



# Мониторинг и поддержание дыхания

КАПНОГРАФИЯ

# НЕОБХОДИМЫЙ МИНИМУМ МОНИТОРИНГА

Международные стандарты анестезии (WFSA2008). Анестезиология и реаниматология 2009;6:4-10.

Buhre WF. Euroanesthesia 2009; 03RC2

Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. Anaesthesia (Accepted: 13.10.2015), doi:10.1111/anae.13327

- **Вентиляция – капнография**
- **Оксигенация – пульсоксиметрия**
- **Перфузия – ЭКГ, АД, ЧСС**

# Капнография

**Капнография** - метод оценки содержания углекислого газа в конце выдоха ( $EtCO_2$ ).

- применяется для мониторинга дыхания и вентиляции пациента
- дает представление о состоянии гемодинамики и скорости метаболизма



# Капнография

- **Используется с 1950-х годов,**
- **с 1991 г. включена в международные стандарты мониторинга в анестезиологии и интенсивной терапии**

Miller ED et al. Anaesthesia 1999, 2004, 2009

Морган Д.Э., Михаил М.С. Клиническая анестезиология, 1998

Суборов Е.В., Киров М.Ю. Вестник интенсивной терапии 2008;3: 3-9.

Buhre WF. Euroanaesthesia 2009; 03RC2

Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain

and Ireland. Anaesthesia (Accepted: 13.10.2015), doi:10.1111/anae.13327

# Капнография

*Основа метода -*

измерение давления  $\text{CO}_2$  в выдыхаемой газовой смеси.

*Три метода измерения  $\text{EtCO}_2$ :*

- Масс-спектрометрия
- Романовская спектрометрия
- **Инфракрасный оптический анализ**

# Капнография

*Два типа приборов для измерения EtCO<sub>2</sub>:*

- капнометры
- капнографы.

*Капнометры* измеряют численное значение давление CO<sub>2</sub> и как следствие предоставляют меньше информации о вентиляции и гемодинамике пациента.

*Капнографы* помимо численного измерения, также отображают график – капнограмму.

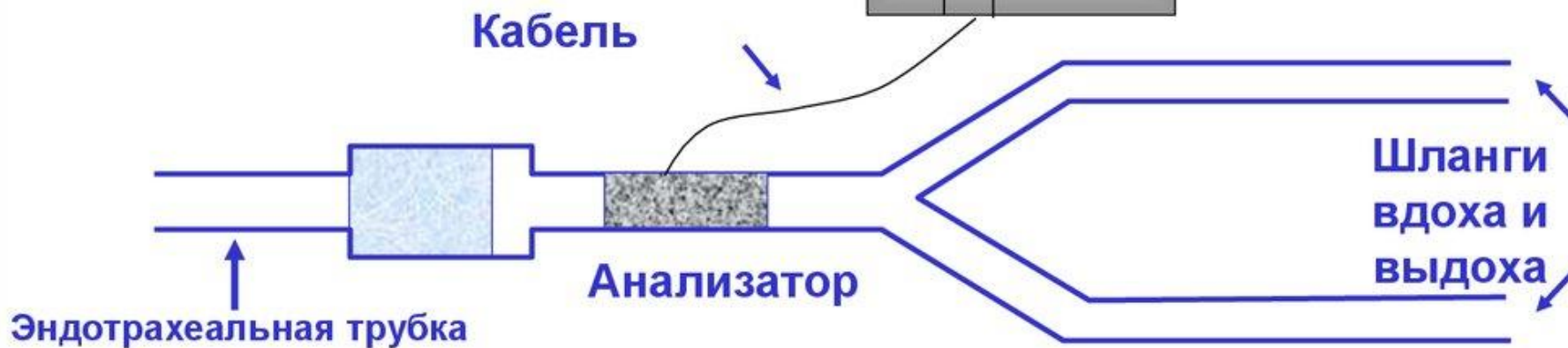
# Капнографы

Капнографы делятся по «месту измерения» CO<sub>2</sub>:

