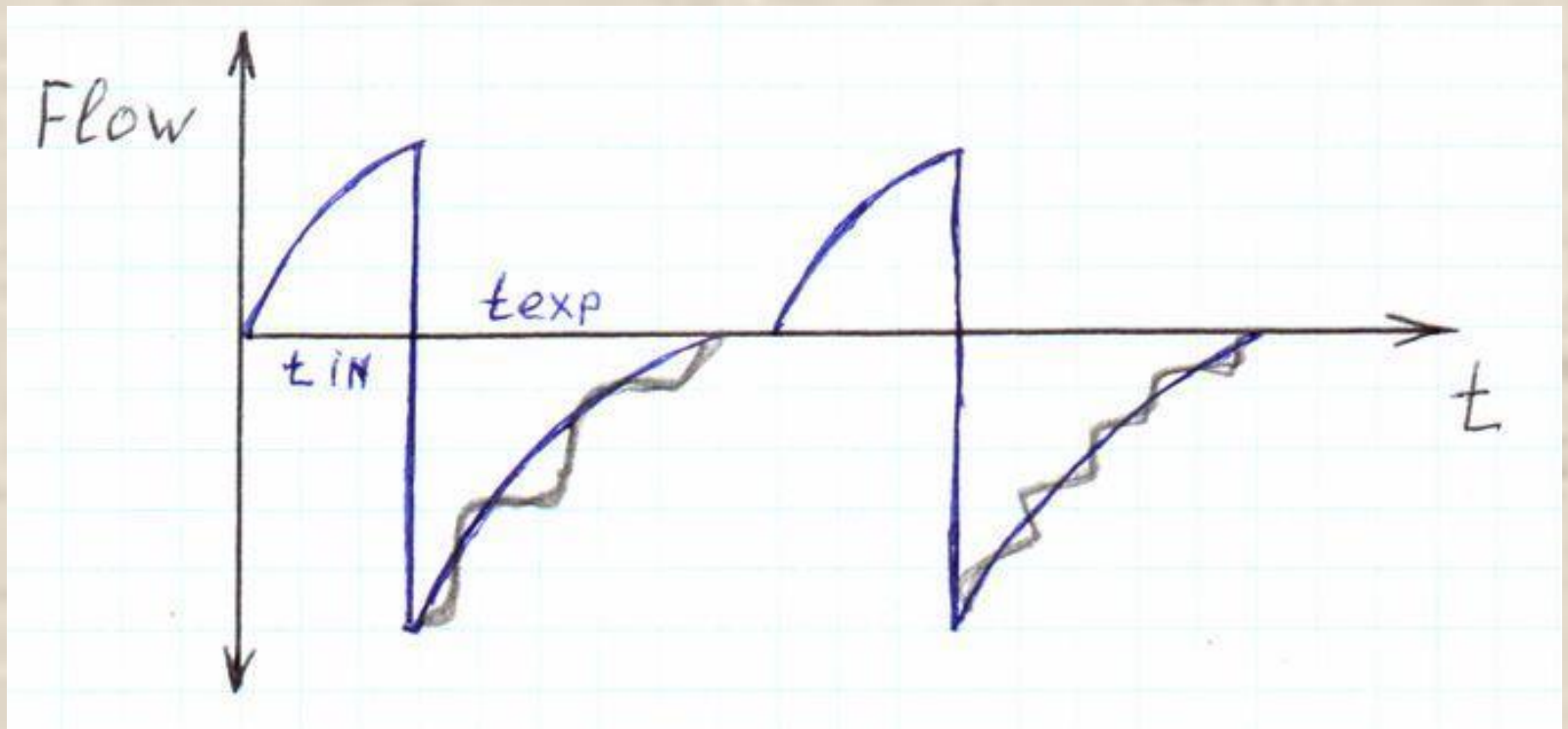
ПОТОК



Поток



Поток



Синхронизация ИВЛ

- **Триггер – чувствительный элемент, позволяющий аппарату откликаться на инспираторные попытки пациента**

Характеристики:

- * **Время отклика**
- * **Чувствительность**

Синхронизация ИВЛ

Характеристики:

- * **Время отклика: 40-50 мсек**
- * **Чувствительность:**

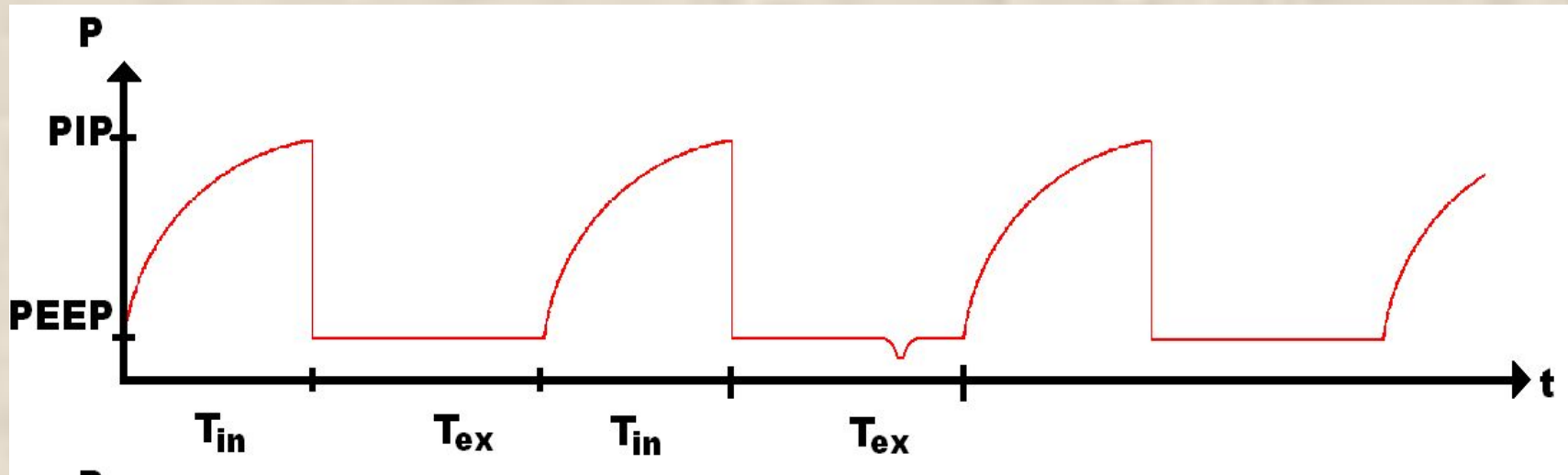
Поток

**5-15 л/мин (10 л/мин*30 мсек = 4,9 мл;
15 л/мин...=7,5 мл)**

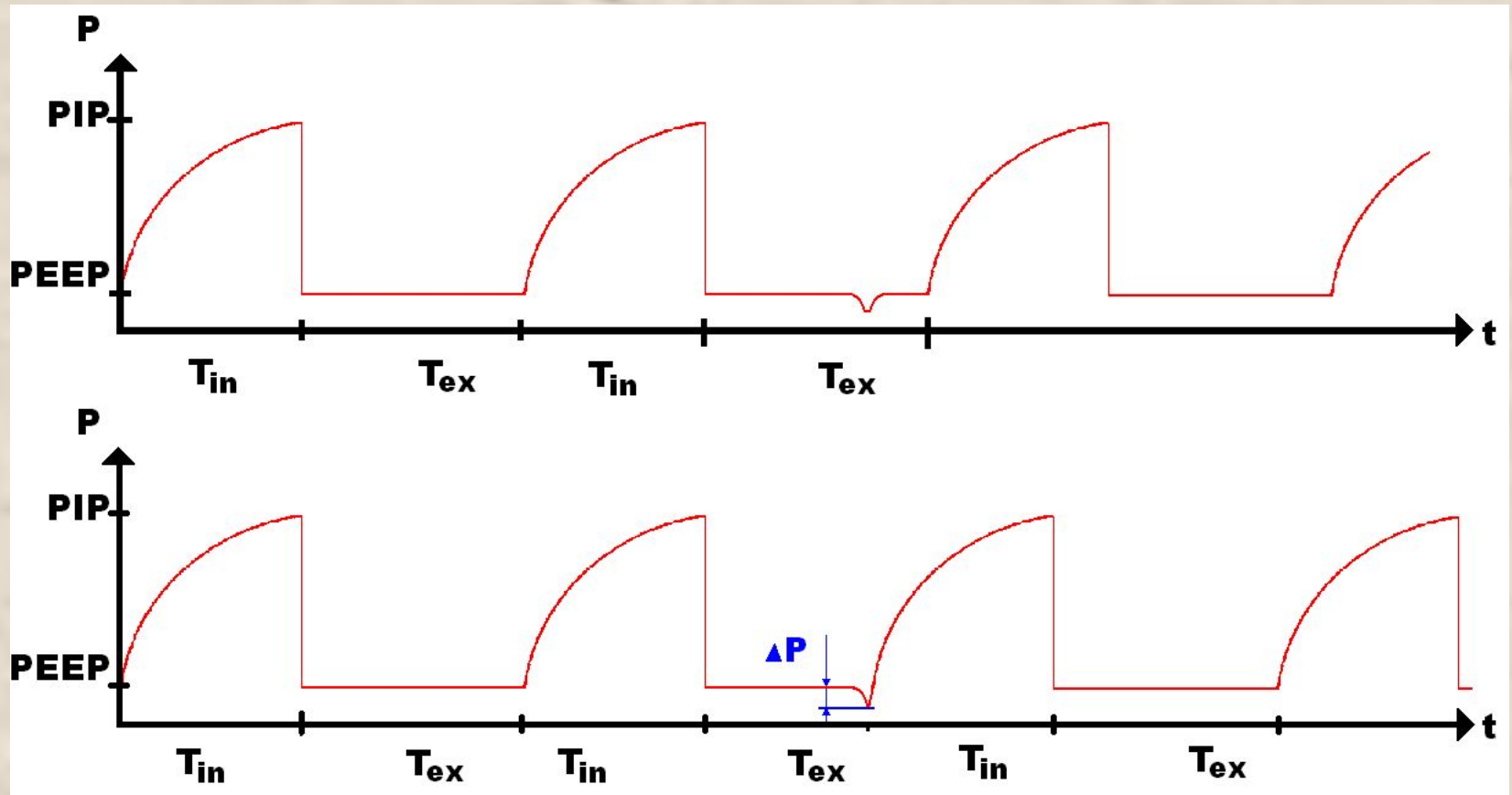
Давление

0.5-2 мбар ниже уровня РЕЕР

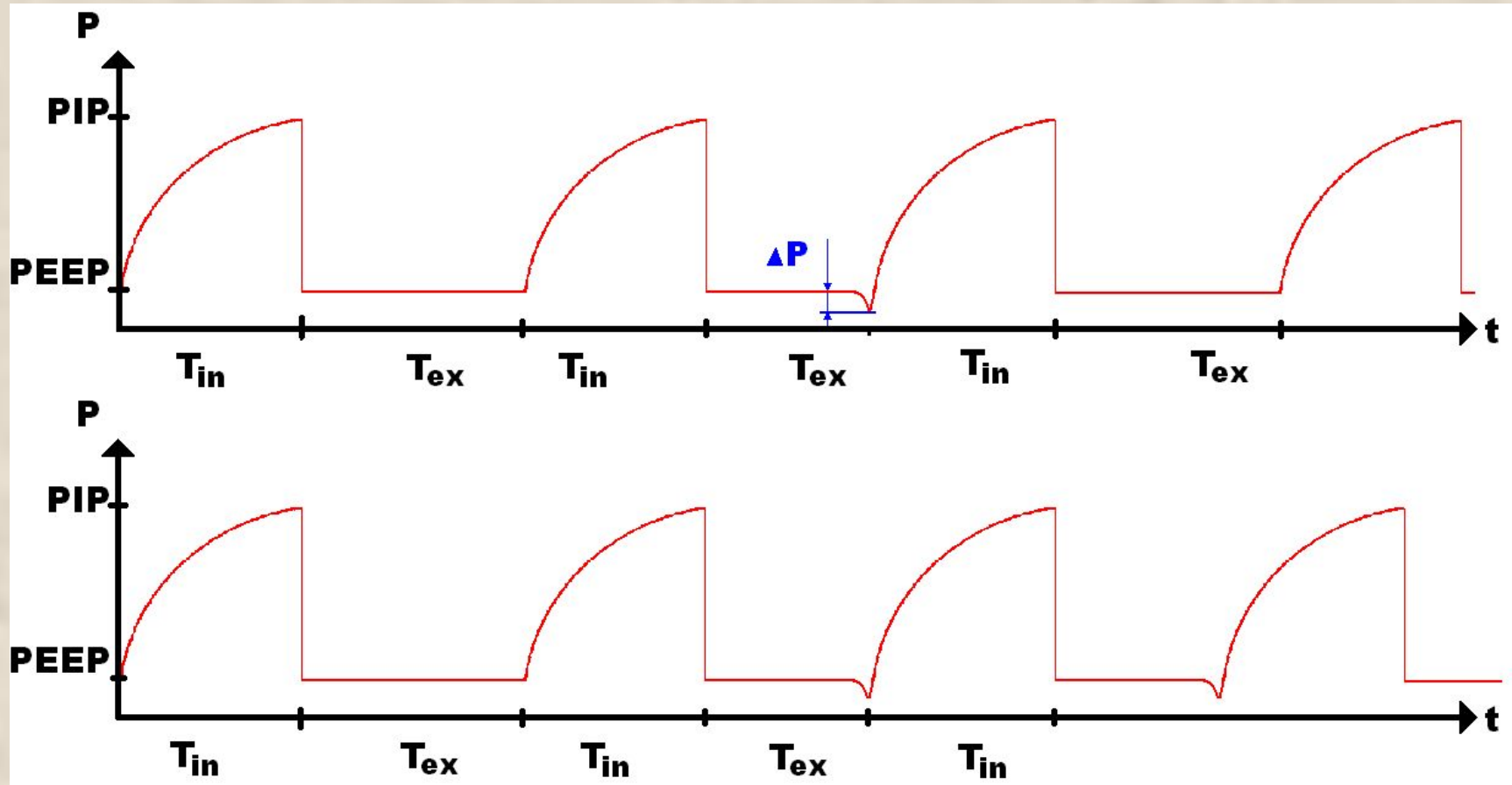
SIMV



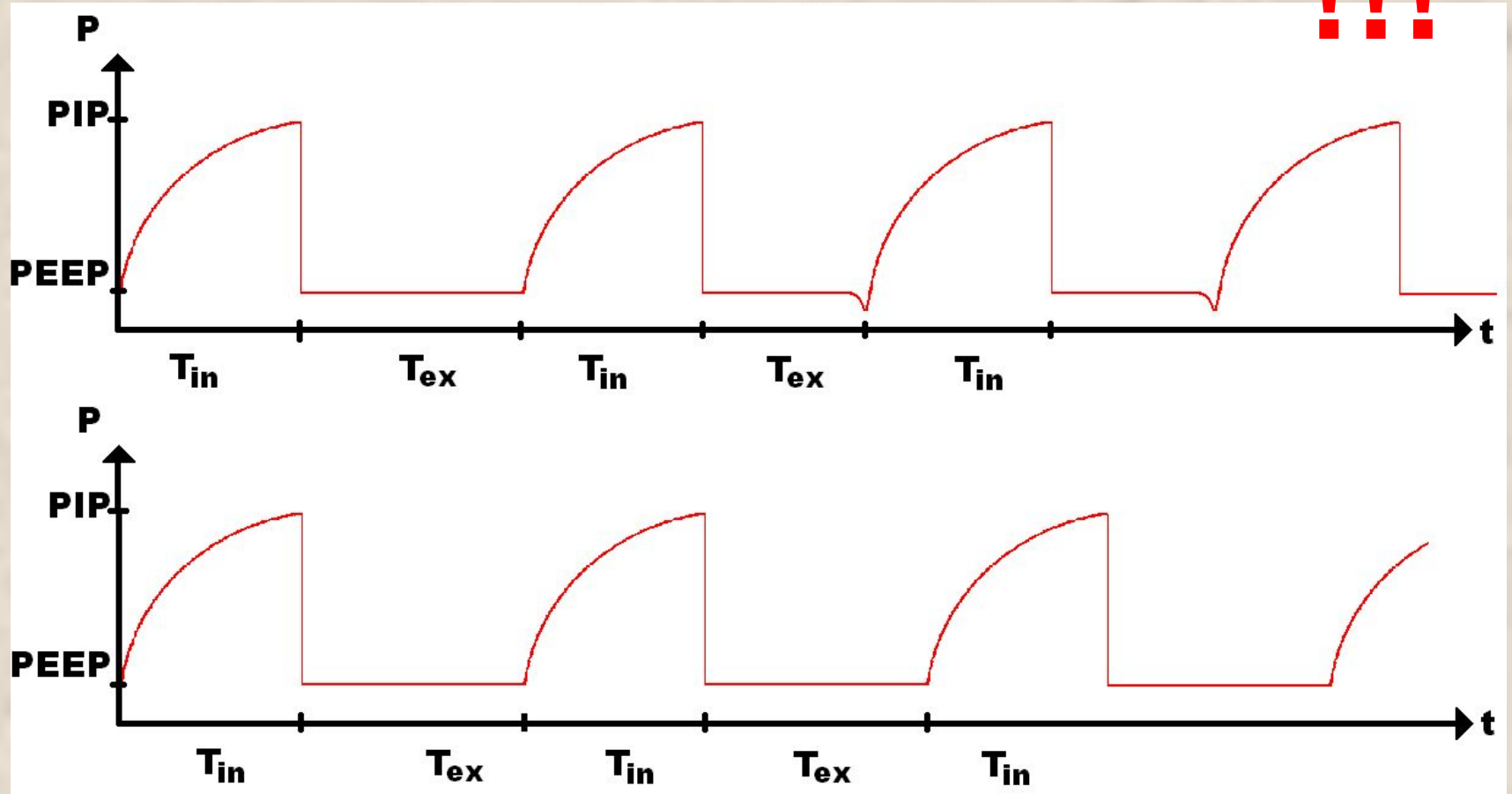
SIMV



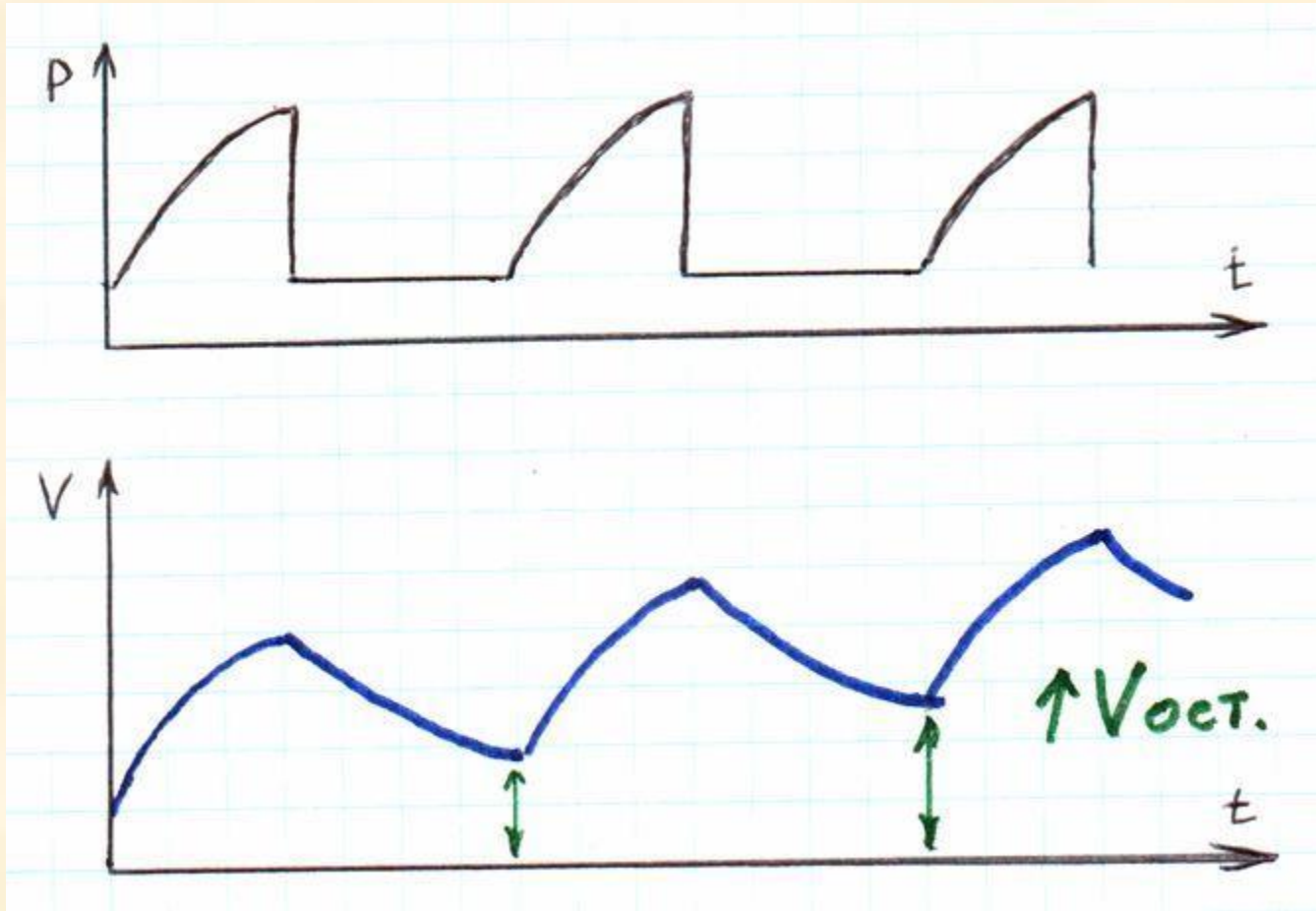
SIMV



SIMV



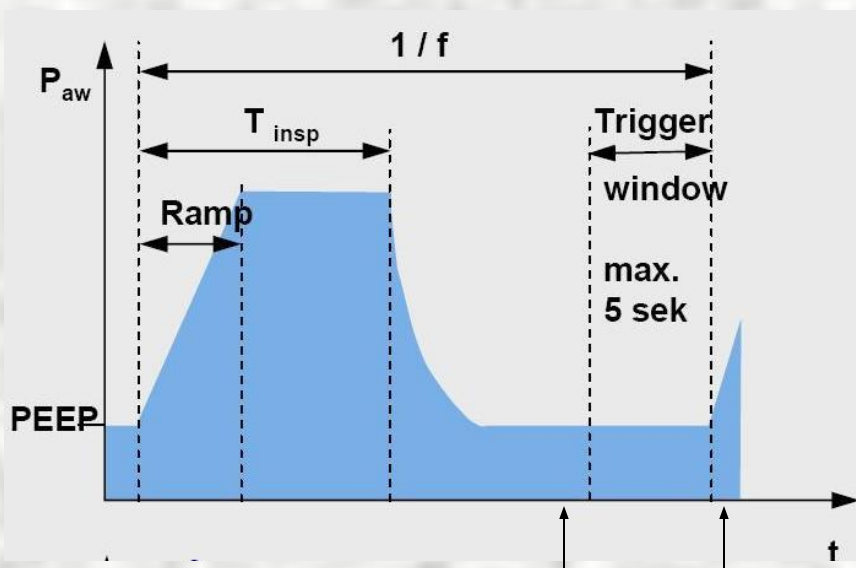
Дыхательный объем V_T



!!!