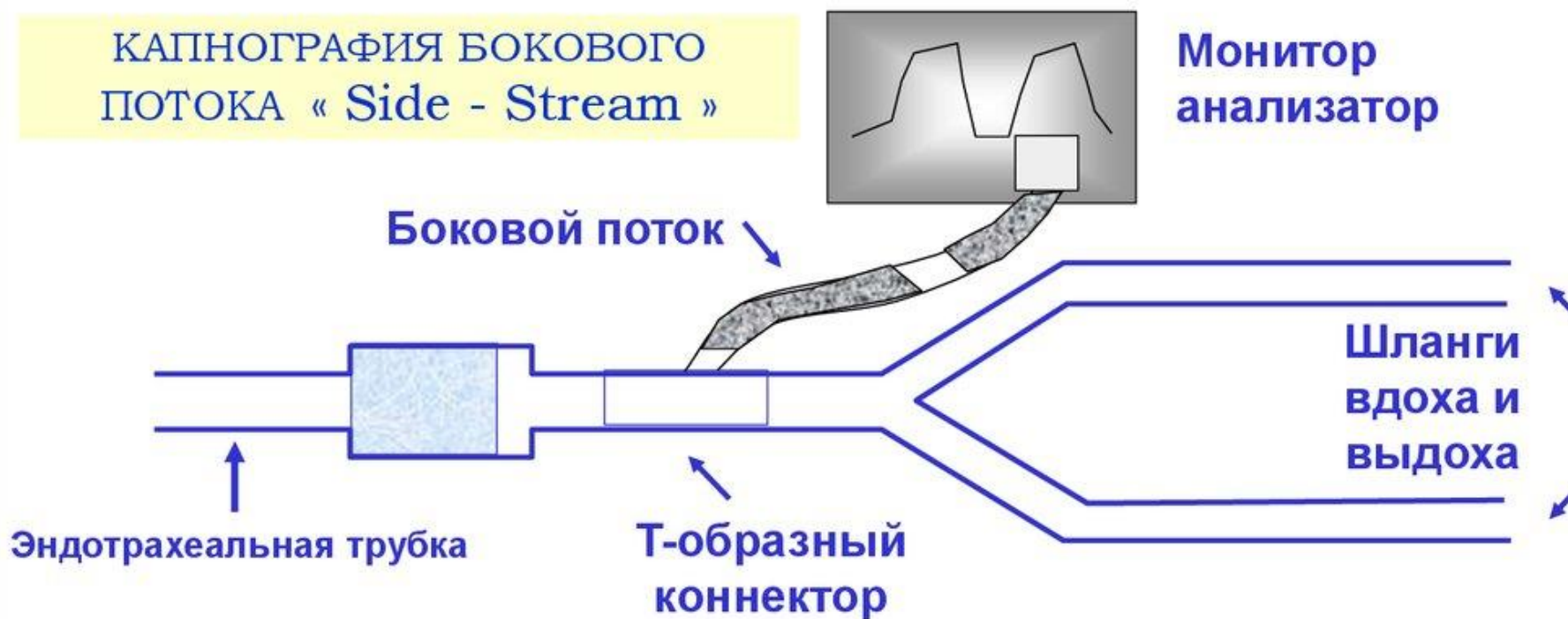
- **прямого потока (*mainstream analysis*)**, анализатор которых встраивается в дыхательный контур пациента,
- **аспирационные (бокового потока - *sidestream*)**, которые отбирают пробу воздуха из контура и по тонким газовым магистралям доставляют ее к анализатору, после чего проба возвращается обратно в контур.