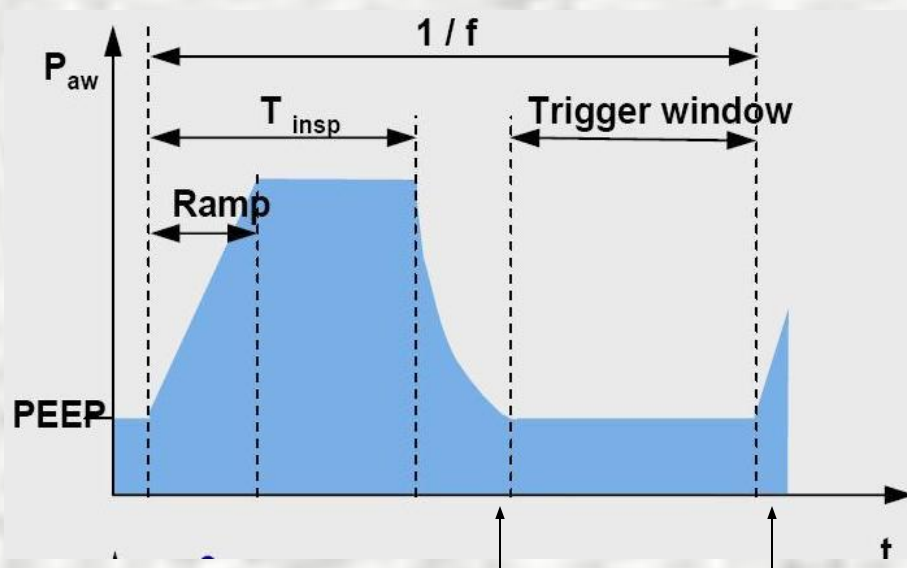
Синхронизация ИВЛ

SIMV



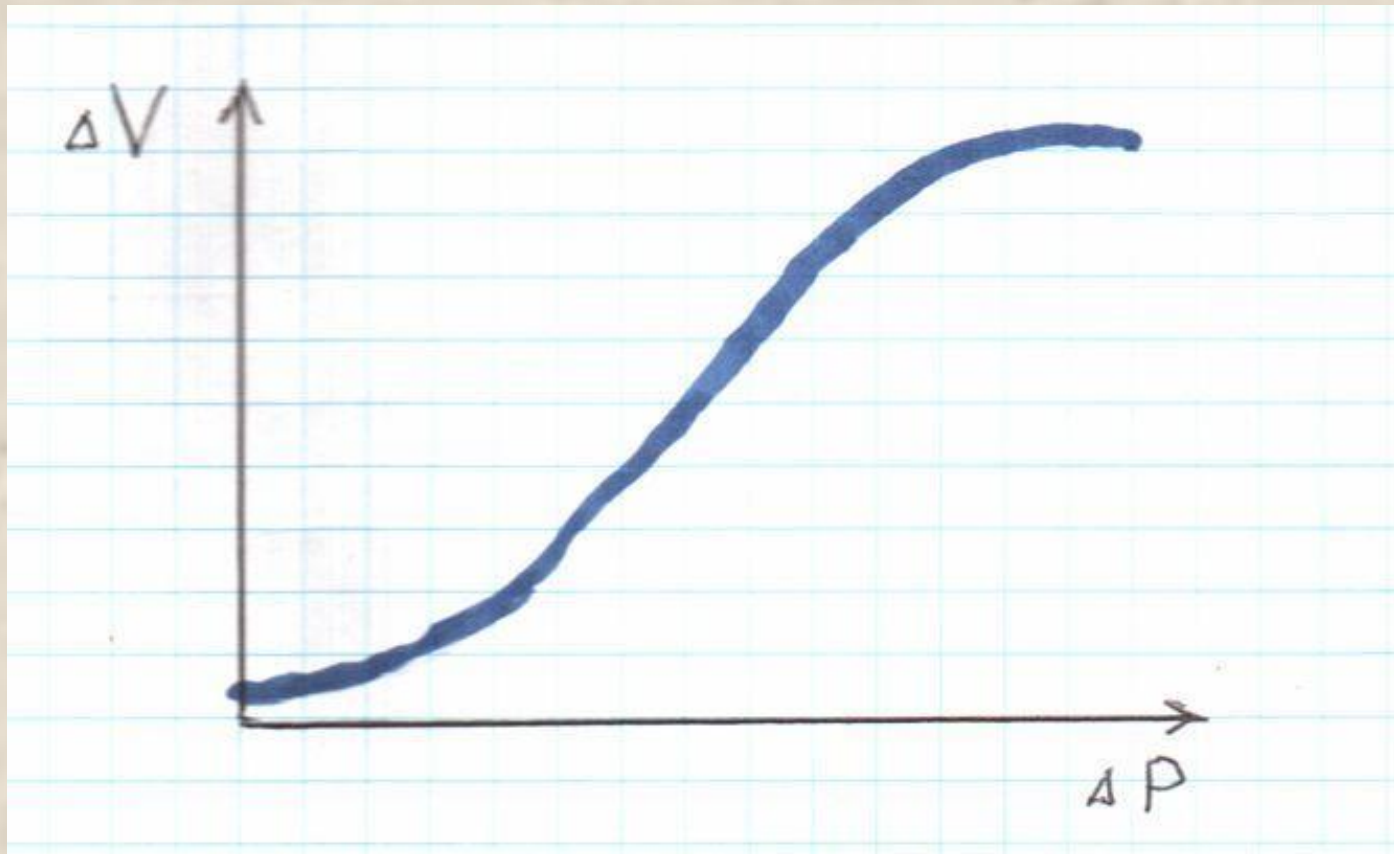
**Триггерное окно устанавливается
в соответствии с частотой**

Assist/Control

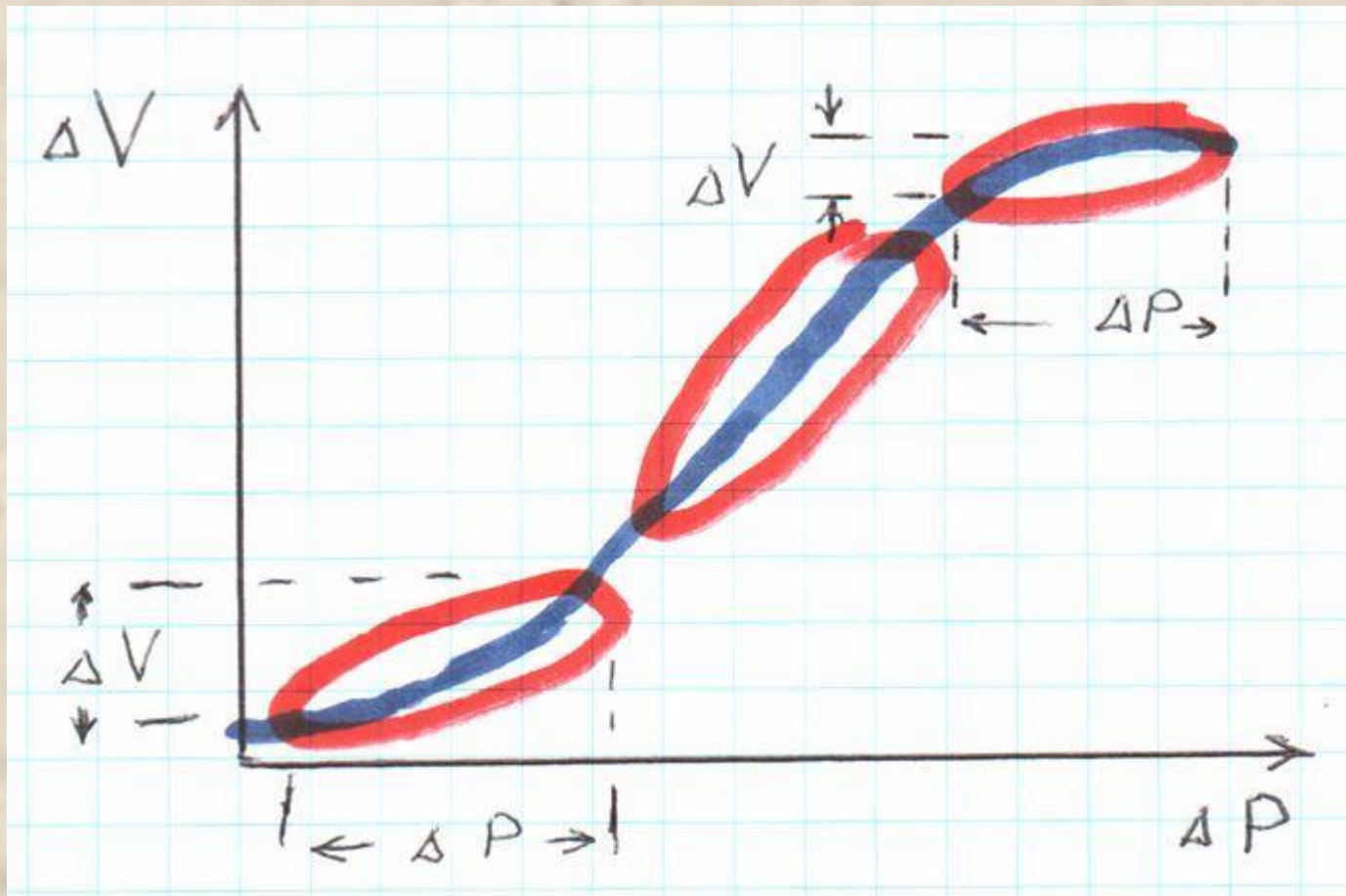


**Триггерное окно
включено постоянно**

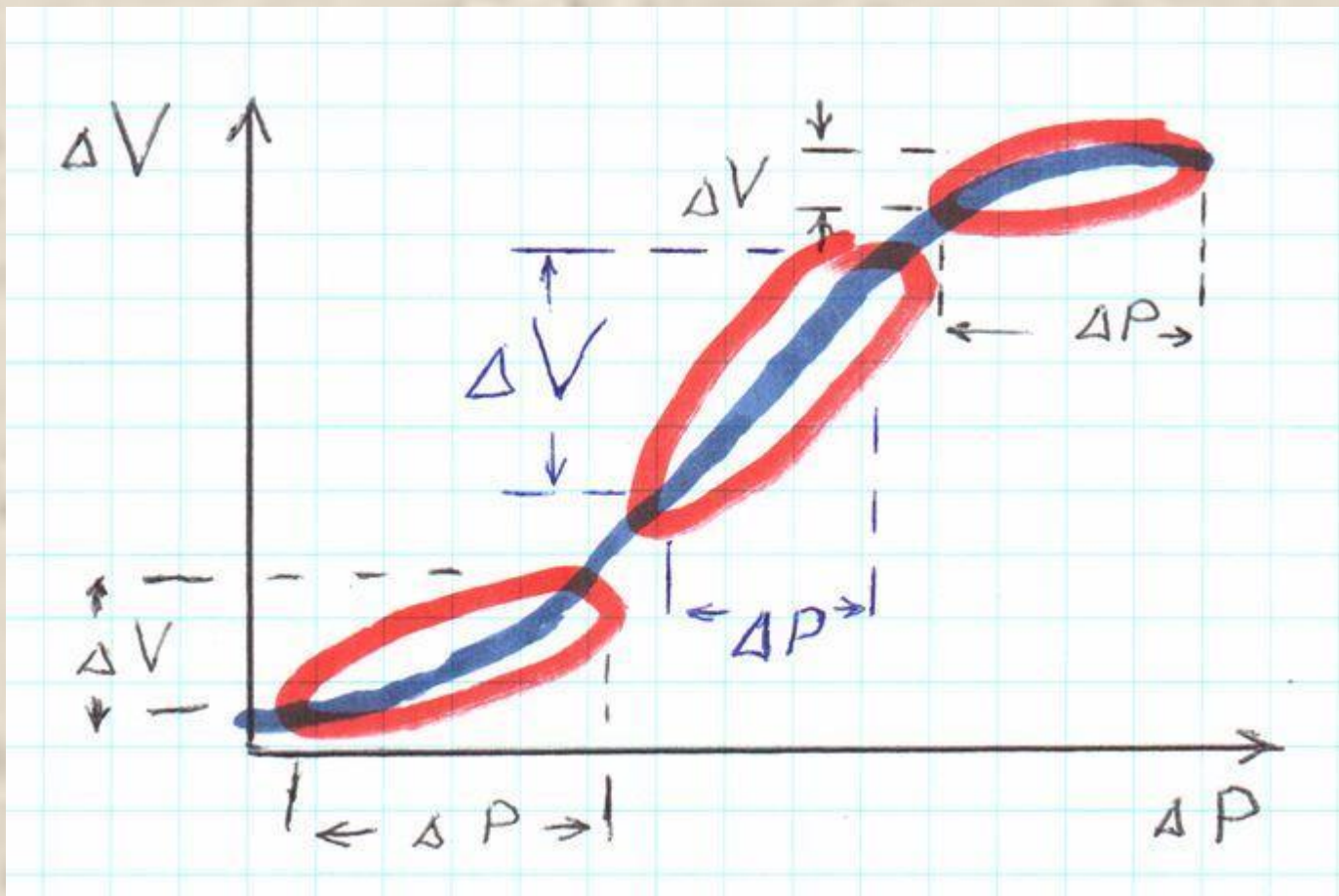
Влияние ΔP на ΔV



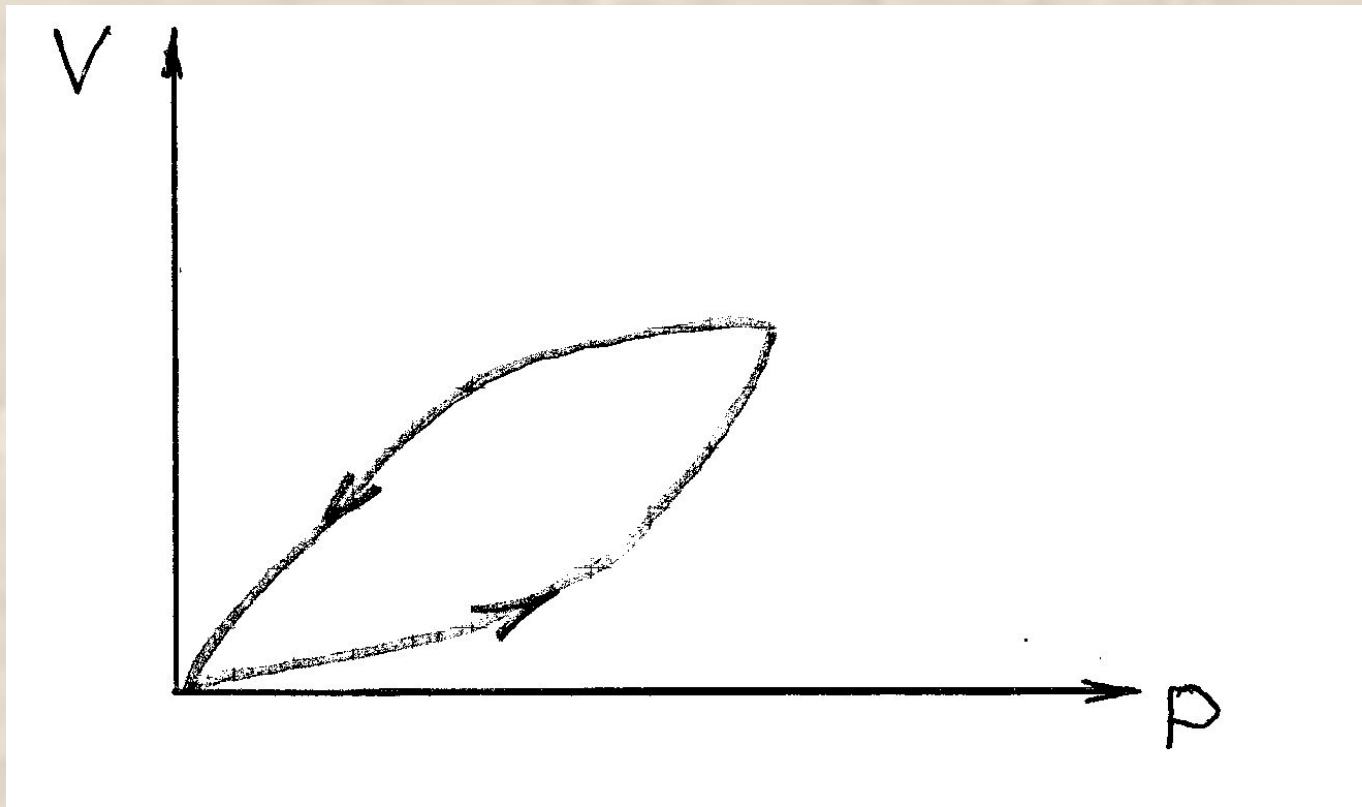
Влияние ΔP на ΔV



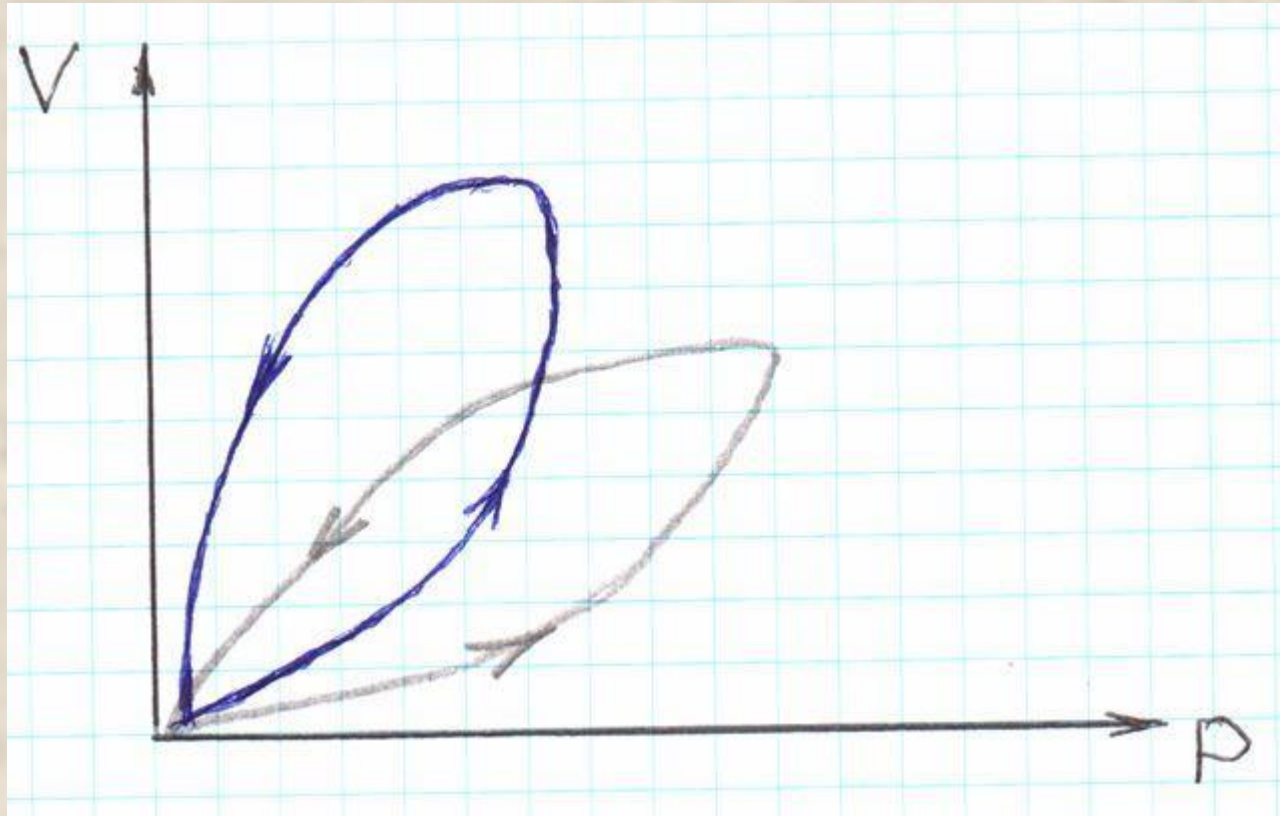
Влияние ΔP на ΔV



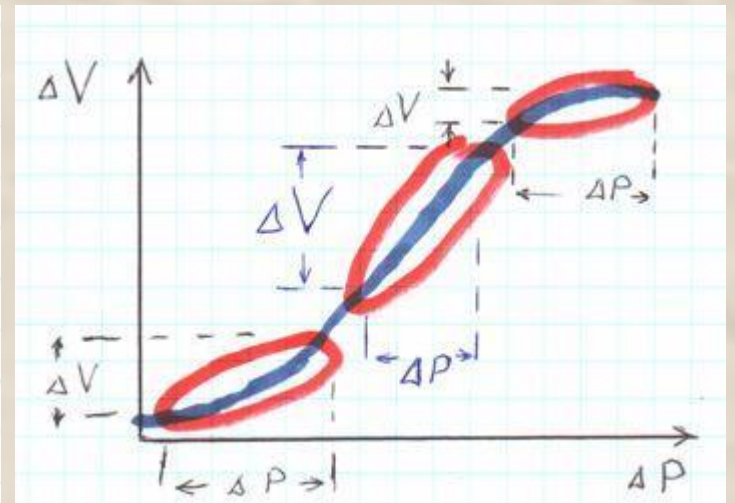
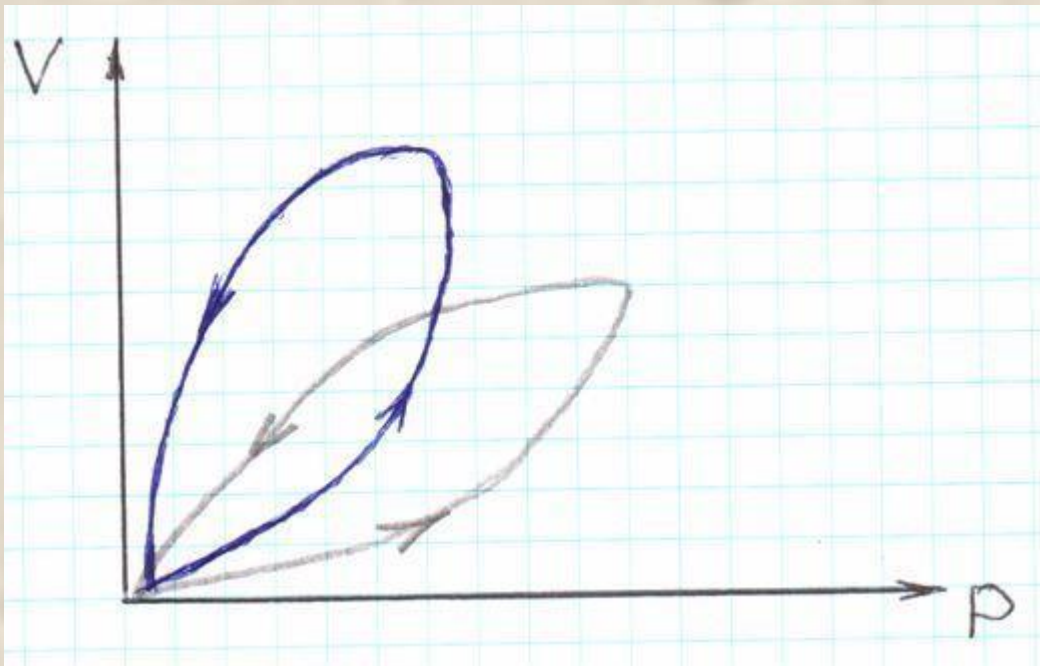
Механика дыхания



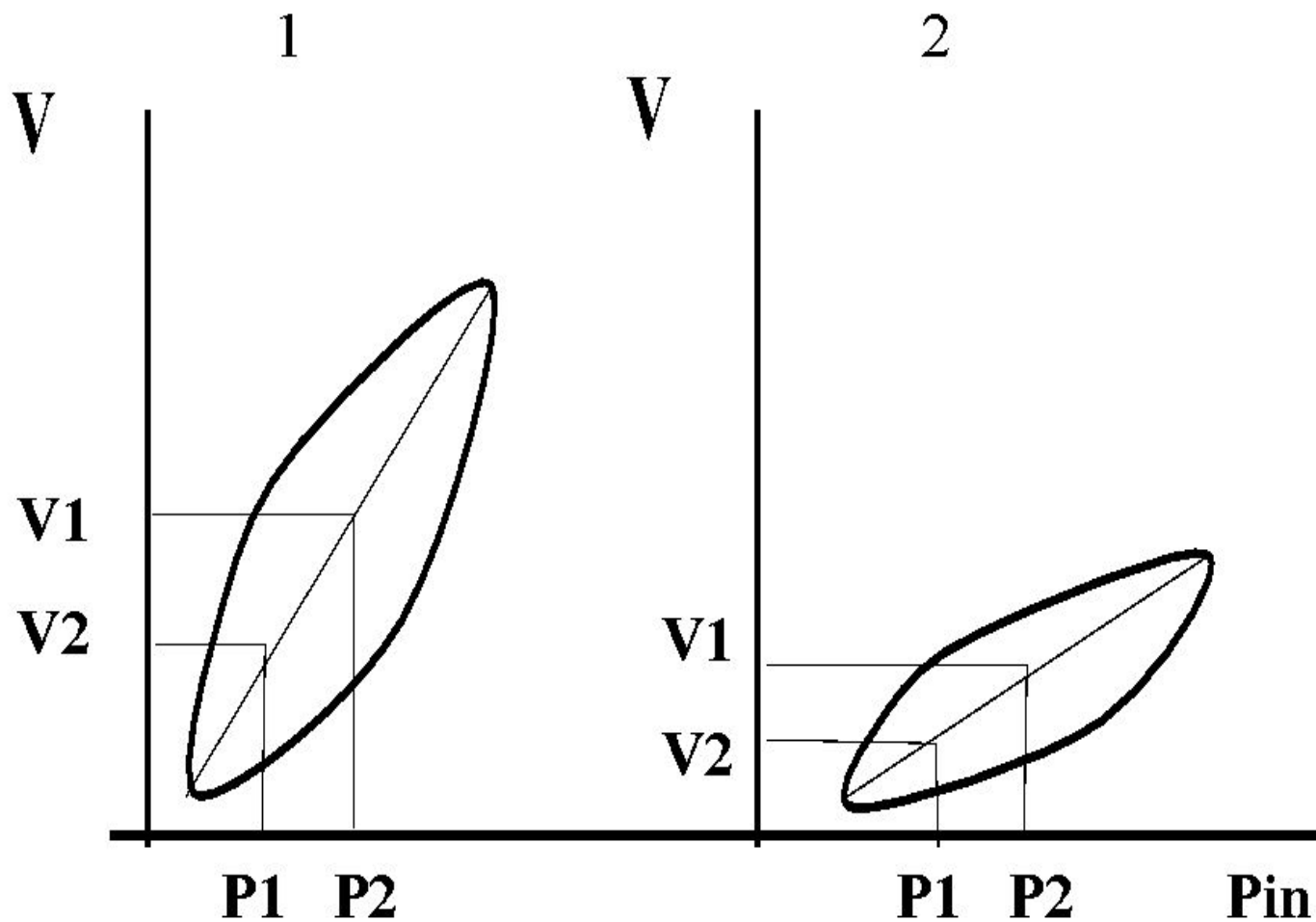
Механика дыхания



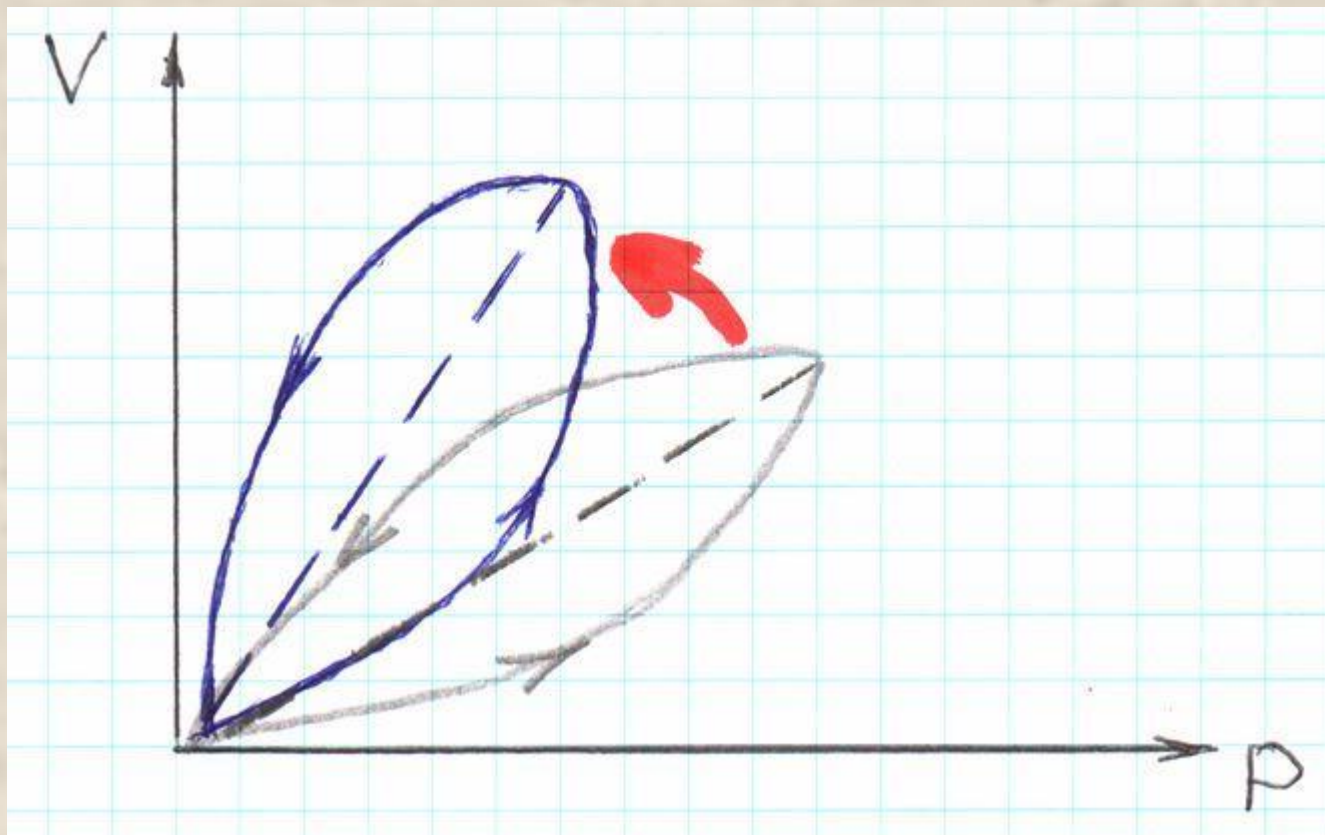
Механика дыхания



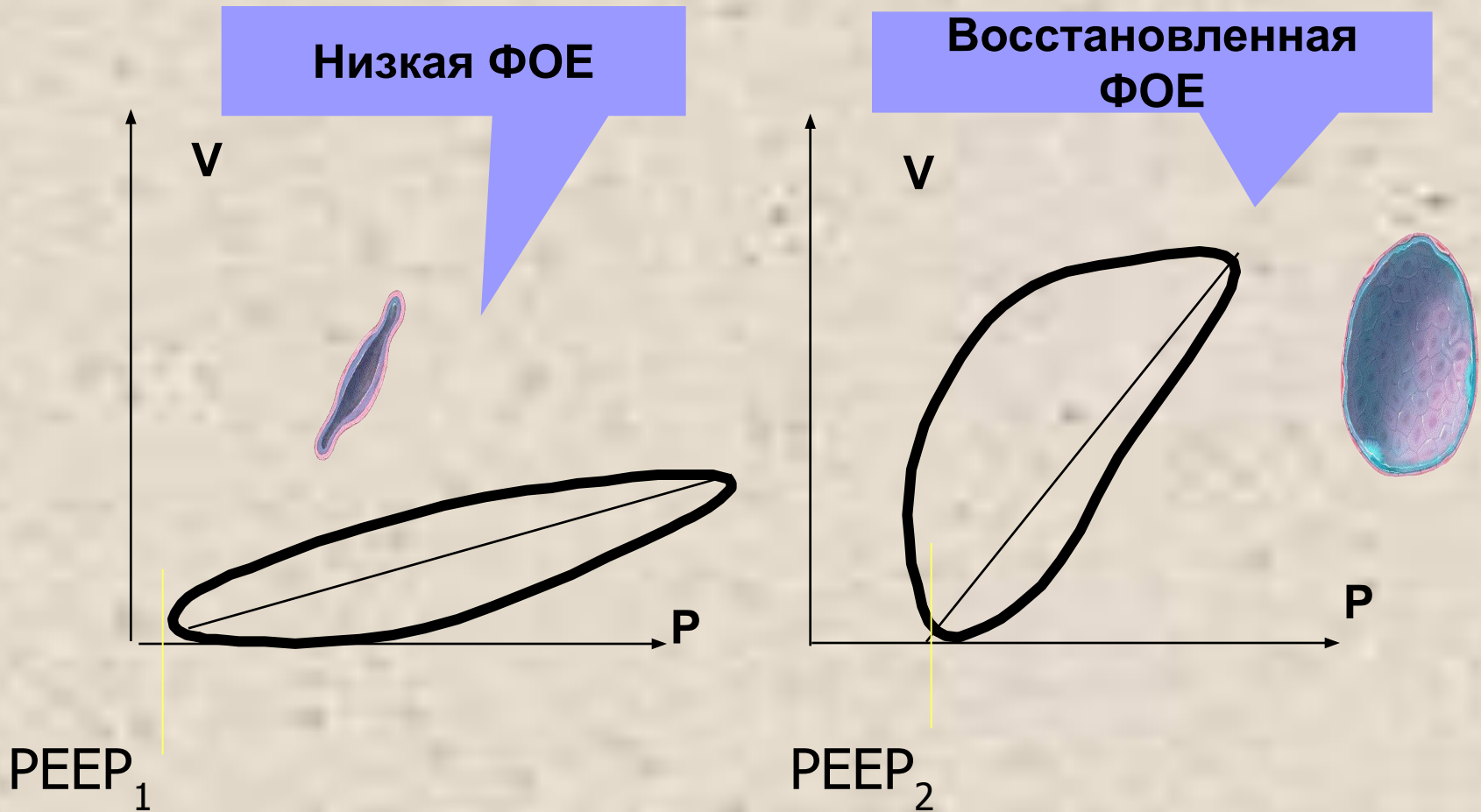
Механика дыхания



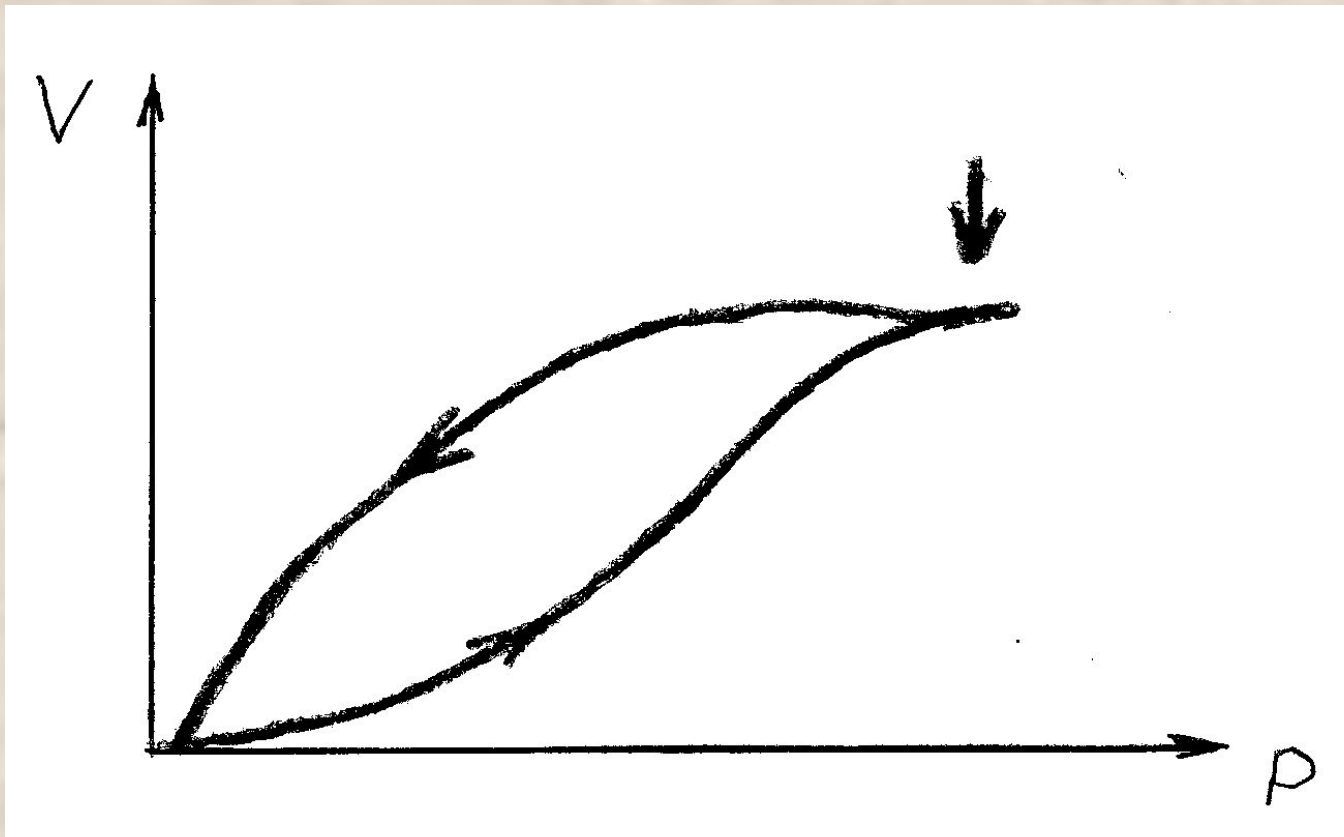
Механика дыхания



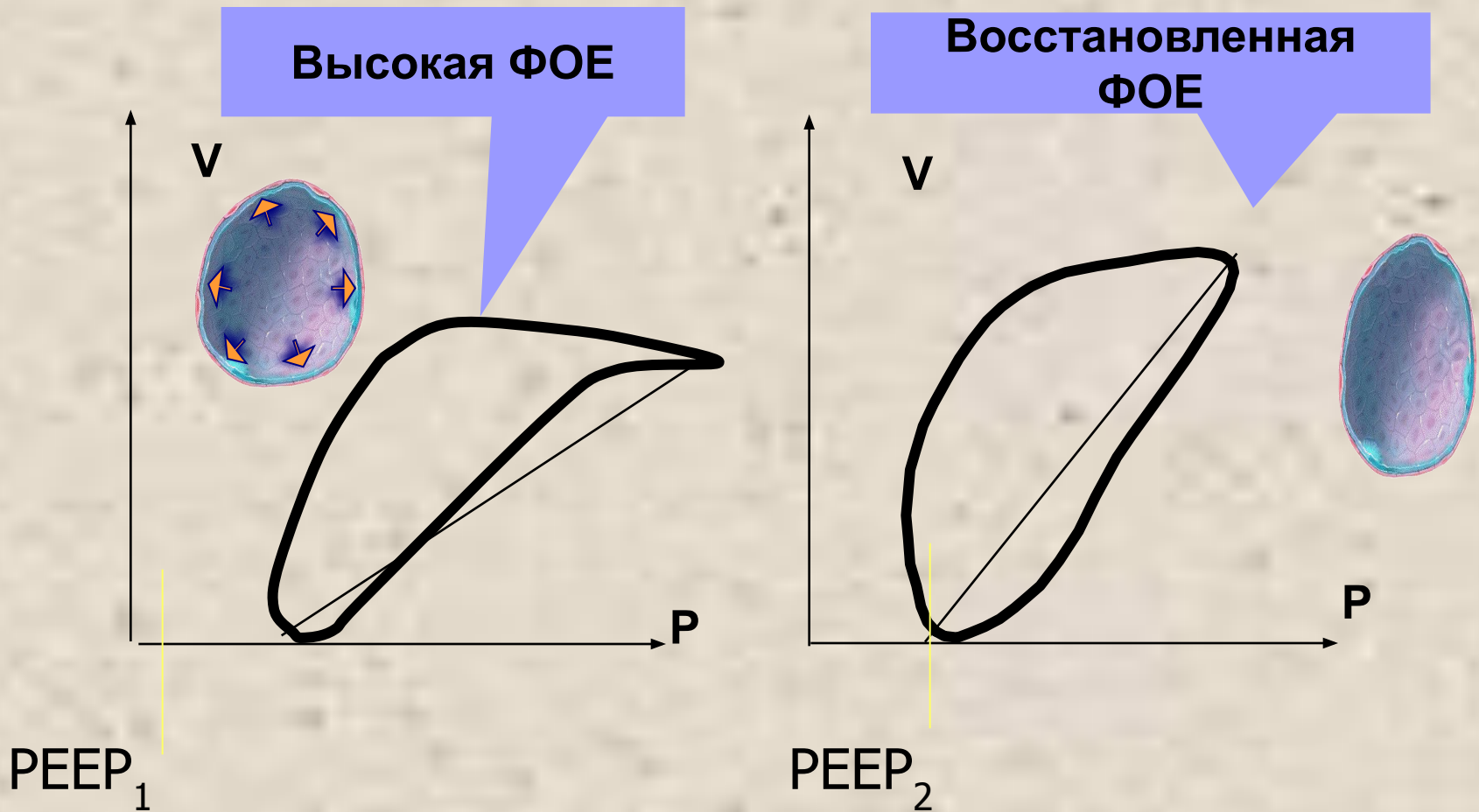
Механика дыхания



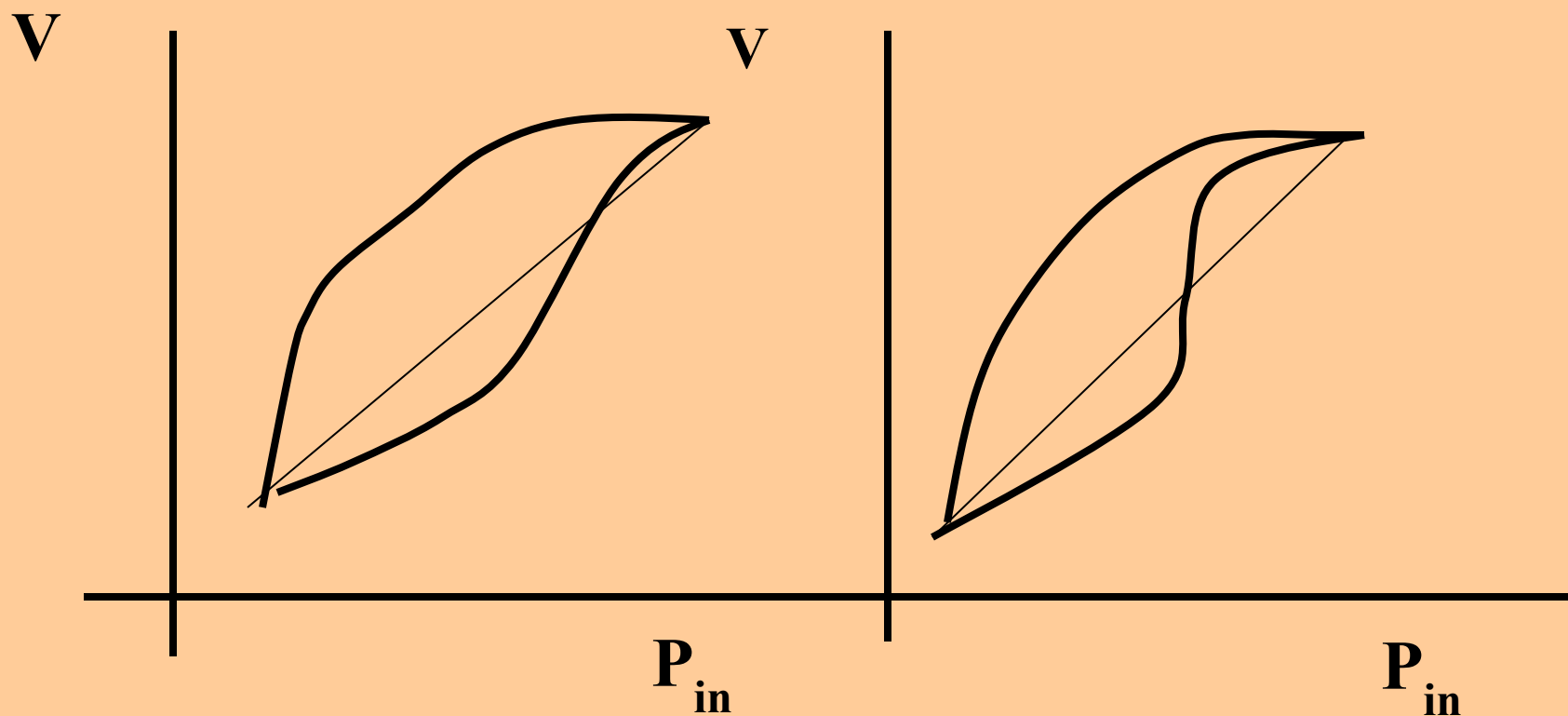
Механика дыхания

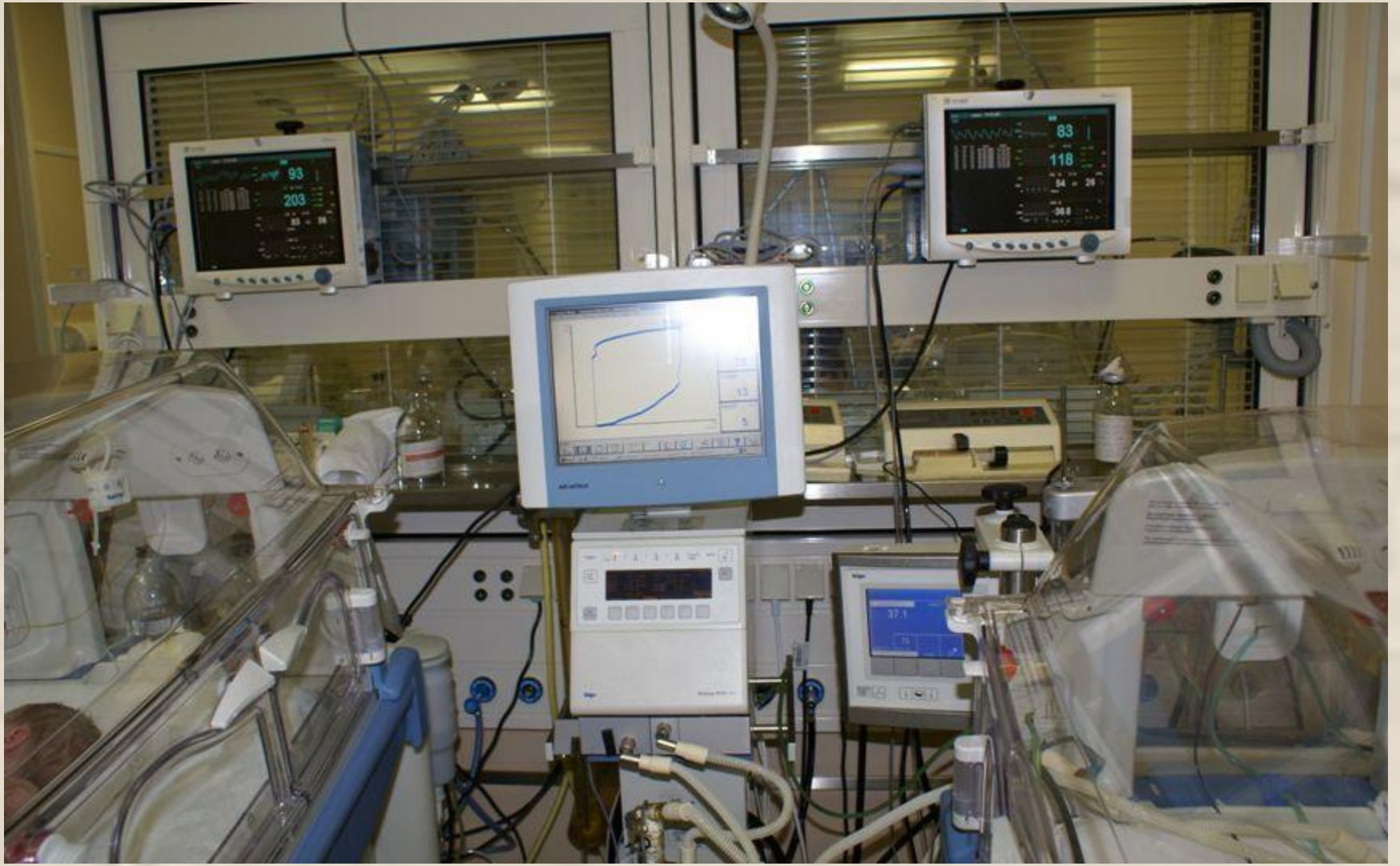


Механика дыхания

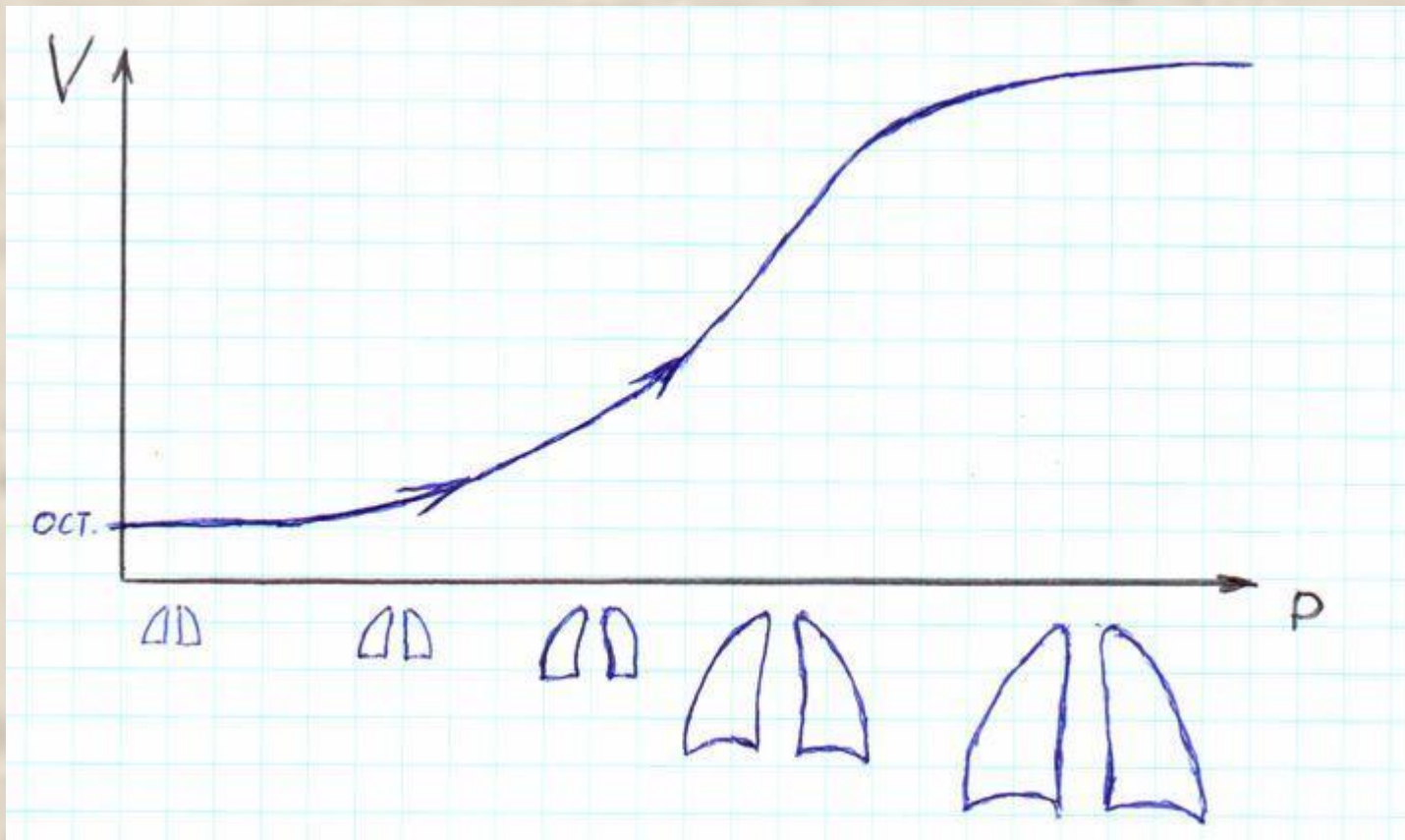


Избыточное P_{in}

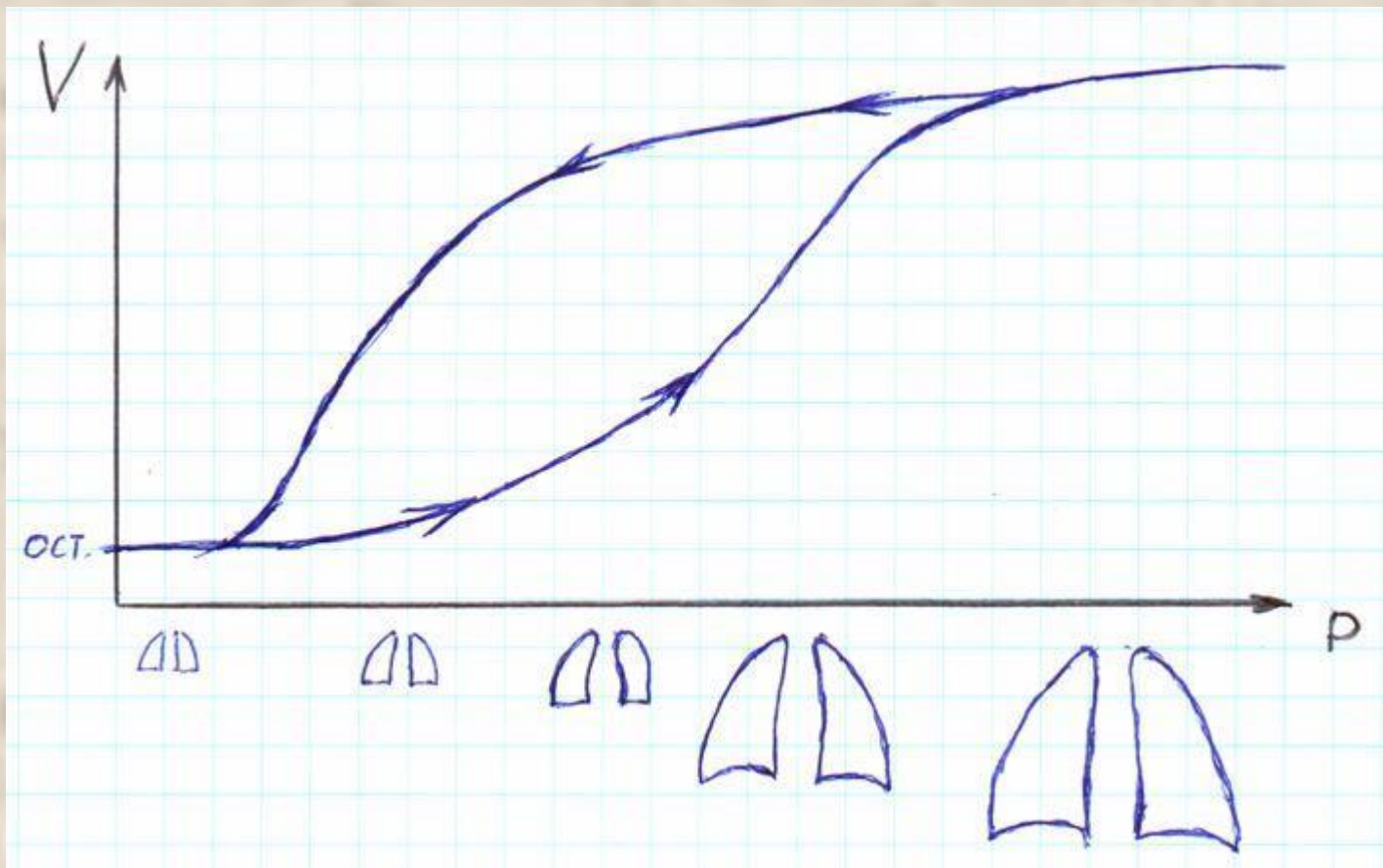




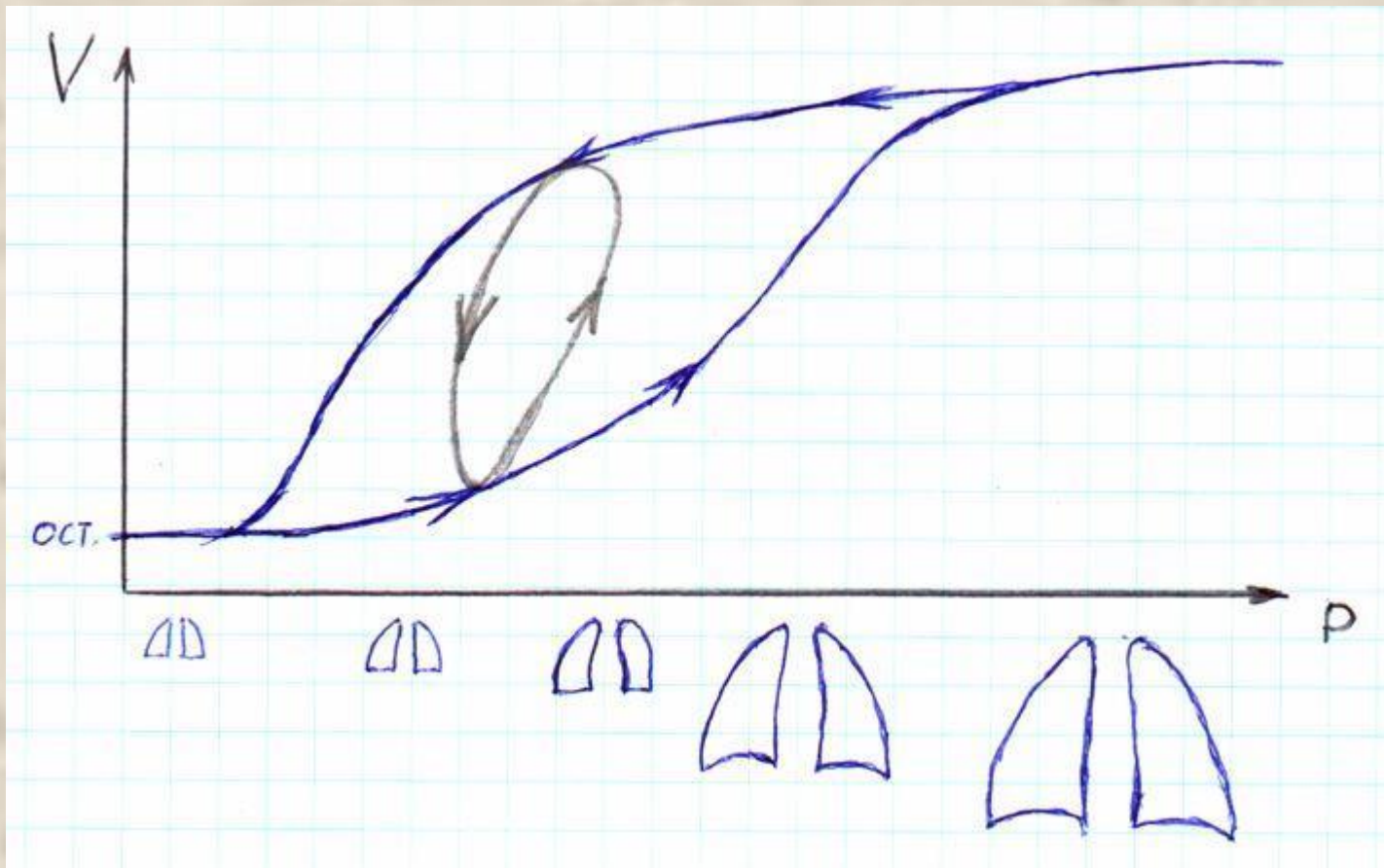
Раскройте легкие и держите их открытыми



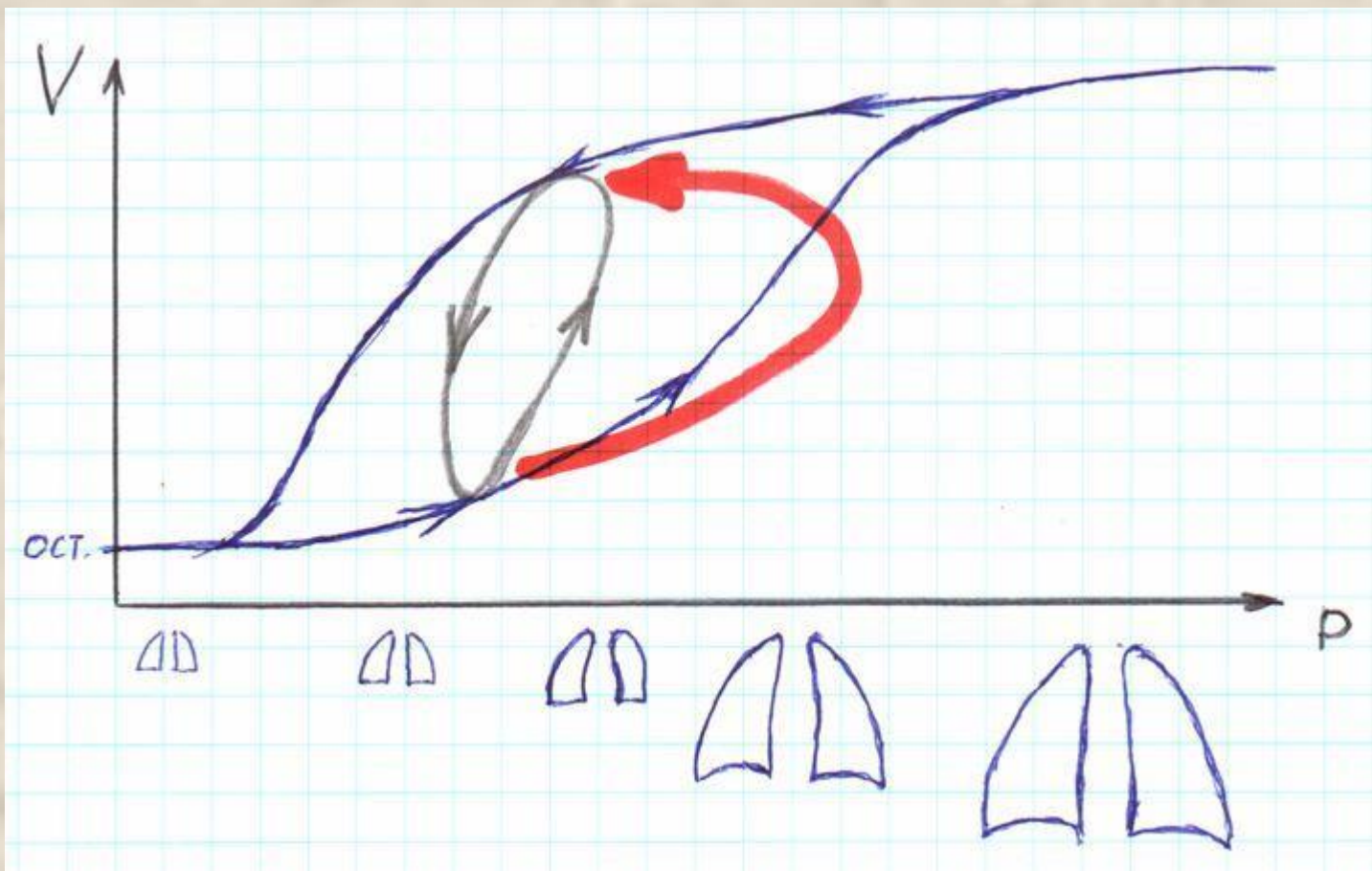
Раскройте легкие и держите их открытыми



Раскройте легкие и держите их открытыми

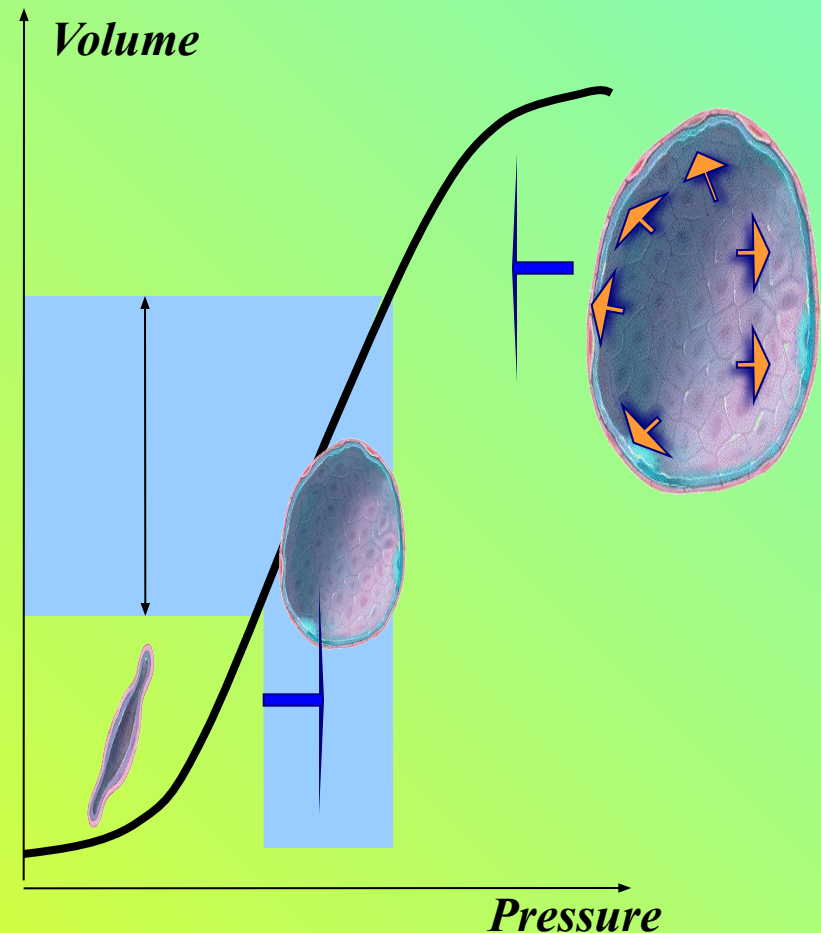


Раскройте легкие и держите их открытыми



Профилактика VILI