*Возврат пробы имеет большое значение, так как предотвращается утечка анестетика в атмосферу операционной и снижается его расход, поскольку скорость аспирации газа может достигать до 250 мл/мин*

КАПНОГРАФИЯ ПРЯМОГО ПОТОКА  
« Main - Stream »

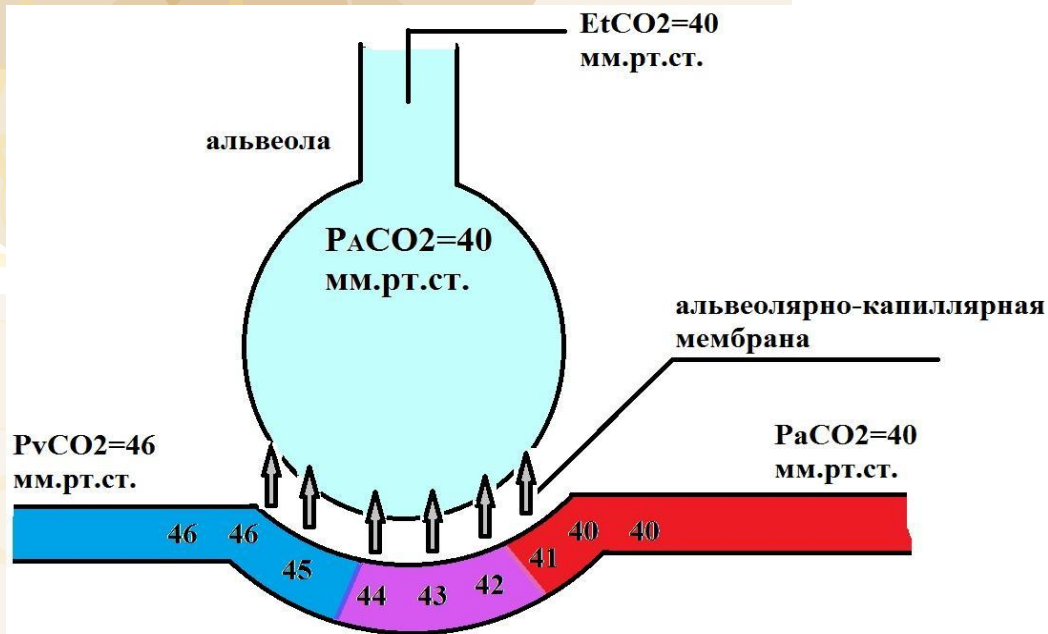


КАПНОГРАФИЯ БОКОВОГО ПОТОКА  
« Side - Stream »