1. Установка P_{in} ниже уровня «клюва»
2. Использование минимально-достаточного V_t для предотвращения перераздувания
3. Установка PEEP на уровне нижней точки раскрытия (протектирование ФОЕ)

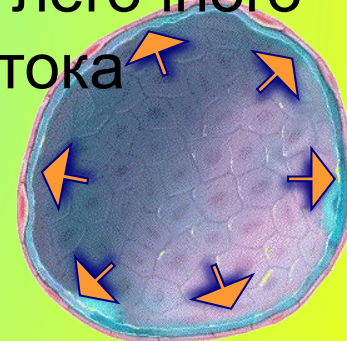
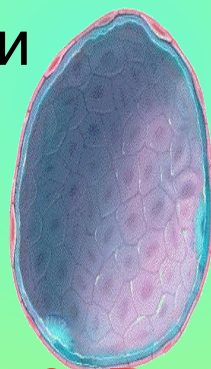


Вентилятор-индуцированное повреждение легких

1. Риск ателектазирования (atelectrauma)

Повторяющийся

альвеолярный коллапс и открытие (хлопанье) «недораскрытых» альвеол



2. Баротравма/риск баротравмы:

Перераздутие нормально-аэрируемых альвеол в результате избыточного давления
Нарушение легочного кровотока

3. Волюмтравма:

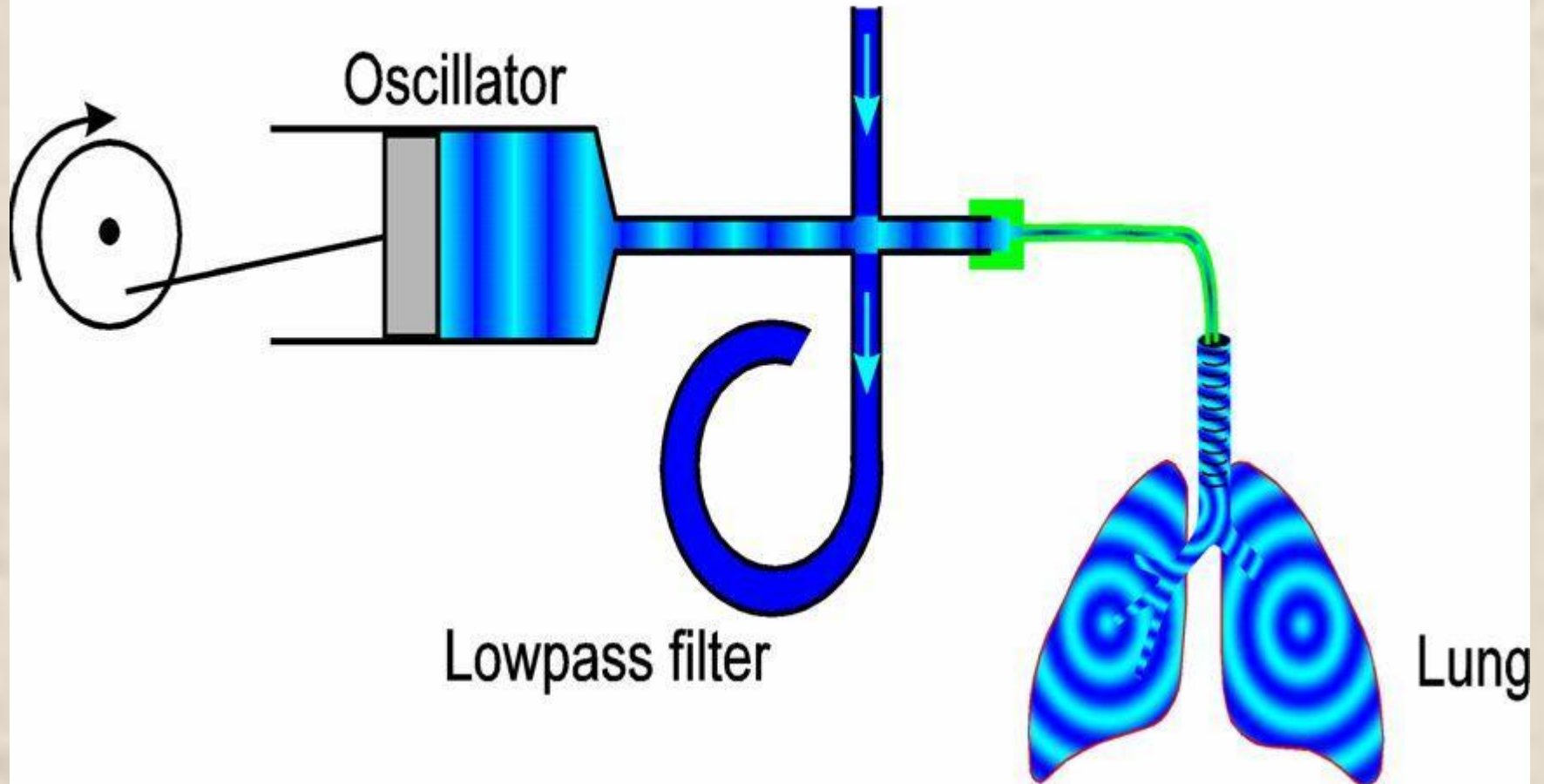
Нарушение выдоха, обусловленное обструкцией \square аутоPEEP \square перерастяжение

4. Биотравма:

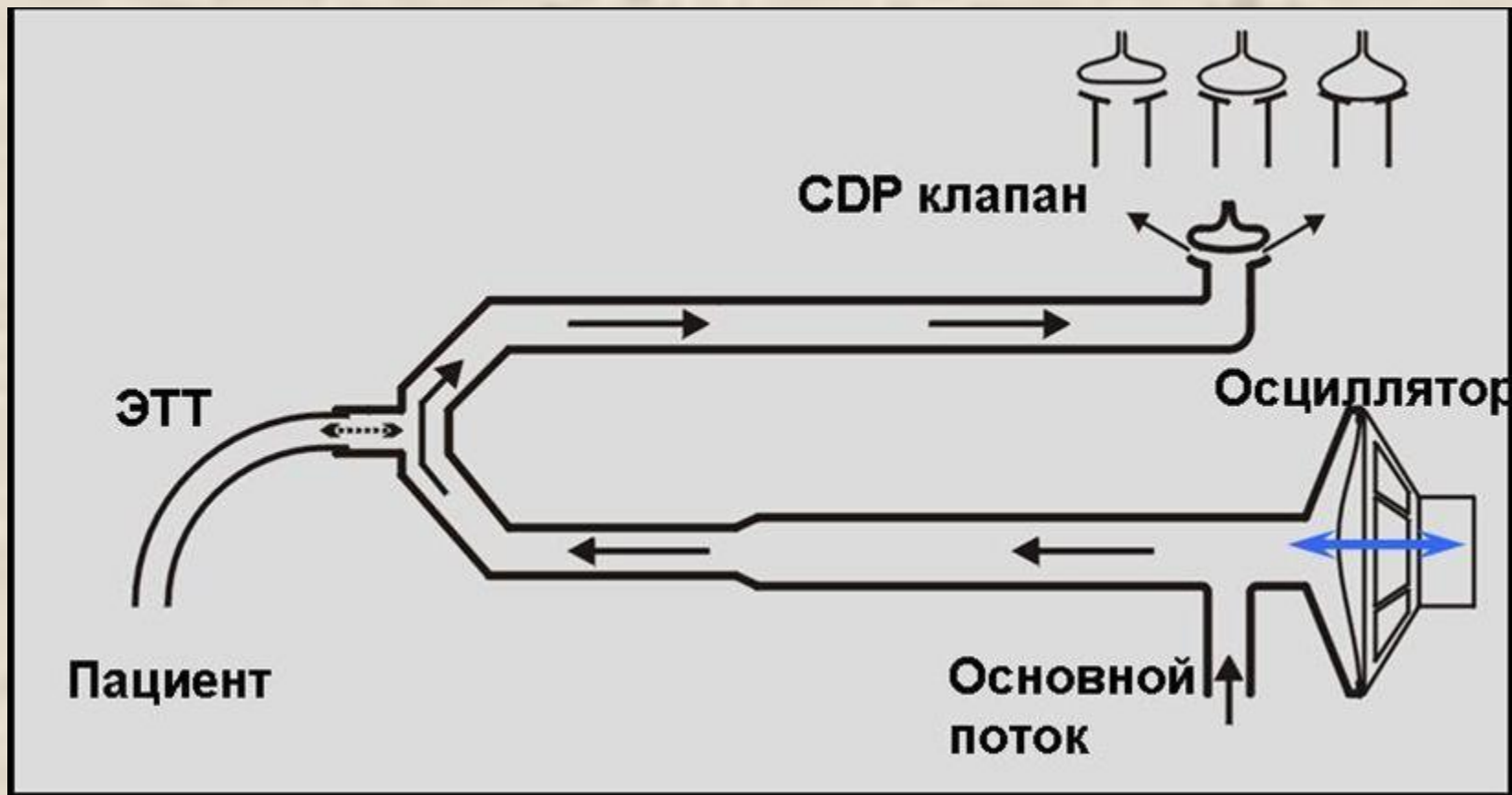
Аутоповреждение медиаторами воспаления
Экспрессия генов ответственных за апоптоз