## Схема диффузии $\text{CO}_2$ через альвеолярно-капиллярную мембрану



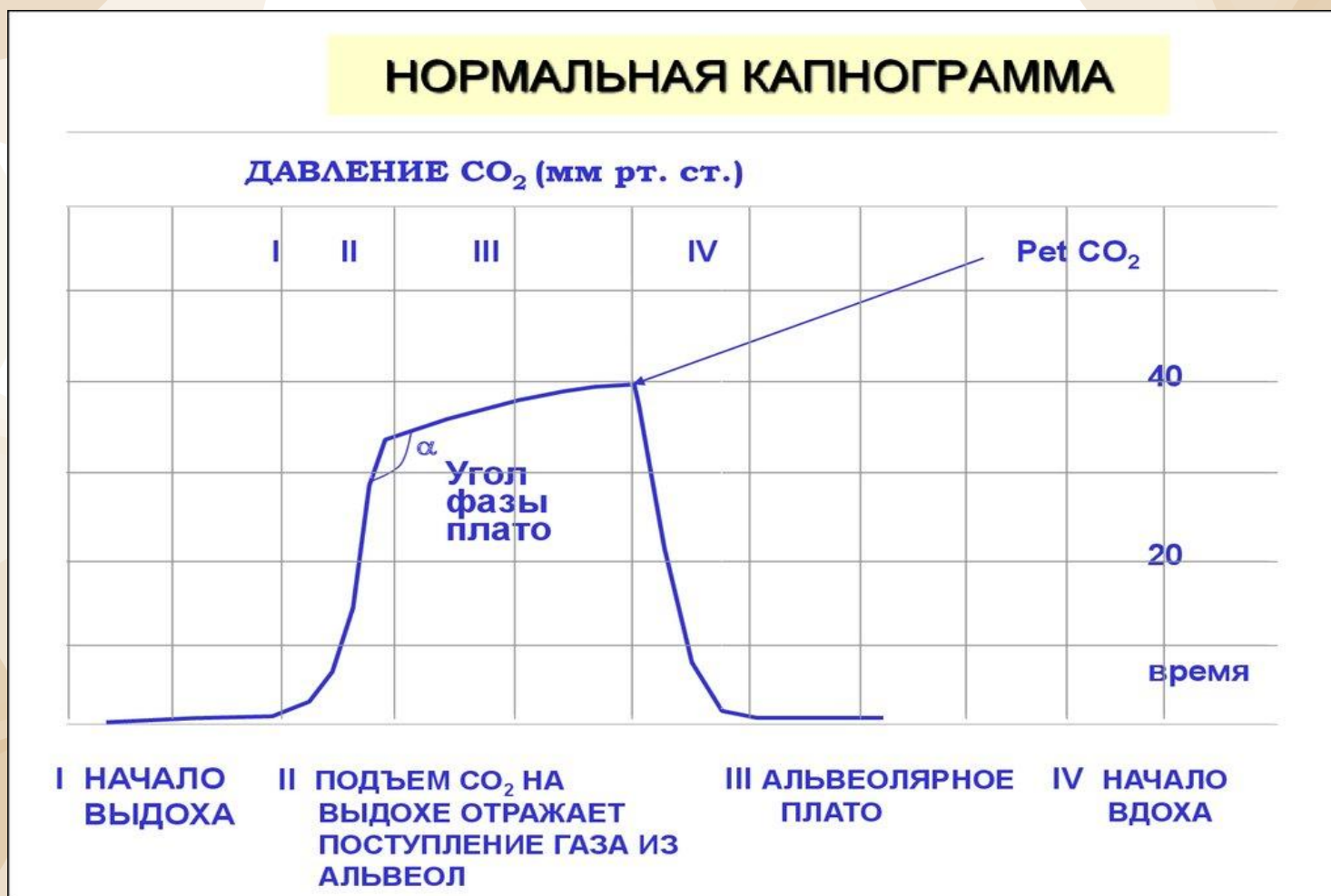
$\text{CO}_2$  имеет высокую диффузионную способность, он легко перемещается через альвеолярно-капиллярную мембрану, не требуя для этого высокого градиента давлений между венозной кровью и газом альвеол и составляет 5-6 мм.рт.ст.

Давление  $\text{CO}_2$  конца выдоха практически равно парциальному давлению  $\text{CO}_2$  венозной крови ( $P_{\text{vCO}_2}$ )

*$\text{EtCO}_2$  представляет собой измерение давления  $\text{CO}_2$  именно альвеолярного газа и поэтому имеет высокое диагностическое значение*

# Анализ капнограммы

Капнограмма представляет собой график, где по оси X отложено время, а по оси Y давление  $\text{CO}_2$  (мм.рт.ст.)



# Анализ капнограммы

**Дыхательный цикл состоит из двух компонентов: выдох и вдох.**

На капнограмме *выдох* можно разделить на три фазы, в каждую из которых эвакуируется газ одной из частей дыхательной системы.

- **Фаза I** – представляет собой часть графика параллельную оси X и характеризуется эвакуацией газа из «мертвого пространства».

*Поскольку давление CO<sub>2</sub> «мертвого пространства» равно давлению CO<sub>2</sub> в атмосфере, численно оно приравнивается к нулю и совпадает с изолинией капнограммы.*

- **Фаза II** – представляет собой восходящий отрезок капнограммы.

*Происходит эвакуация смешенного газа из «мертвого пространства» и альвеол.*

- **Фаза III** – плато альвеолярного газа. Представляет собой горизонтальный или немного восходящий отрезок капнограммы.

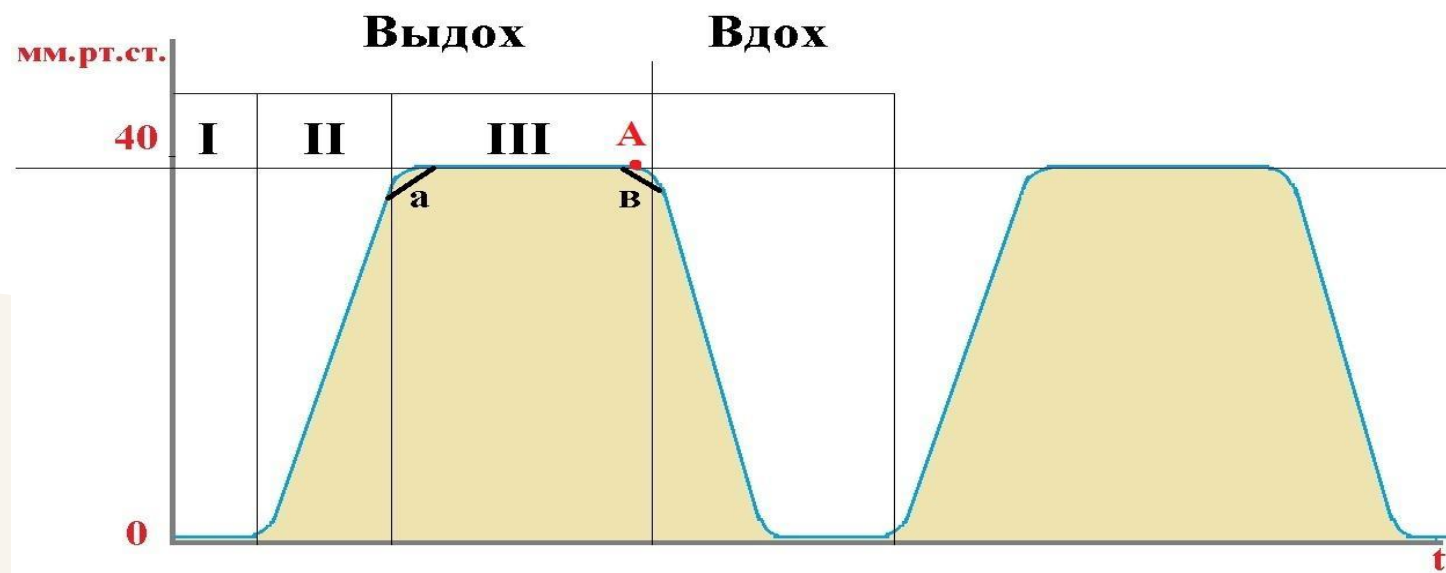
*Происходит эвакуация альвеолярного газа. EtCO<sub>2</sub> измеряется в конечной точке альвеолярного плато. Значение EtCO<sub>2</sub> считается диагностически значимым, только при наличии альвеолярного плато.*

# Анализ капнограммы

**Вдох** – нисходящий отрезок капнограммы

На капнограмме имеются два угла: угол «а» и угол «в».

- На изменение угла «а» влияет асинхронность опорожнения альвеол.
- На изменение угла «в» влияет рециркуляция газа - при ее наличии угол возрастает, также при рециркуляции приподнимается горизонтальная часть фазы I.