HFOV

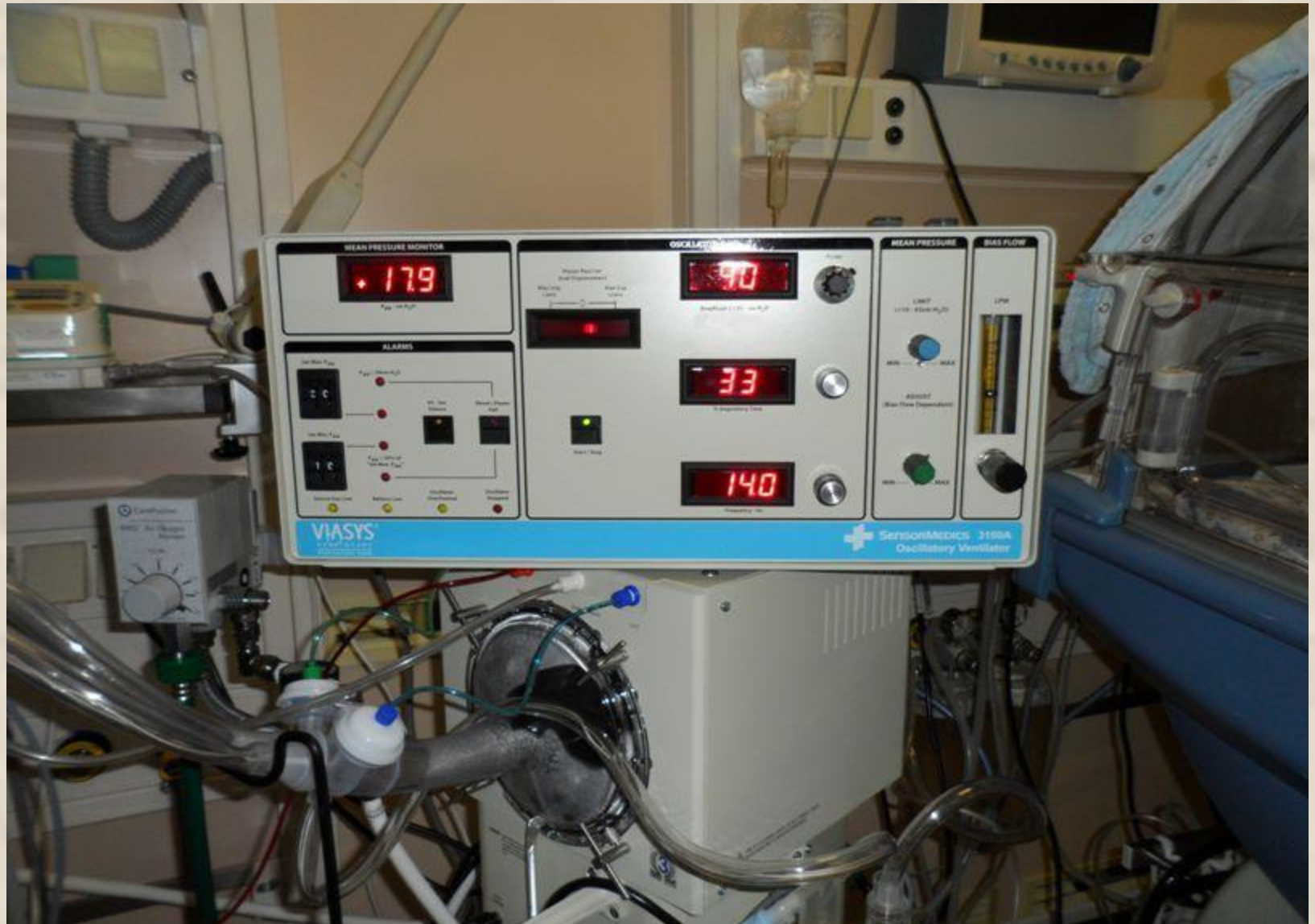
Freshgas Bias Flow



HFOV



HFOV



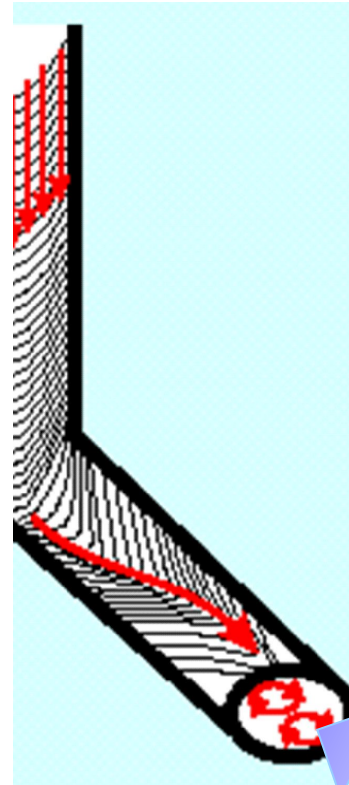
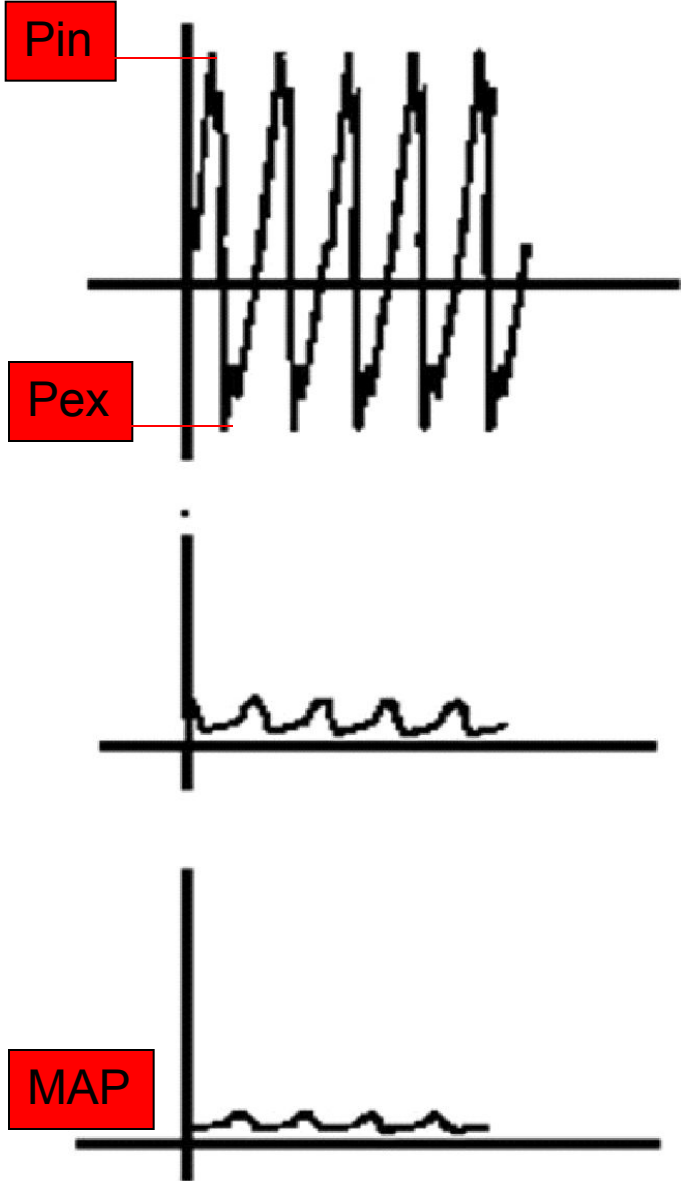
HFOV



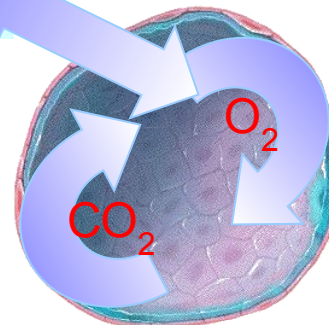
HFOV



HFOV



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

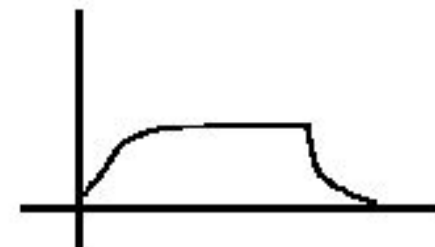
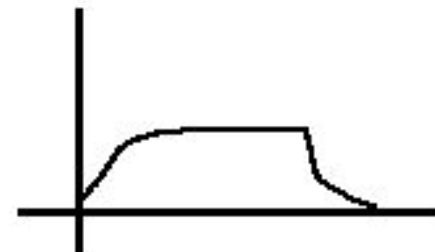
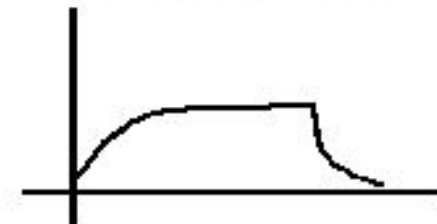
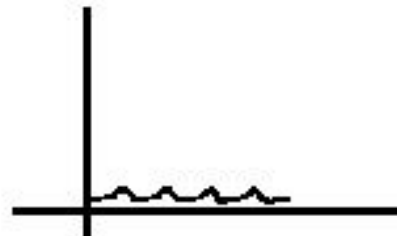
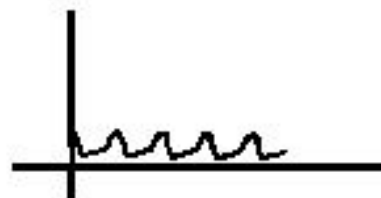
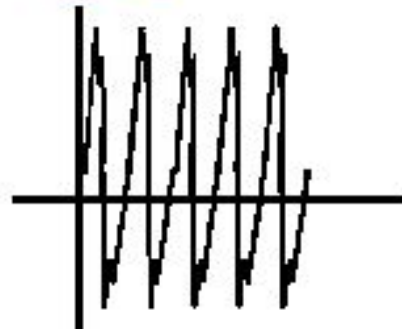
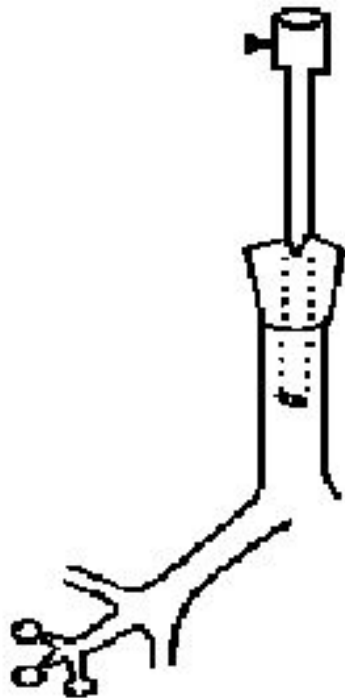


HFOV

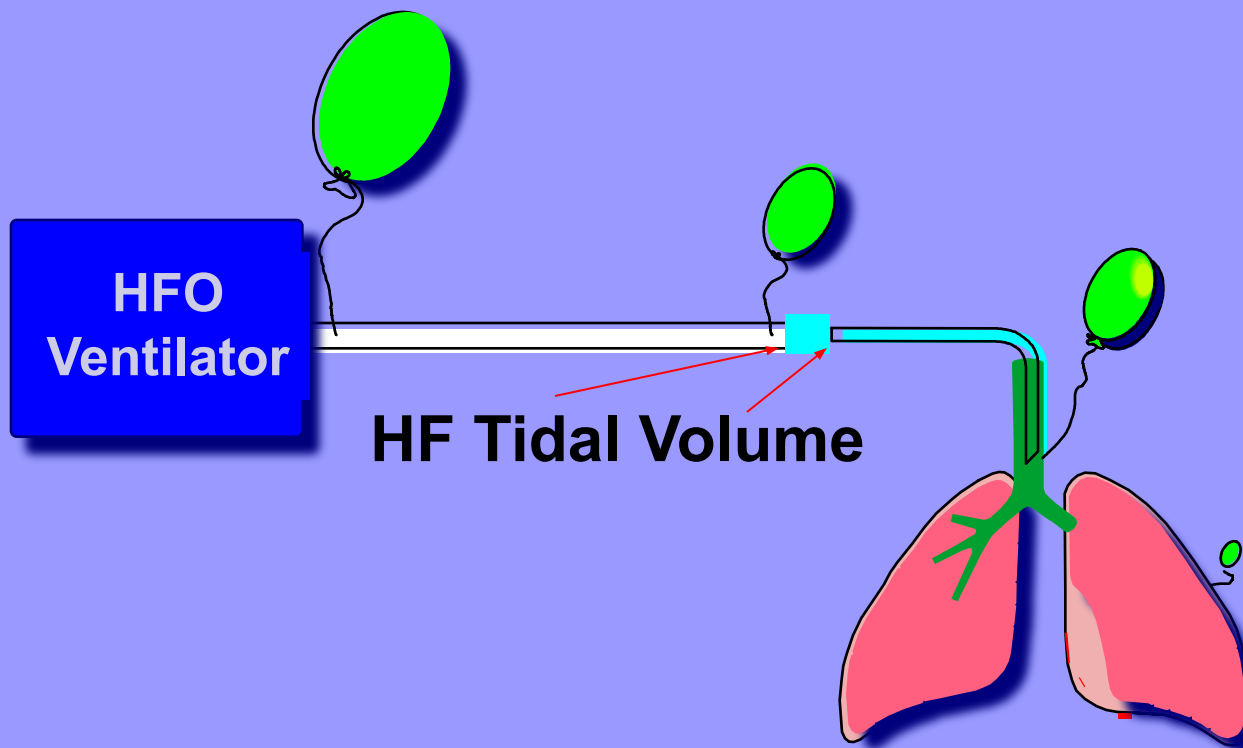
Airway Pressure Waveforms

HFOV

Conventional



«Потери» дыхательного объема при HFOV



Показания к HFOV

Неэффективность традиционной ИВЛ

- Сниженный легочный комплайнс**
- RDS**
- Меконеальная аспирация+ПФК**

- Пневмония**
- Ателектазы**
- Гипоплазия легких!!!**

Показания к HFOV

Неэффективность традиционной ИВЛ

Недоношенные

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

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

Доношенные

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

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

Перевод на HFOV:

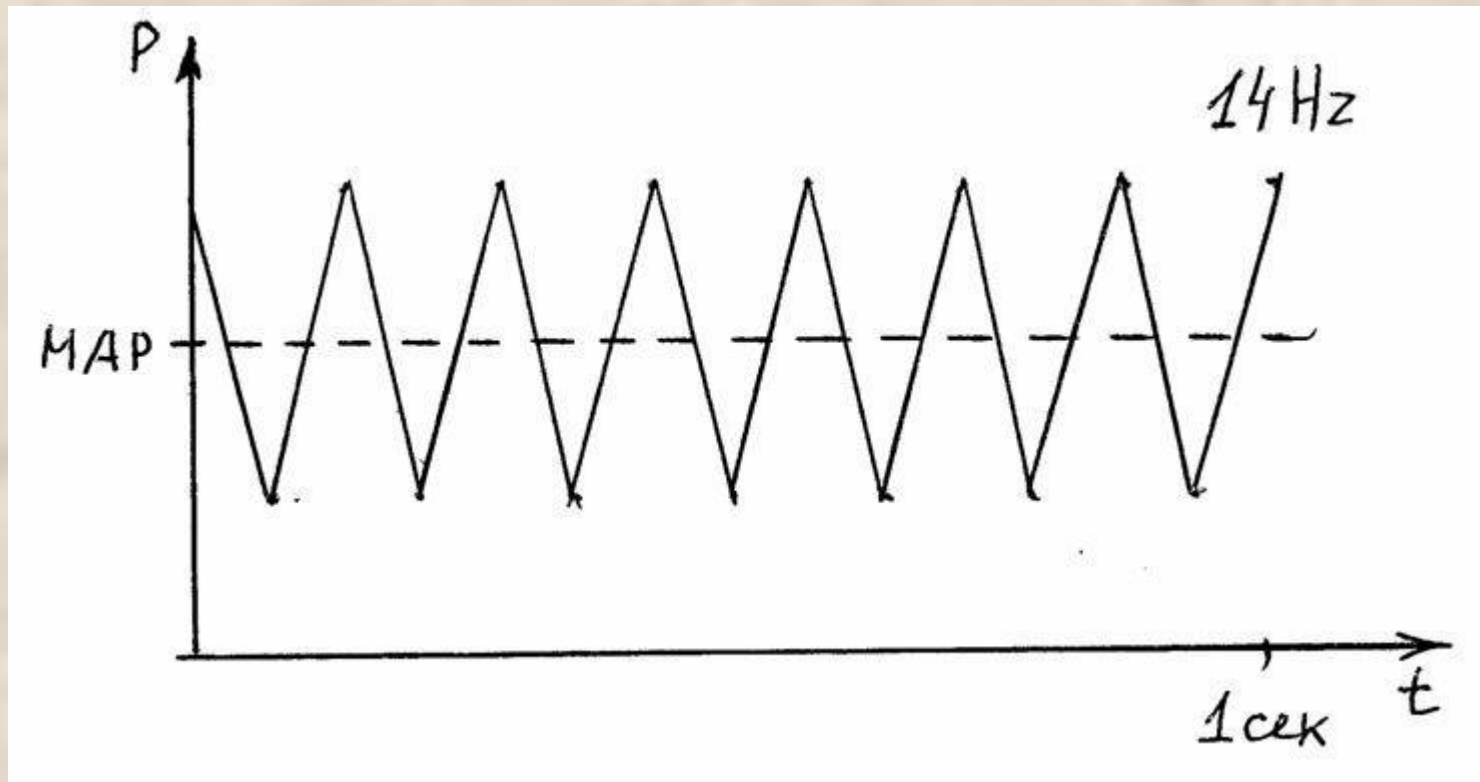
**MAP + 3-5 см H₂O от исходного
уровня**

Частота осцилляций 10 Hz

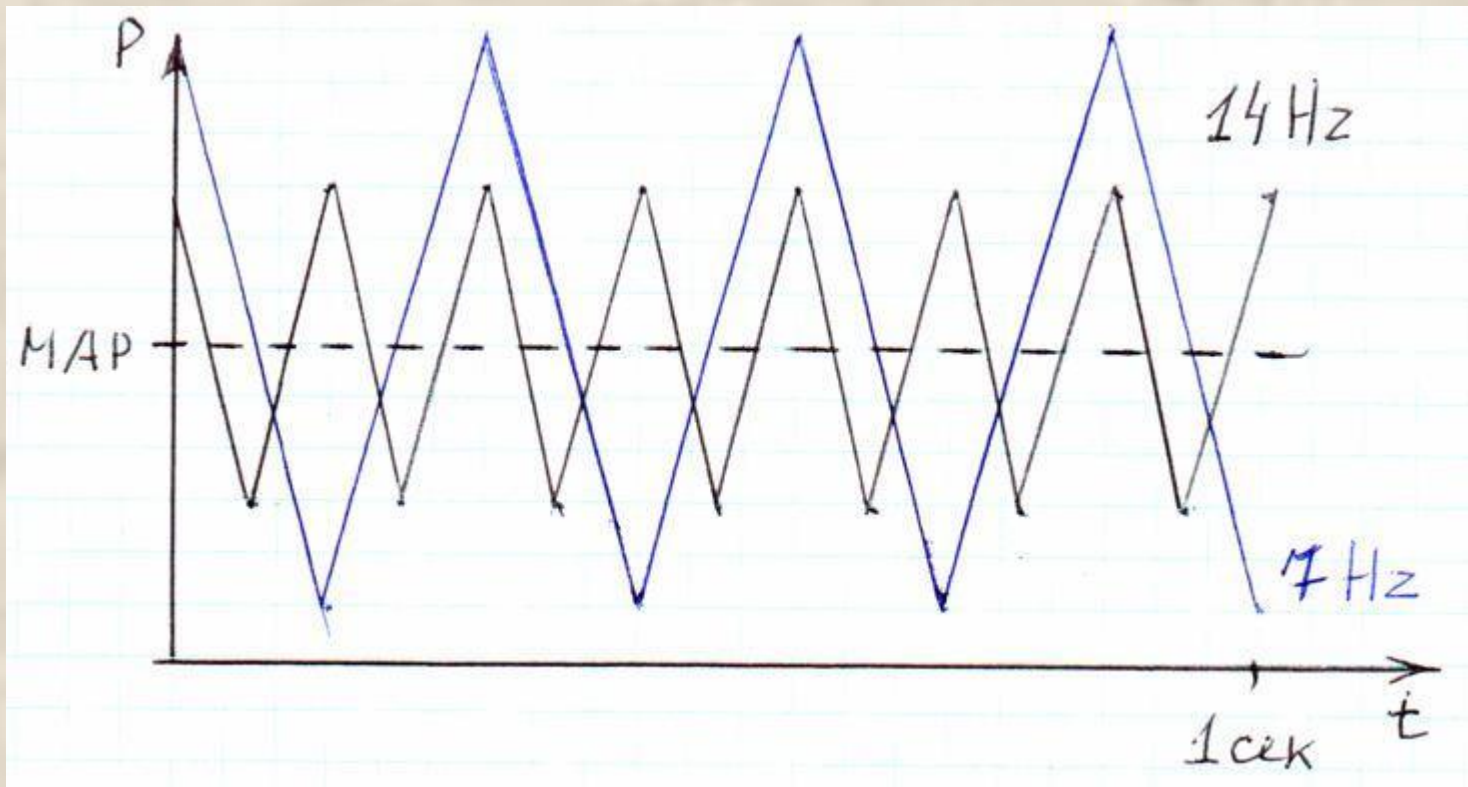
Амплитуда 100%(Babylog)

Или дельта P 30 (SLE, VIASYS)

HFOV



HFOV



NFOV

Коррекция pO₂:

1. MAP → pO₂
2. %O₂ → pO₂

Коррекция pCO₂:

1. Hz → pCO₂
2. Hz → pCO₂

HFOV

Гиперкапния: (надо \square pCO₂)

амплитуда 100%

или \square ΔP 35-40-45 mbarr

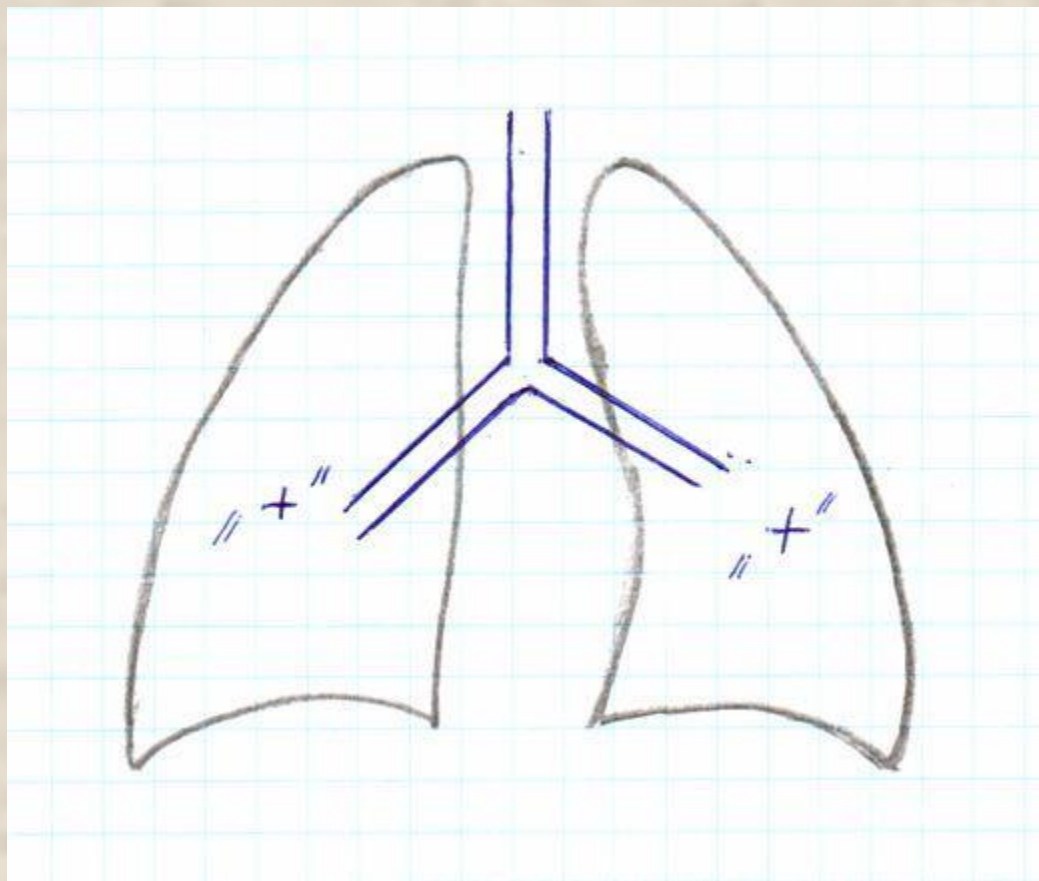
осторожно снижать HF частоту

Гипокапния: (надо \square pCO₂)

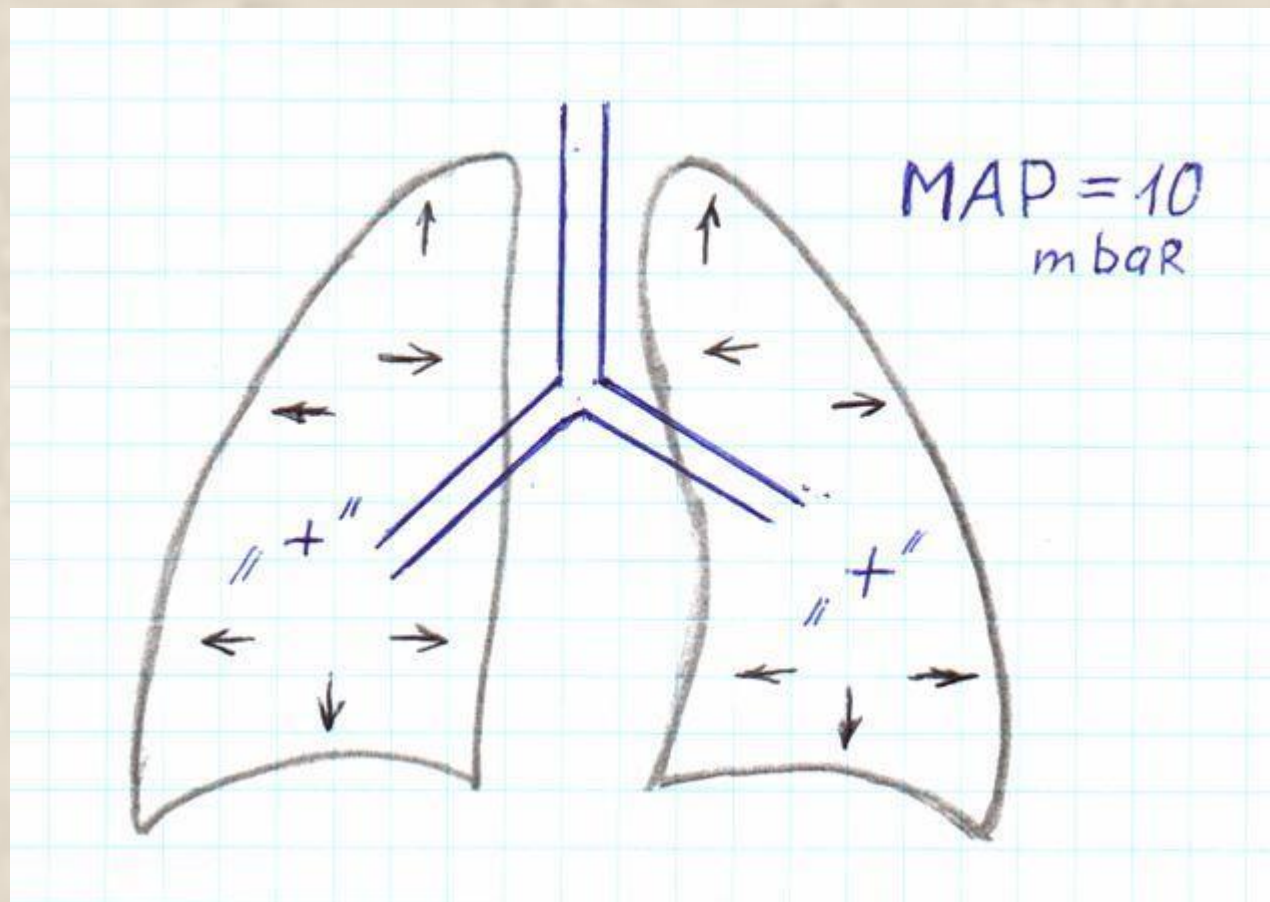
увеличить частоту 10 – 12 – 14 Hz

снизить амплитуду (\square ΔP)

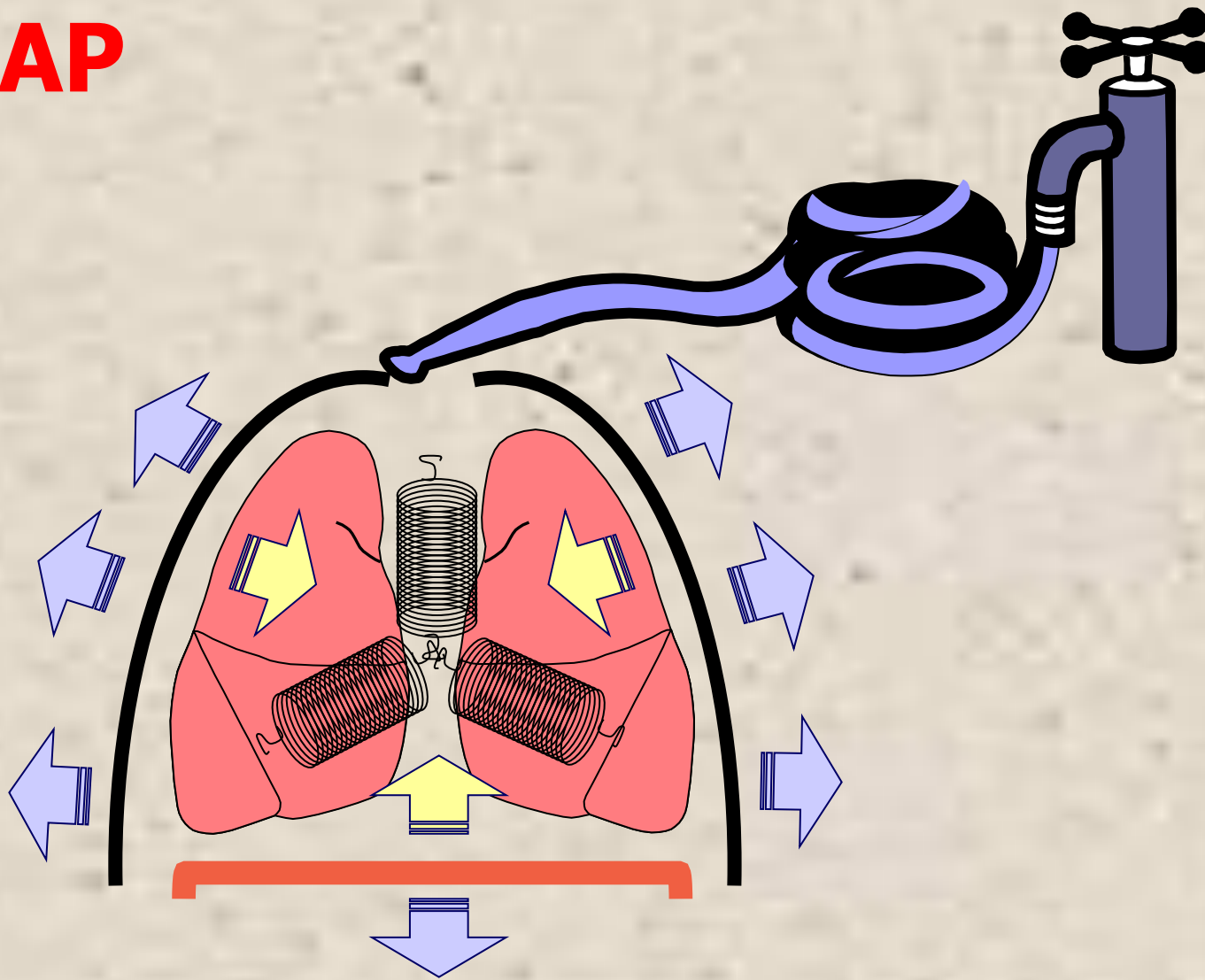
Негативные эффекты ИВЛ и СРАР



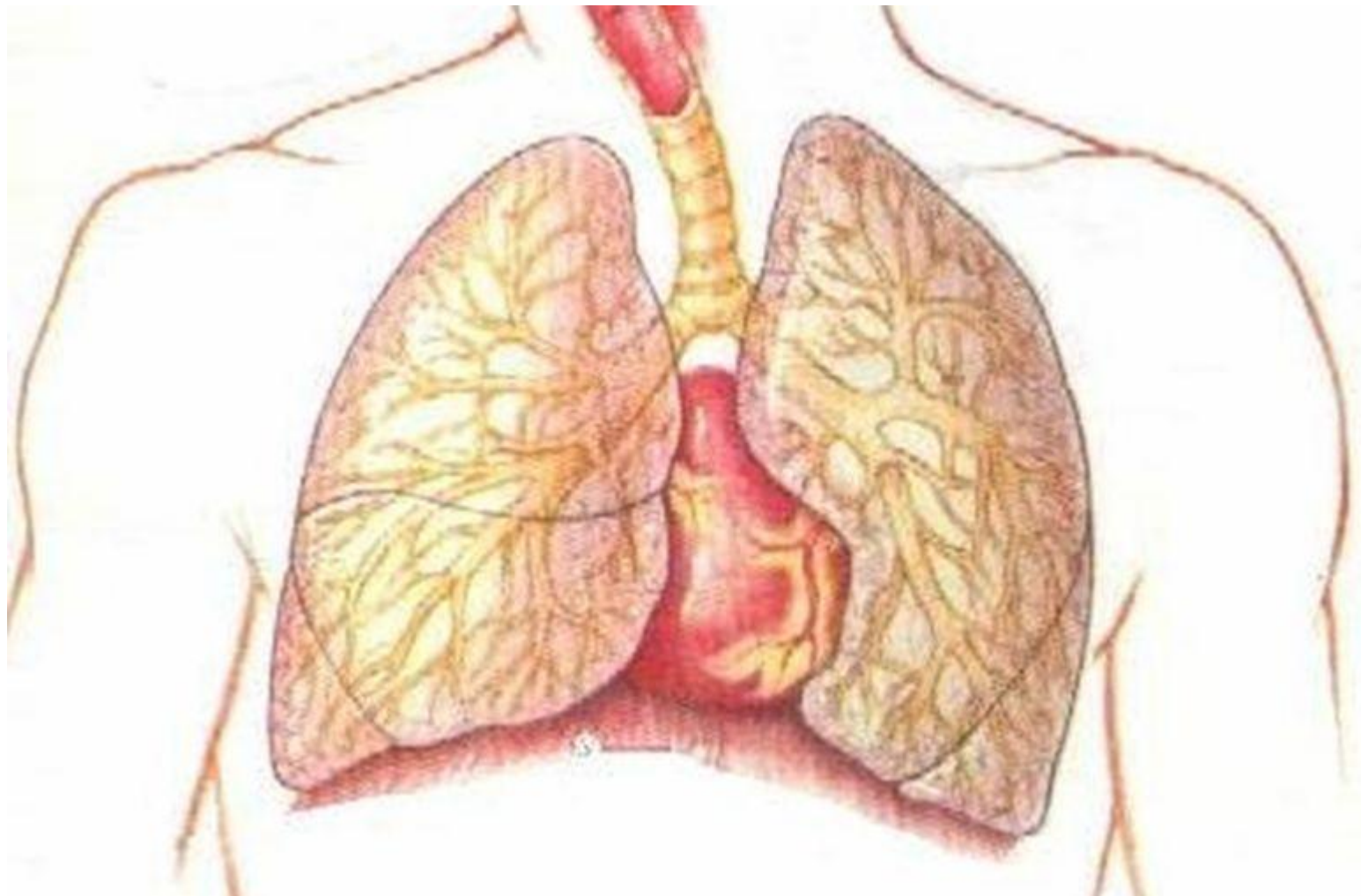
Негативные эффекты ИВЛ и СРАР



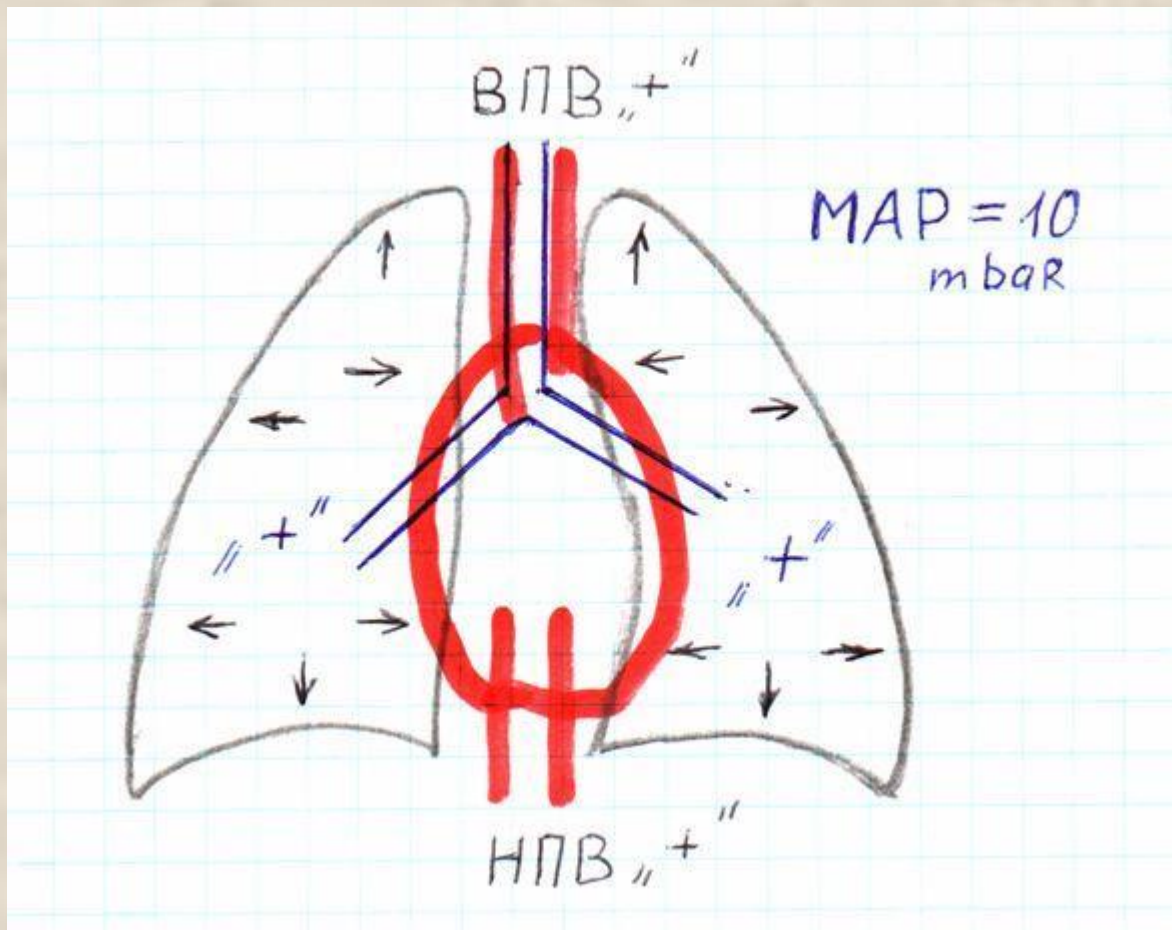
Негативные эффекты ИВЛ и СРАР



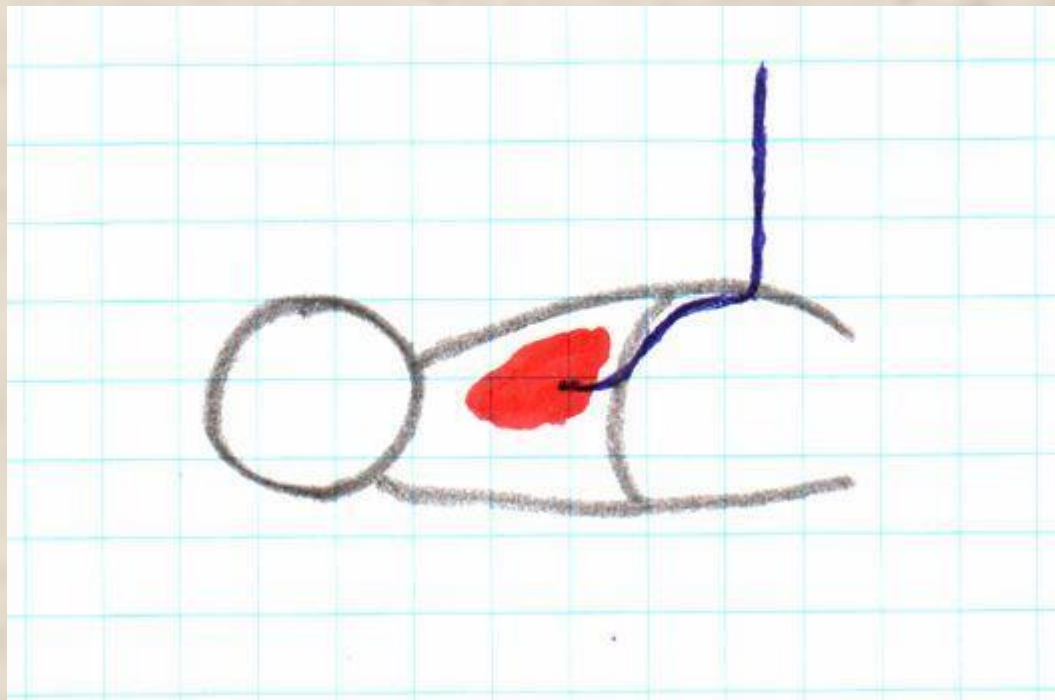
Негативные эффекты ИВЛ и СРАР



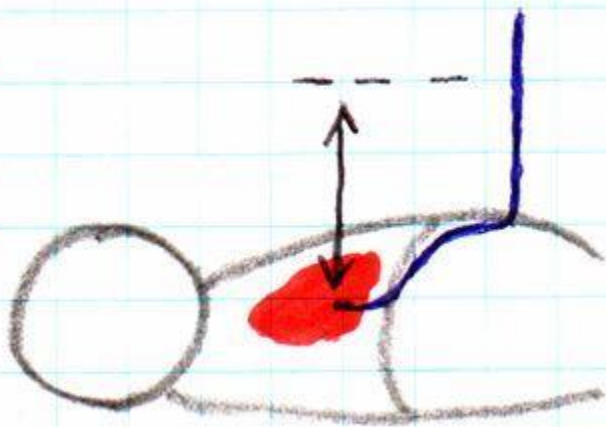
Негативные эффекты ИВЛ и СРАР



ЦВД ?



ЦВД ?

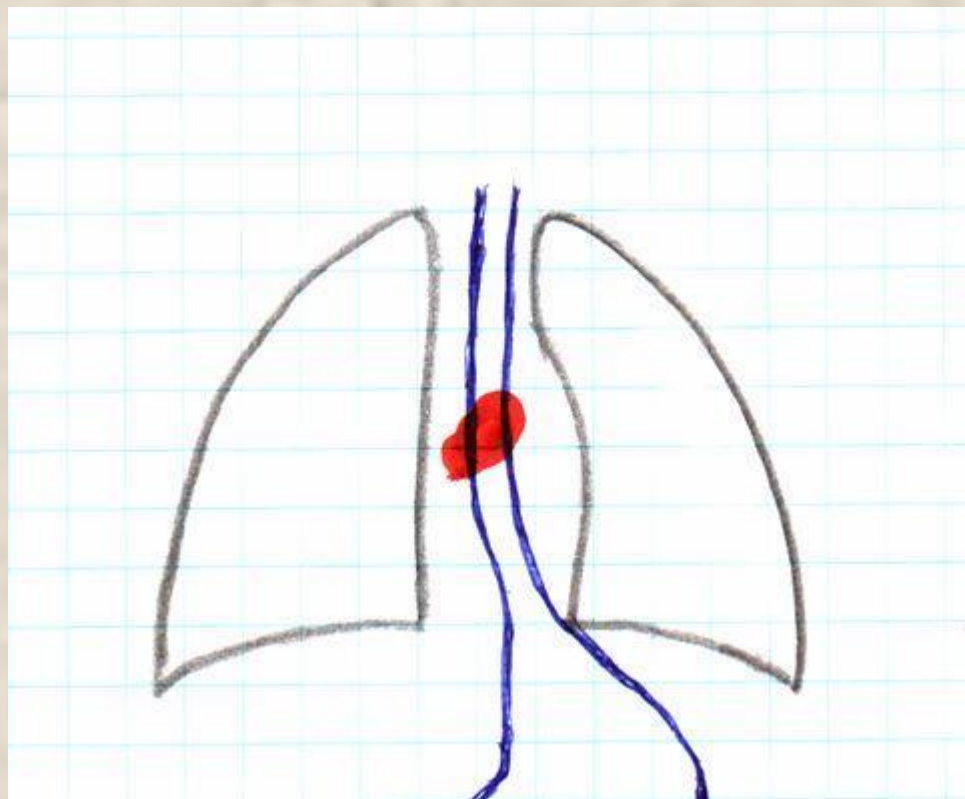


$$MAP = 10 \text{ mbar}$$

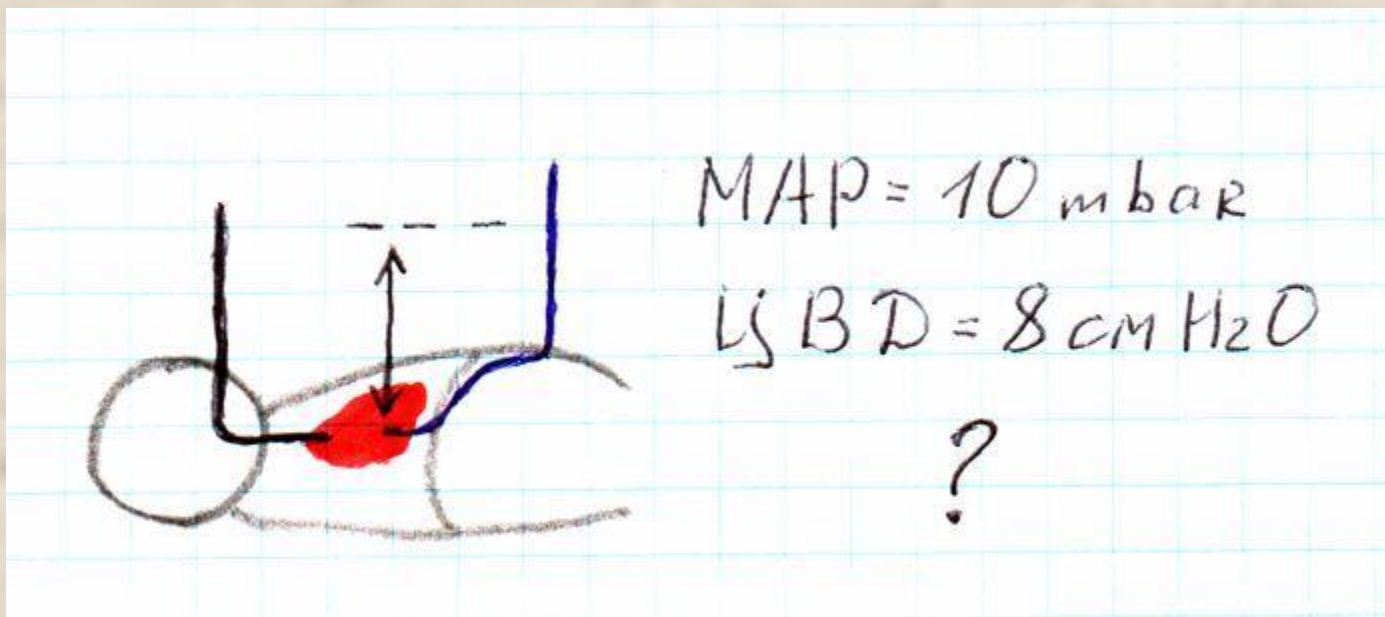
$$ЦВД = 8 \text{ cm H}_2\text{O}$$

?

ЦВД ?



ЦВД ?



Уход за пациентом на ИВЛ и СРАР

- **Гипоксия**
- **Гипероксия**
- **Гипокапния**
- **Гиперкапния**
- **Повторные аспирации слизи и
пищи**
- **Суперинфекции**

Технологические особенности ИВЛ у новорожденных

- негерметичные дыхательные пути**
- низкий комплаинс**
- высокая частота дыхания**
- низкий торакальный комплаинс**
- токсическое действие O_2**

Технологические особенности ИВЛ у новорожденных

негерметичные дыхательные пути

- **Необходимость компенсации утечки**
- **Ненадежность объемной вентиляции**
- **Трудности при проведении ассистирующей вентиляции**

Безопасность ИВЛ и СРАР

- Дозированная подача кислорода
- Подогрев и увлажнение дыхательной смеси.
- Надежная фиксация назальных канюль, назофарингеальной трубки, эндотрахеальной трубки.
- Рентгенографический контроль уровня расположения ЭТТ.

Безопасность ИВЛ и СРАР

- **Мониторинг газового состава крови, Sat O₂.**
- **Корректная техника санации ЭТТ.**
- **Постоянный гастральный зонд при проведении СРАР и ИВЛ.
Корректное зондовое кормление.**
- **Предупреждение дополнительной контаминации госпитальной микрофлорой.**



Безопасность ИВЛ и СРАР

- 1. Дозированная подача кислорода.**

Мониторинг концентрации O_2

O_2 сенсор

Электрохимический
Парамагнитный



Токсические эффекты кислорода

**Лечение с использованием
кислорода сопровождается риском
денатурации, повреждения ДНК и
развитием раковых заболеваний,
РН, повреждением растущего мозга
ребенка, увеличением частоты
инфекционных осложнений**

**Sola, A. Oxygen as a neonatal health hazard: call for détente
in clinical practice / A. Sola, M.R. Rogido, R. Deulofeut //
Acta. Paediatr.- 2007.- Vol. 96, № 6.- P. :801-812.**

Токсические эффекты кислорода

Австралия и Новая Зеландия, 2008 г. – при первичной реанимации недоношенных новорожденных 54% врачей считают 100% кислород относительно безопасным. Лишь 27% родильных залов оказались оснащены устройствами дозирования кислорода, при этом специалисты начинали реанимацию с 30-90% O₂ (в среднем – с 50%)

Токсические эффекты кислорода

Термины оксидативный стресс,
оксидантная болезнь
новорожденного, болезнь
свободных радикалов призваны
отразить комплексный,
многоплановый характер
возникающих патофизиологических
изменений.

Токсические эффекты кислорода

Клинической манифестацией болезни свободных радикалов у недоношенных новорожденных могут быть различные состояния. Среди них БЛД, ВЖК, некротический энтероколит, ретинопатия недоношенных, причем в различных комбинациях

Saugstad, O.D. Hypoxanthine as an indicator of hypoxia: its role in health and disease through free radical production / O.D. Saugstad // *Pediatr. Res.*- 1988.- Vol. 23.- P. 143-150.



Безопасность ИВЛ и СРАР

**2. Подогрев и увлажнение
дыхательной смеси.**

Влажность газа

- Количество воды в объеме газа

- Абсолютная (АН - absolute humidity)

$$АН = \frac{\text{Масса воды (мг)}}{\text{Объем газа (л)}} \quad (\text{мг/л})$$

- Относительная влажность (RH – relative humidity)

$$RH = \frac{\text{АН (мг/л)}}{\text{Максимально возможную АН (л)}} \quad 100\%$$

Значение относительной влажности различны при различных температурах (при одной и той же массе воды в одном и том же объеме воздуха)

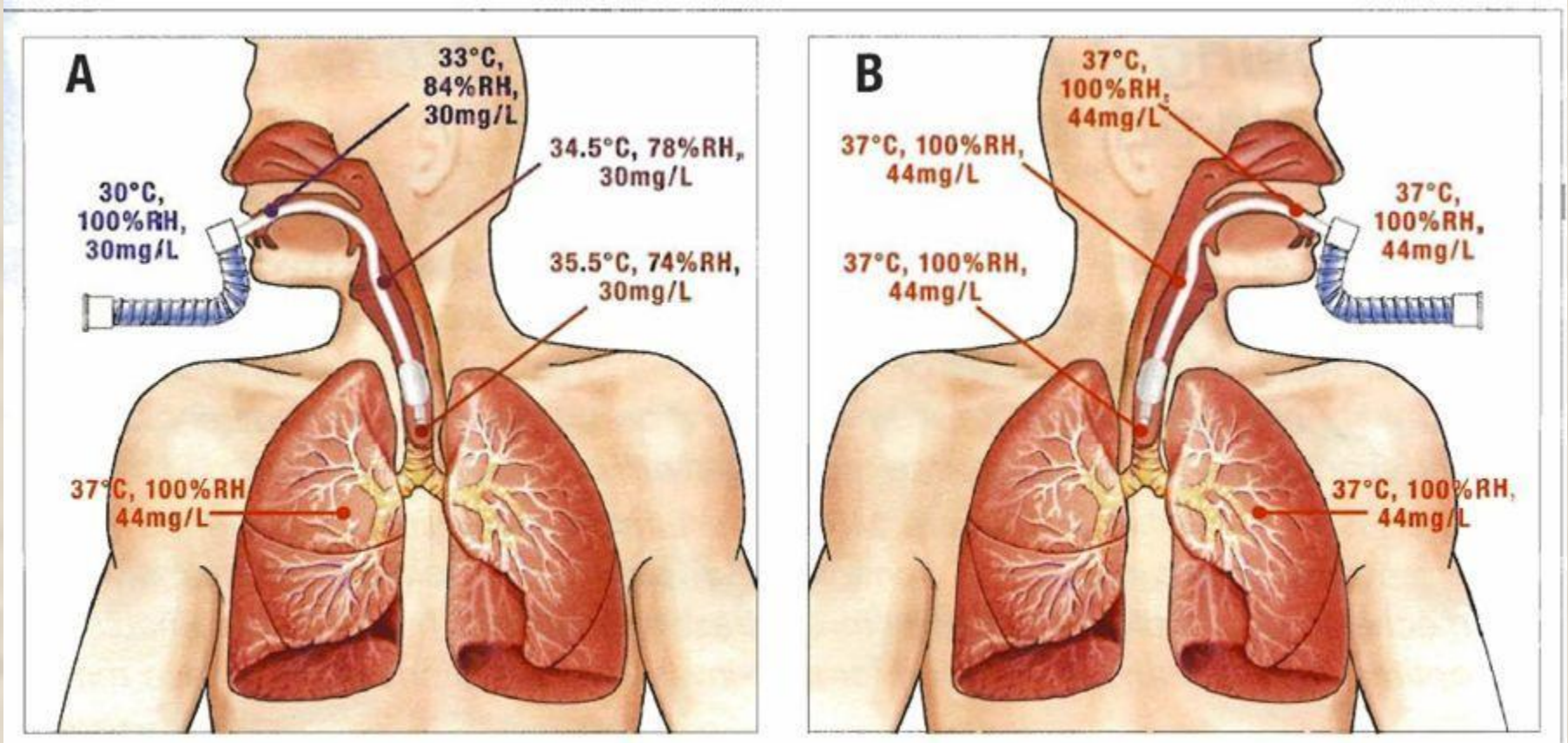
Отсутствие увлажнения вдыхаемой смеси

- Потери жидкости
- Утрата функции мукоцилиарного транспорта □
- Увеличение R_{in} , e_x □
ателектазирование
- Глубина повреждения
пропорциональна экспозиции

90 мин дыхания воздухом с влажностью 0% у взрослого человека полностью блокирует мукоцилиарный транспорт на 24 часа

(Lichtiger M, Landa JF; Anesthesiology, 42, 1975)

Влажность газа



Подогрев и увлажнение дыхательной смеси.



Параметры:
RH=100%
AH=44 г/л



Безопасность ИВЛ и СРАР

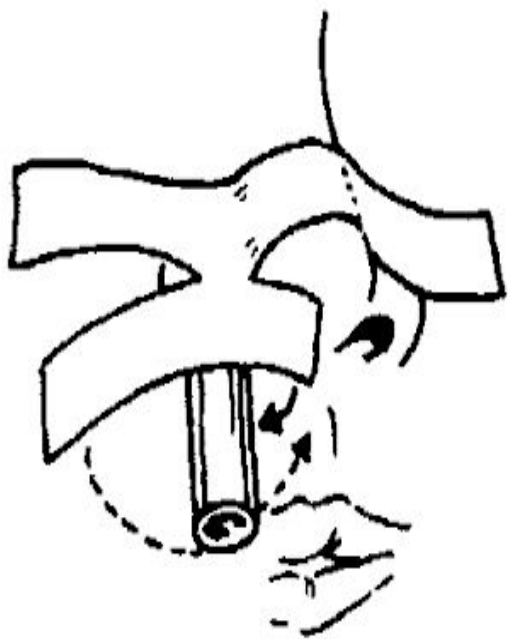
**3. Надежная фиксация
назальных канюль,
назофарингеальной трубки,
эндотрахеальной трубки.**

Назальная интубация

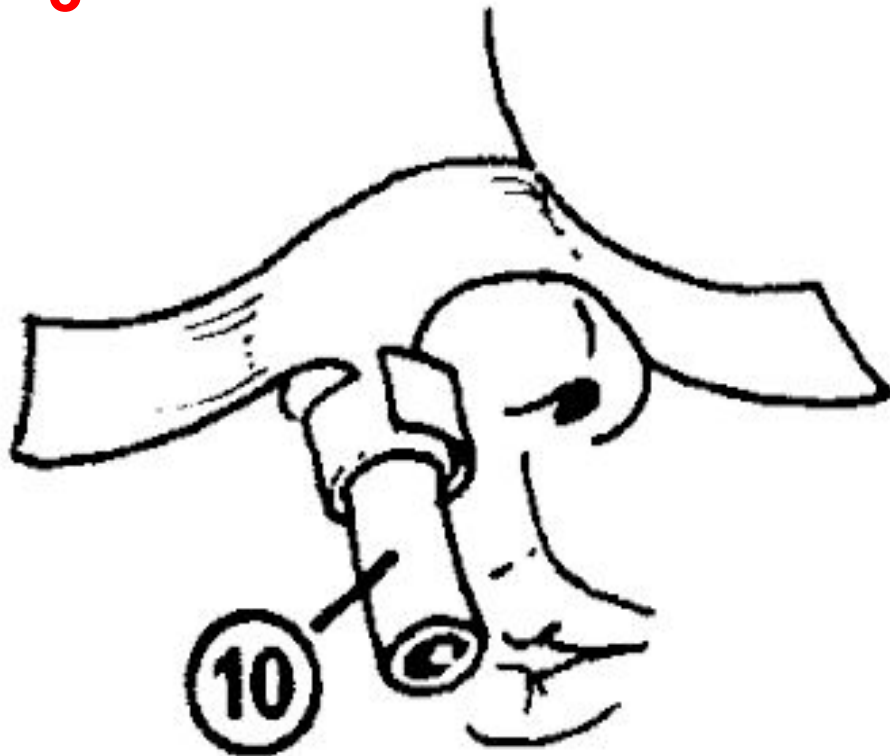
1



2



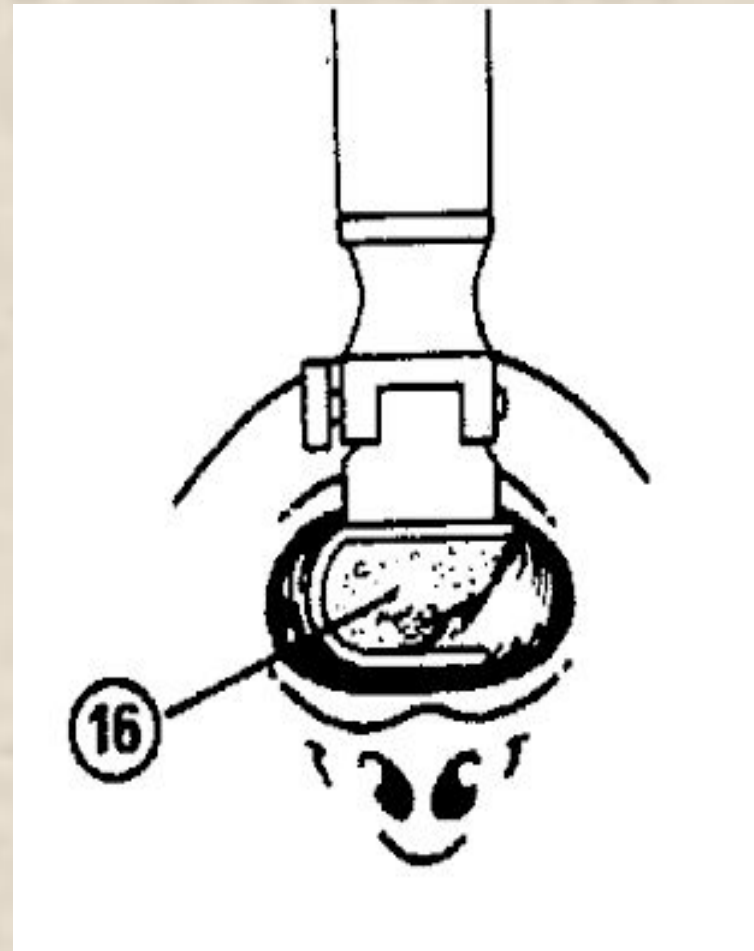
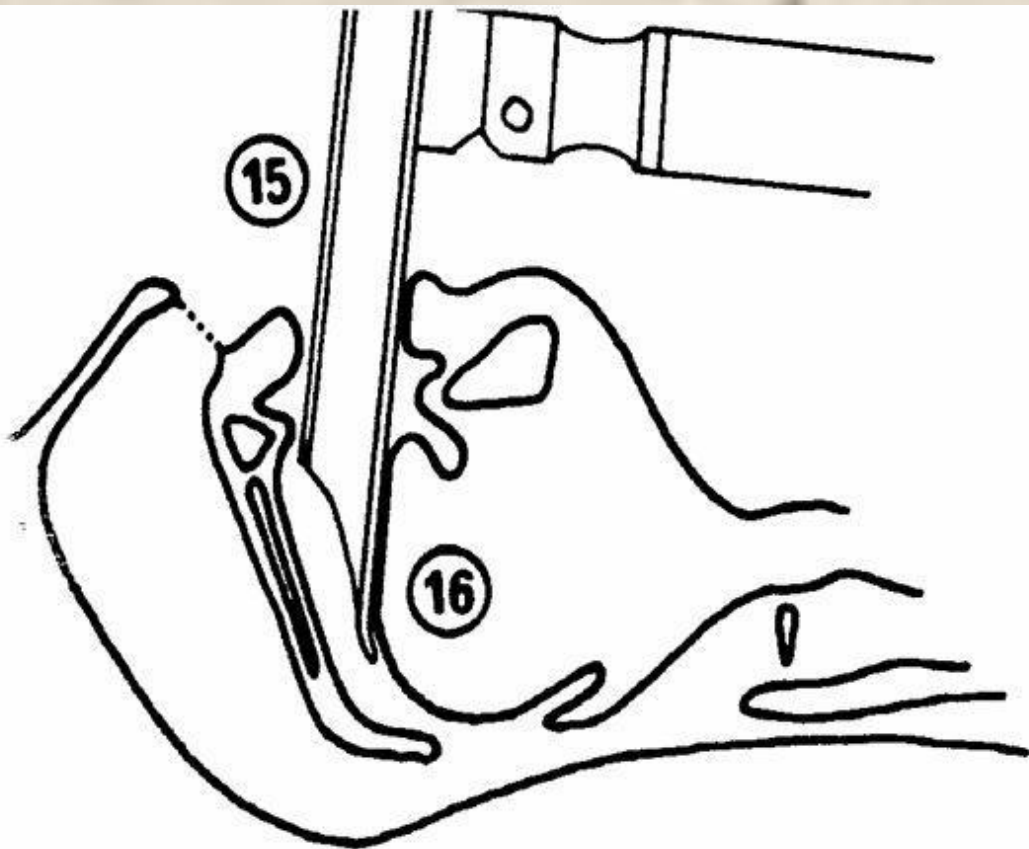
3



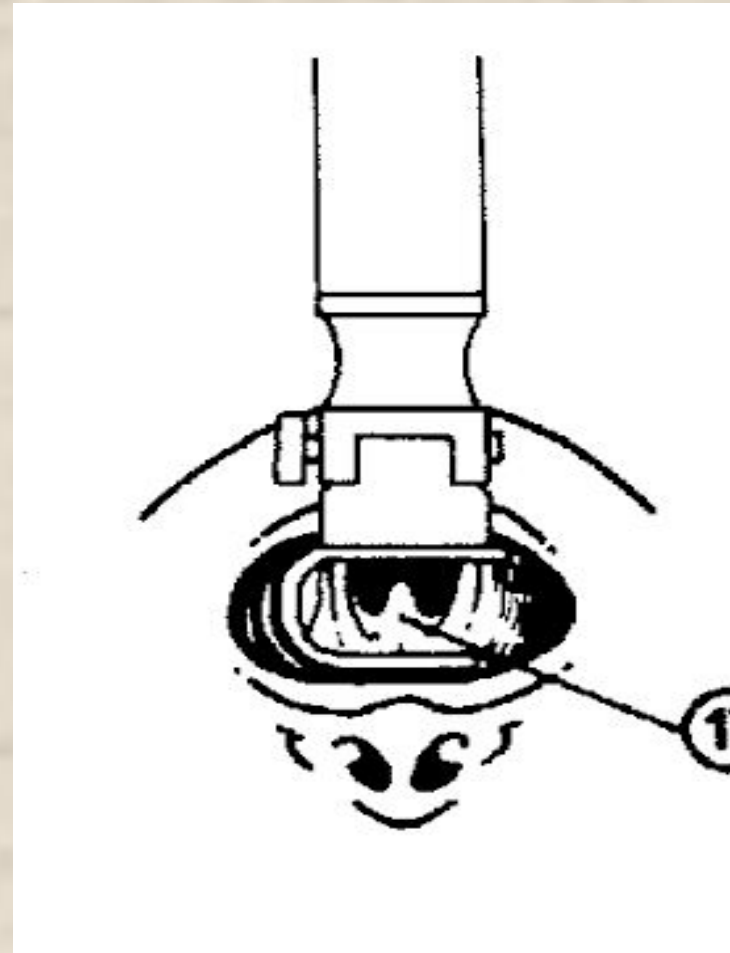
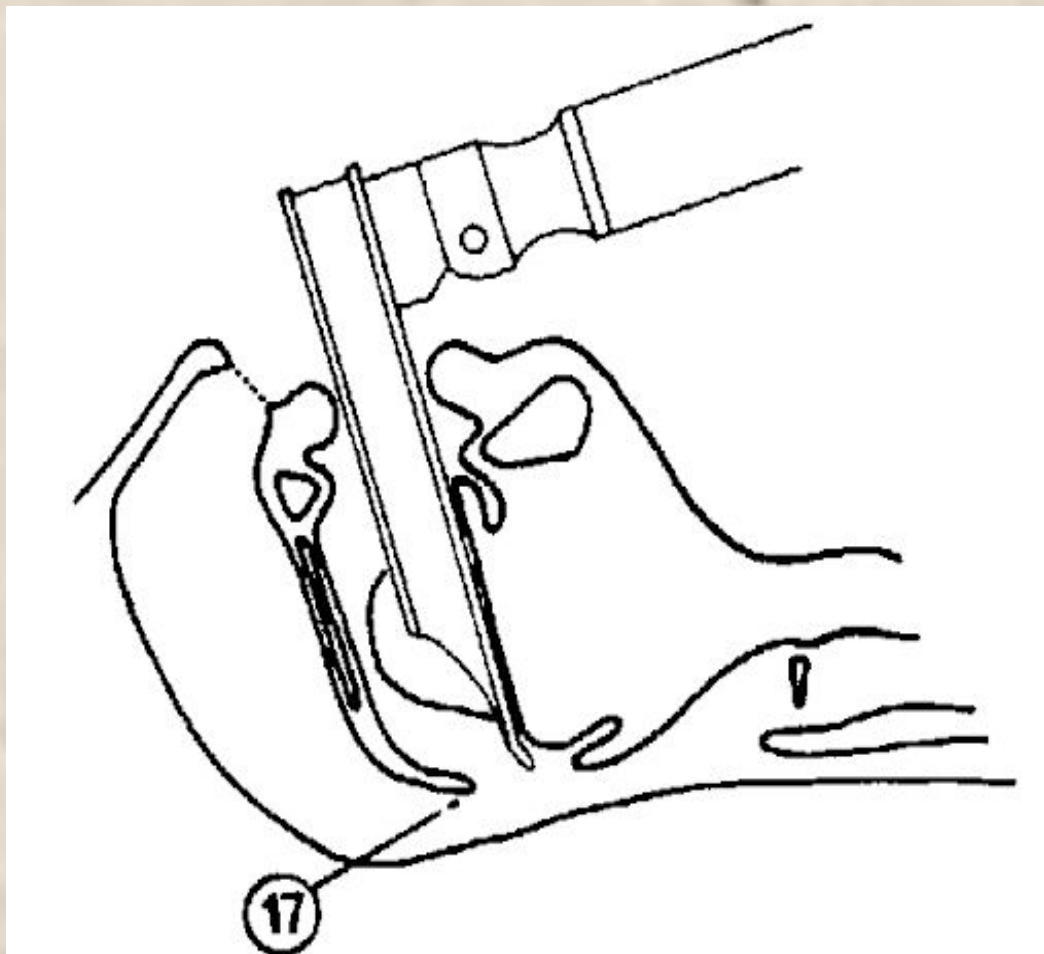




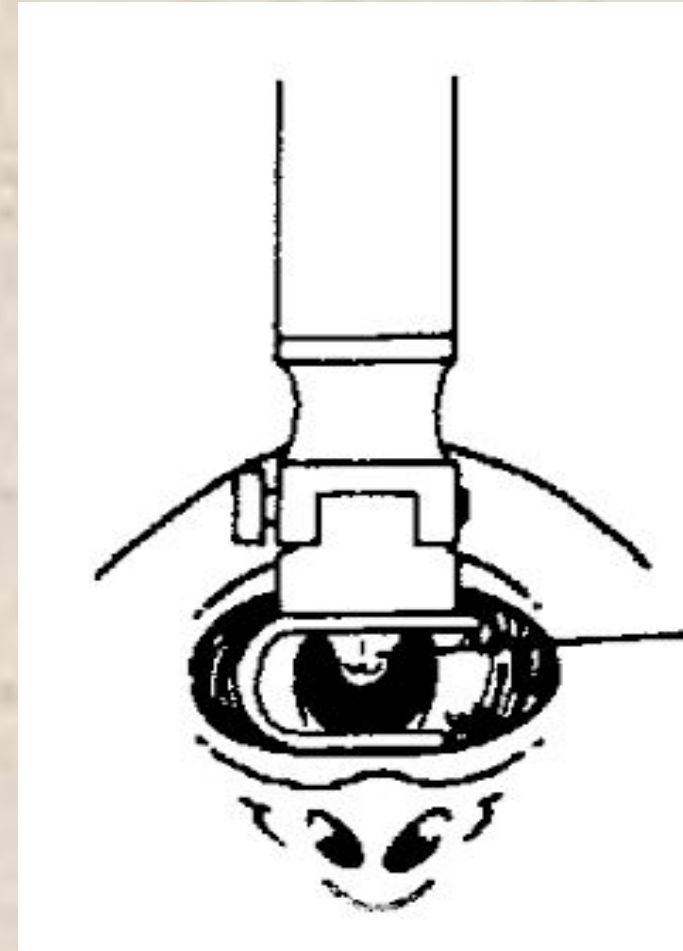
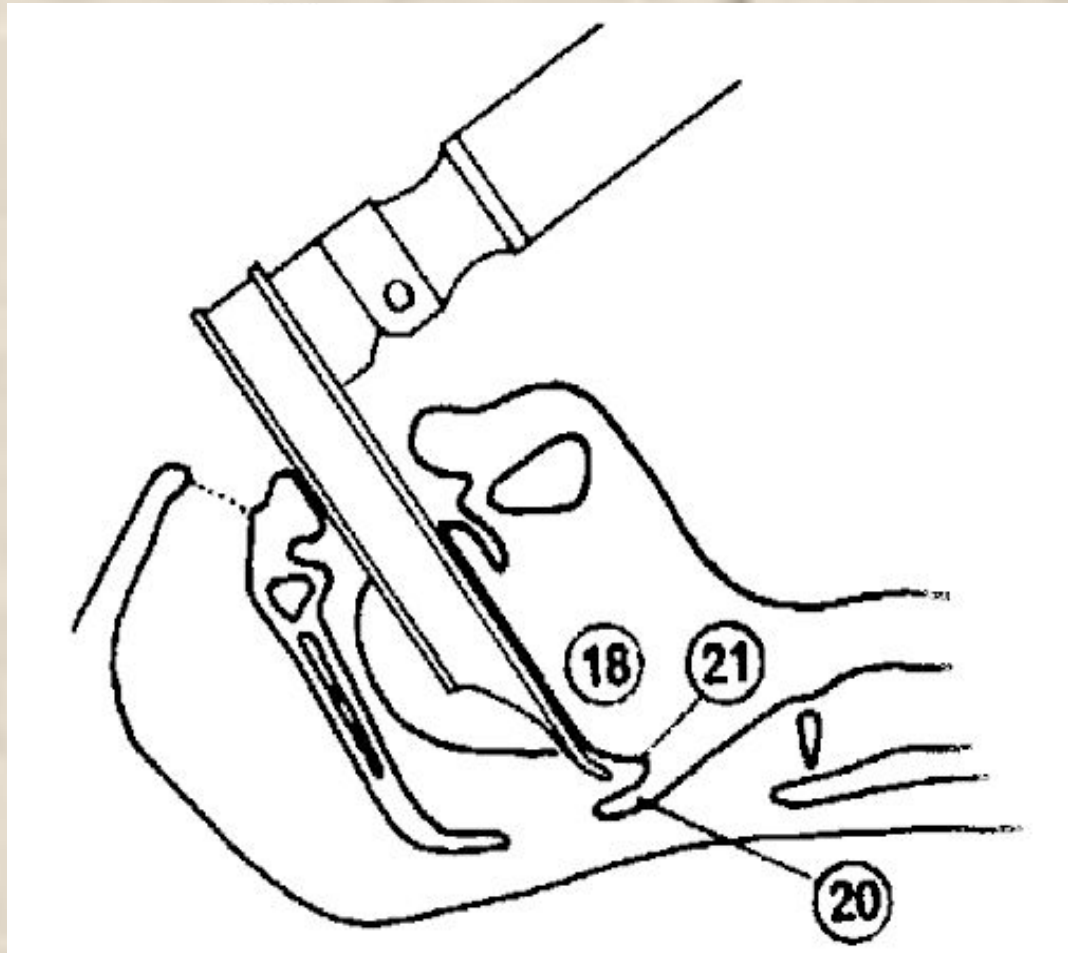
Интубация трахеи



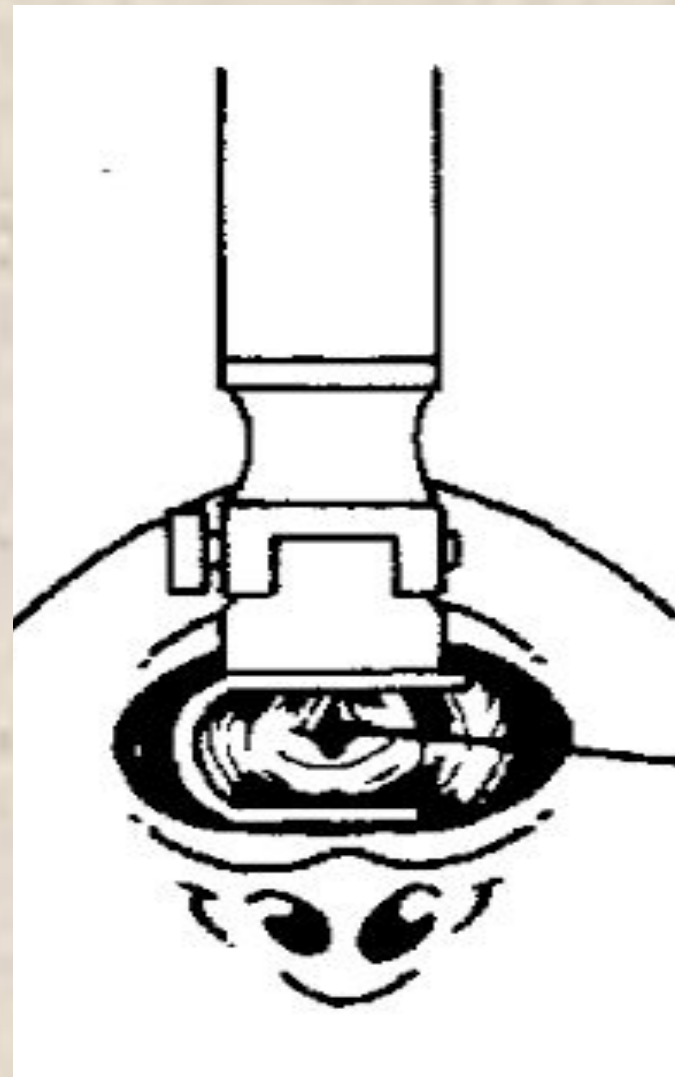
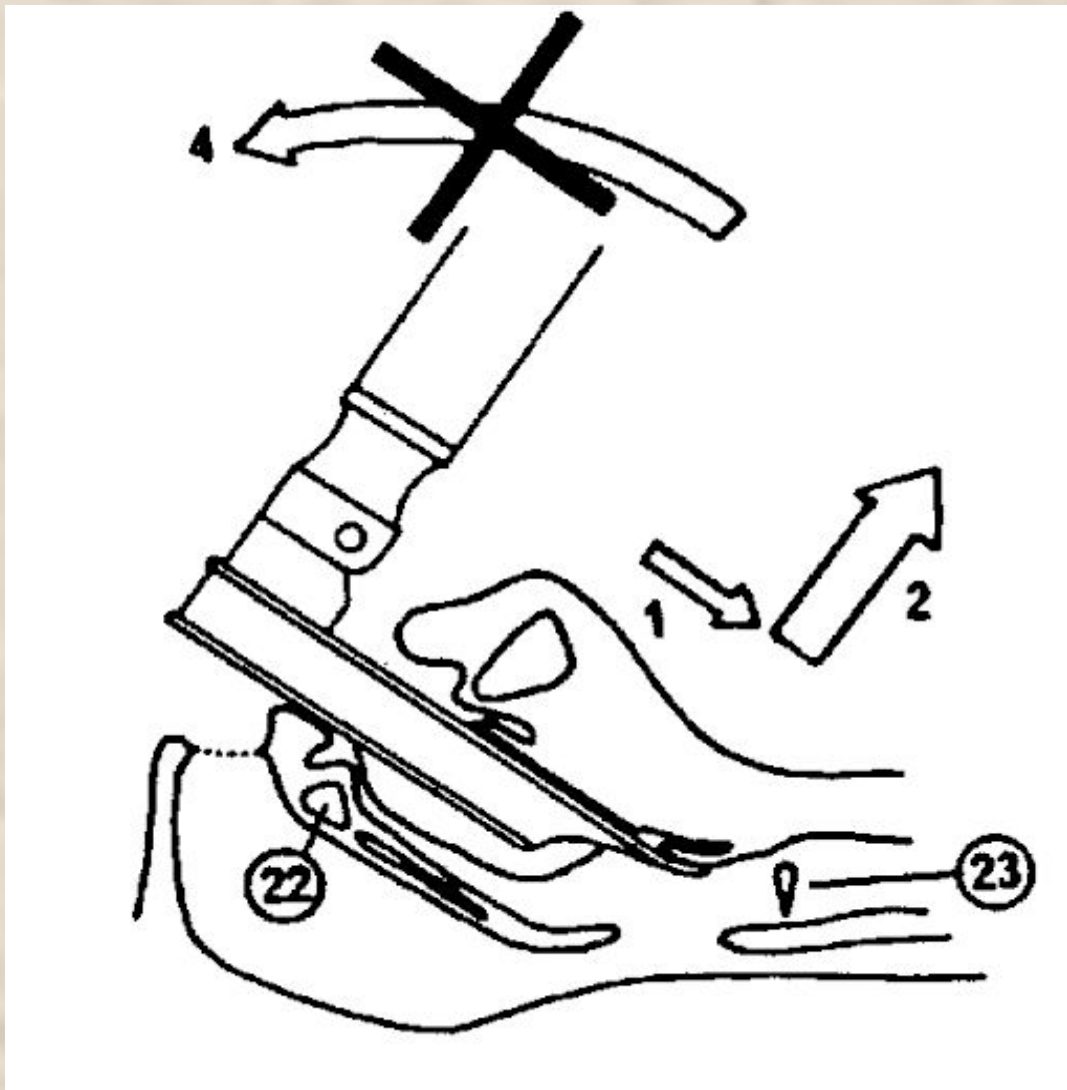
Интубация трахеи



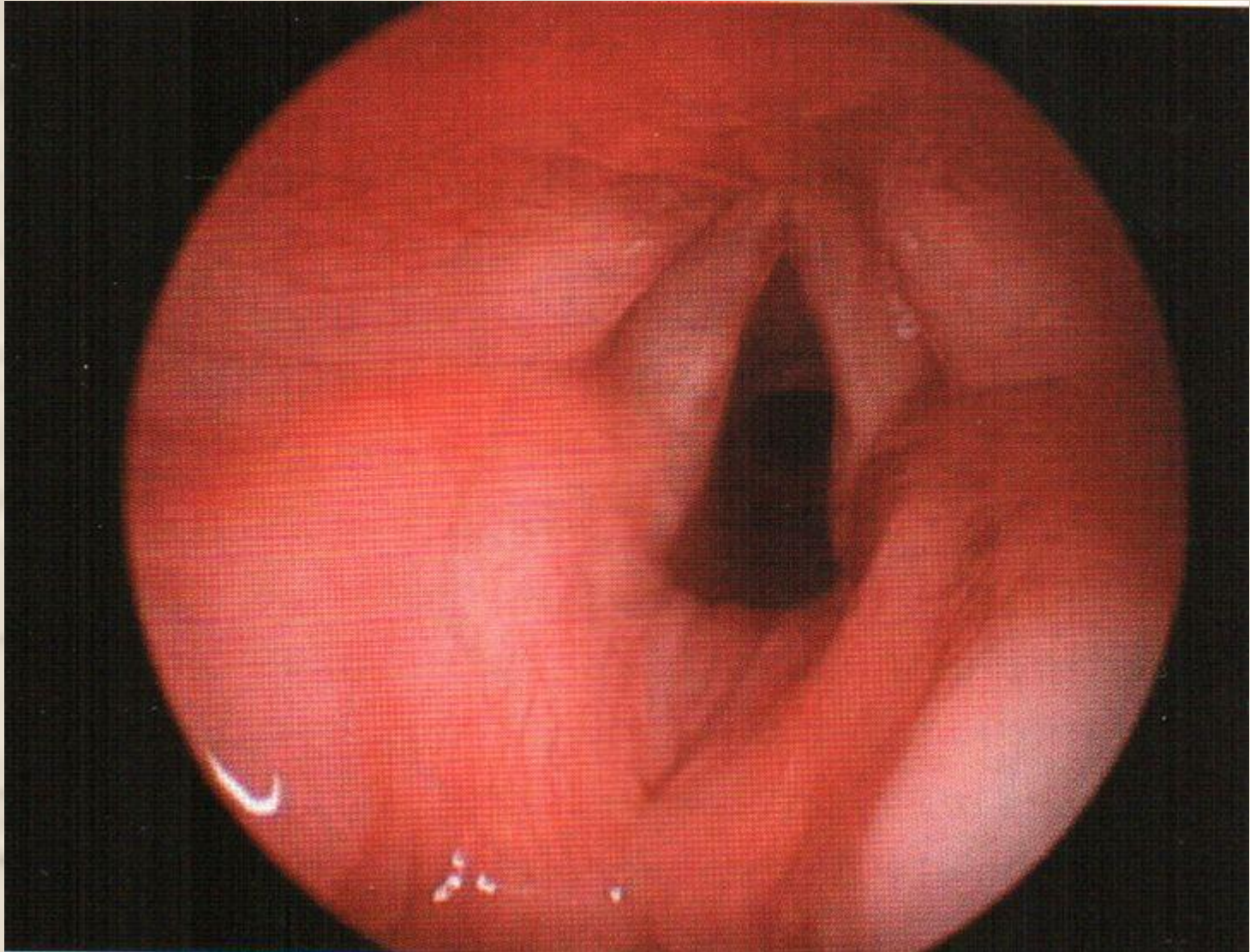
Интубация трахеи



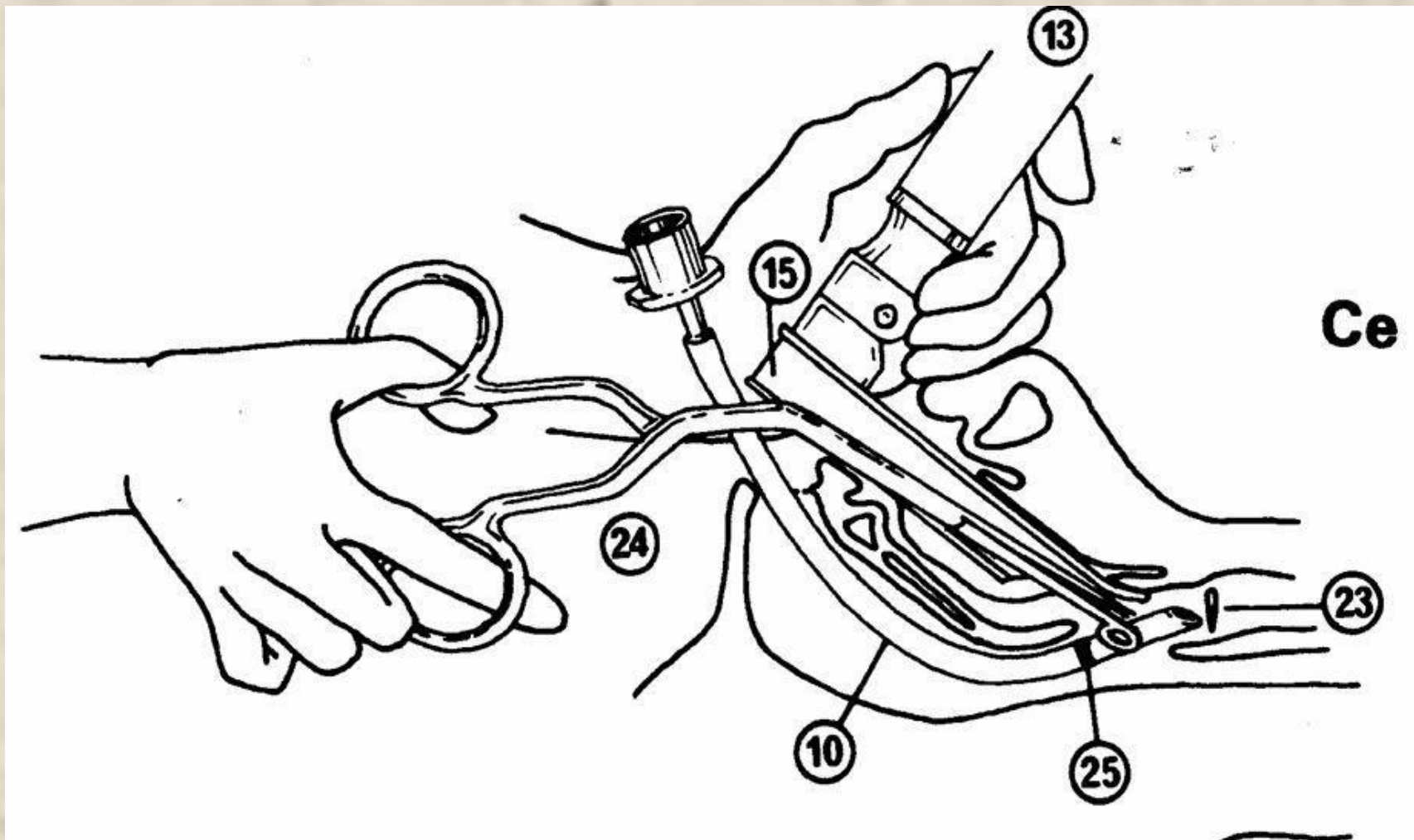
Интубация трахеи



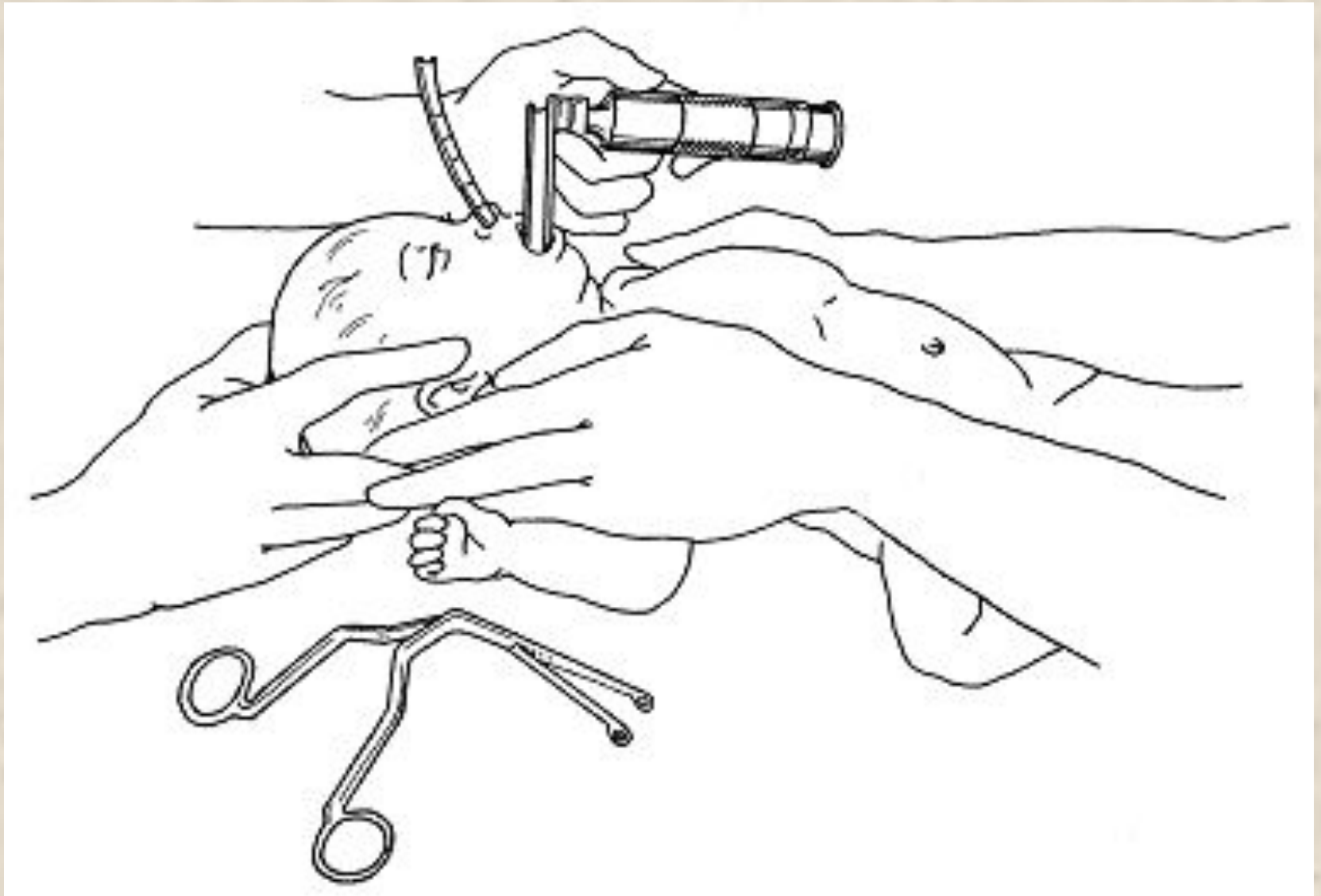
Интубация трахеи



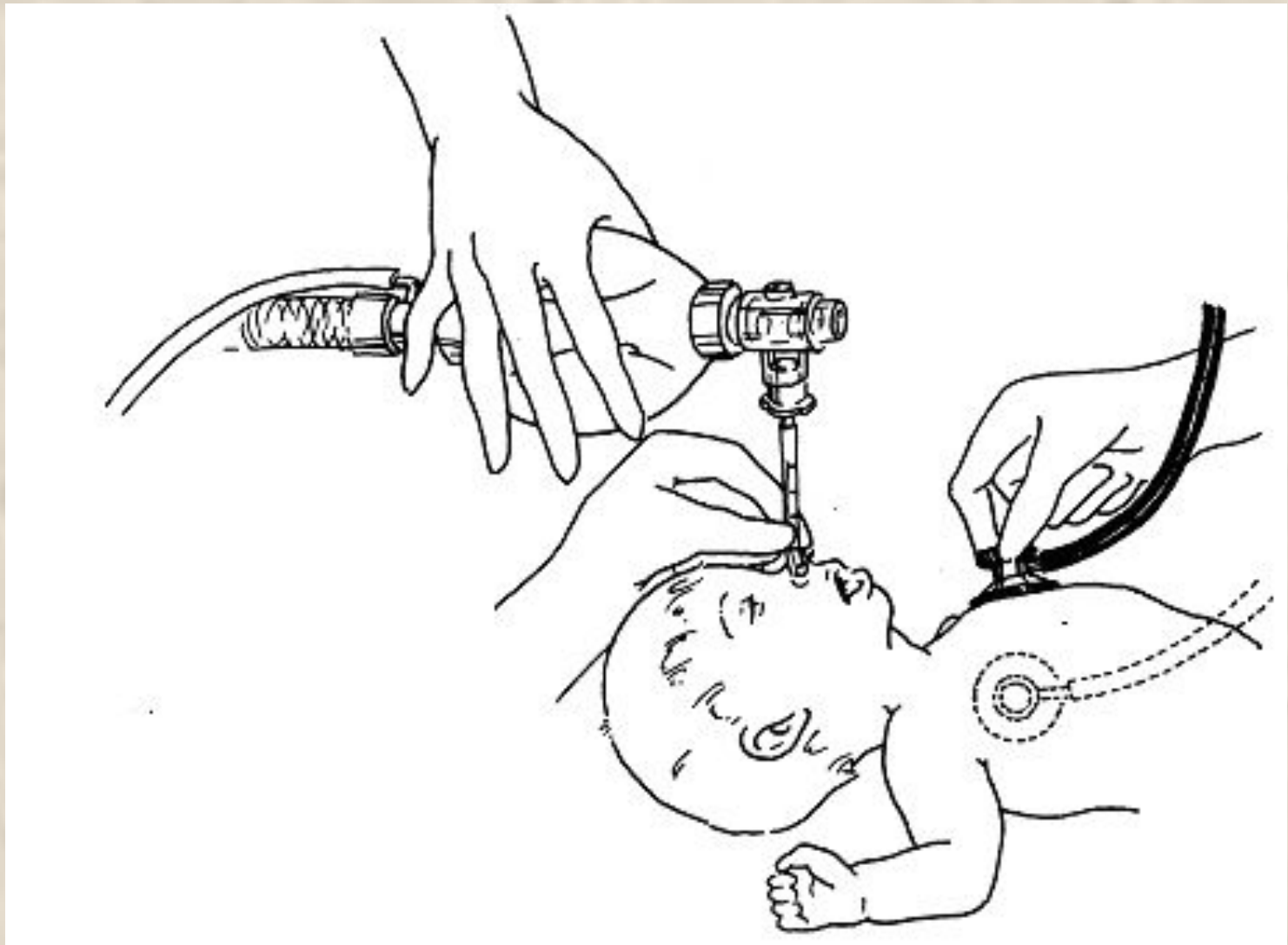
Интубация трахеи



Назальная интубация

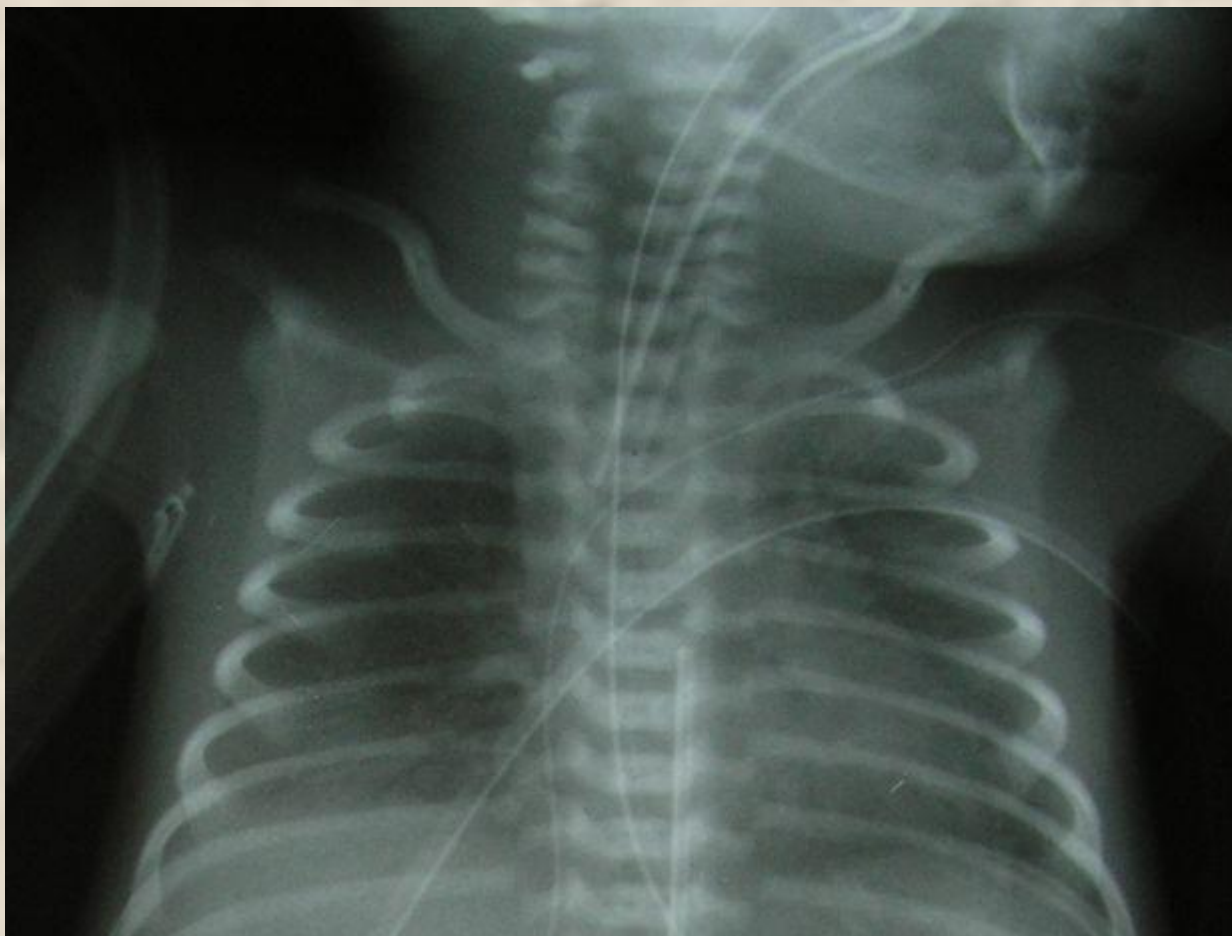


Назальная интубация



Безопасность ИВЛ и СРАР

4. R-контроль уровня ЭТТ.





Безопасность ИВЛ и СРАР

5. Мониторинг газового состава крови, Sat O₂.

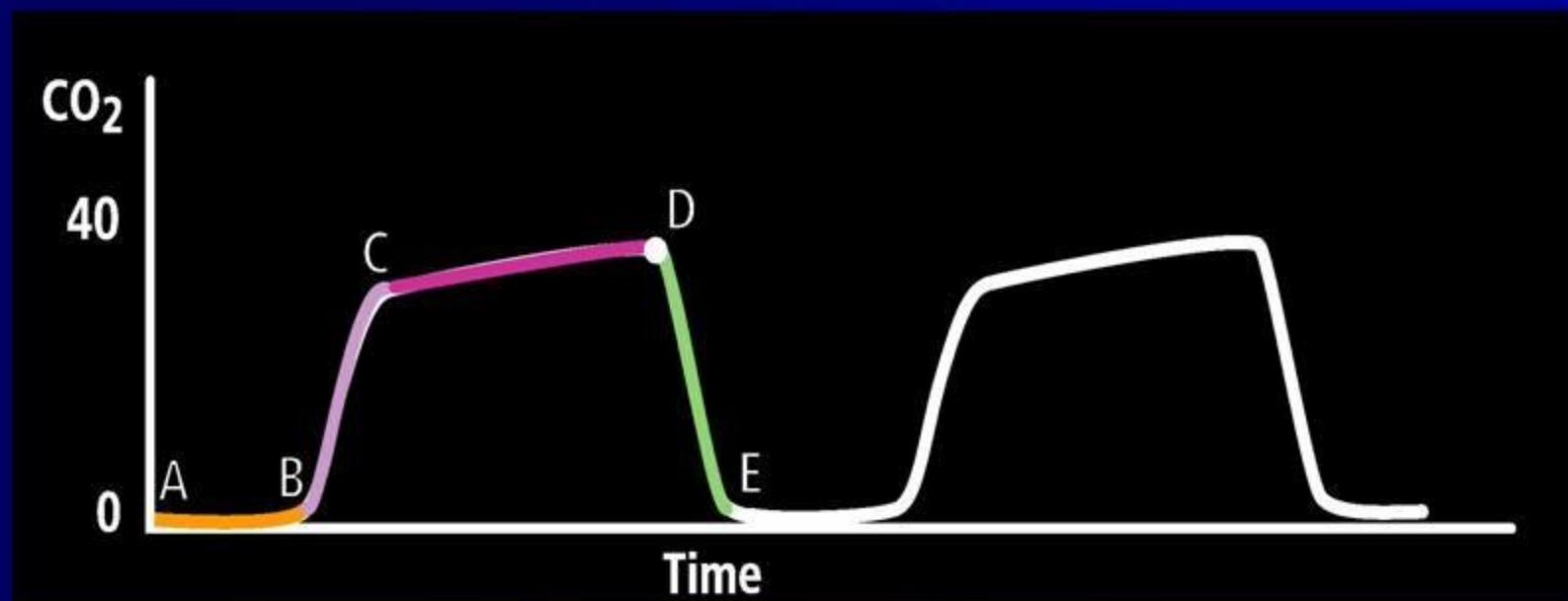
Газоанализатор



Мониторинг Sat O2



EtCO_2 капнография: форма волны – нормальная



A-D: выдох,
D-E: вдох,
C-D: равное-альвеолярное плато,
D: EtCO_2

Безопасность ИВЛ и СРАР

6. Корректная техника санации ЭТТ.

**! Предупреждение
дополнительной
контаминации госпитальной
микрофлорой.**

Безопасность ИВЛ и СРАР

7. Постоянный гастральный зонд при проведении СРАР и ИВЛ. Корректное зондовое кормление.



Кормление



Система Эйра





Спасибо за внимание