# Анализ капнограммы

## ИЗМЕНЕНИЯ КАПНОГРАММЫ

ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ СЛЕДУЮЩИМИ ФАКТОРАМИ:

1. ЗНАЧЕНИЕМ  $P_{ET}CO_2$
2. ФОРМОЙ КРИВОЙ
3. УРОВНЕМ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ
4. ХАРАКТЕРОМ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА
5. ИЗМЕНЕНИЯМИ ФАЗ ДЫХАНИЯ

# Анализ капнограммы

По форме капнограммы и величине  $\text{EtCO}_2$  можно выявить нарушения в состоянии пациента и работе наркозно-дыхательного оборудования:

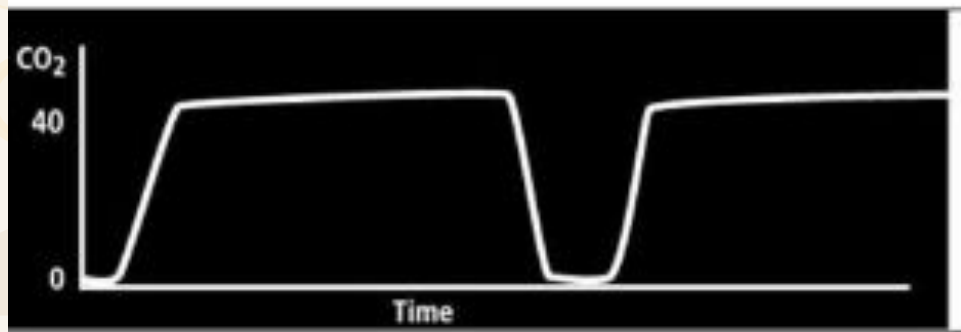
- Обструктивная патология легких
- Нарушение в гемодинамике
- Гиперметаболизм (сепсис, гипертермия)
- ТЭЛА
- РДС
- Интубация пищевода
- Попытки самостоятельного вдоха у пациента на ИВЛ
- Нарушения в работе клапанов наркозного аппарата
- Истощение сорбента  $\text{CO}_2$

## Причины повышения и снижения EtCO<sub>2</sub> и возможные меры борьбы с этими состояниями

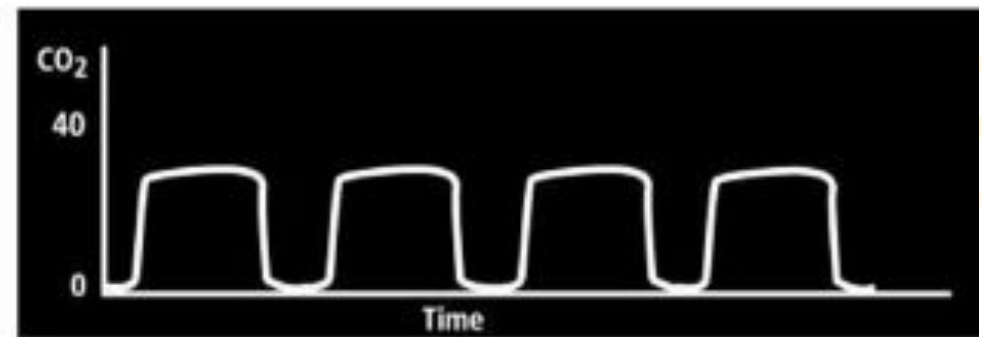
Система организма	Изменение в системе	Изменения EtCO <sub>2</sub>	Меры борьбы
Сердечный выброс (СВ)	Снижение СВ	Снижение EtCO <sub>2</sub>	Увеличить СВ
	Увеличение СВ	Увеличение EtCO <sub>2</sub>	-
Вентиляция	Снижение вентиляции	Увеличение EtCO <sub>2</sub>	Добиться нормовентиляции
	Увеличение вентиляции	Снижение EtCO <sub>2</sub>	Добиться нормовентиляции
Метаболизм	Гиперметаболизм	Увеличение EtCO <sub>2</sub>	Коррекция гиперметаболизма
	Гипометаболизм (гипотермия)	Снижение EtCO <sub>2</sub>	Коррекция гипометаболизма
Ятрогения	Введение бикарбоната	Увеличение EtCO <sub>2</sub>	-

# Изменения капнограммы

Гиповентиляция



Гипервентиляция



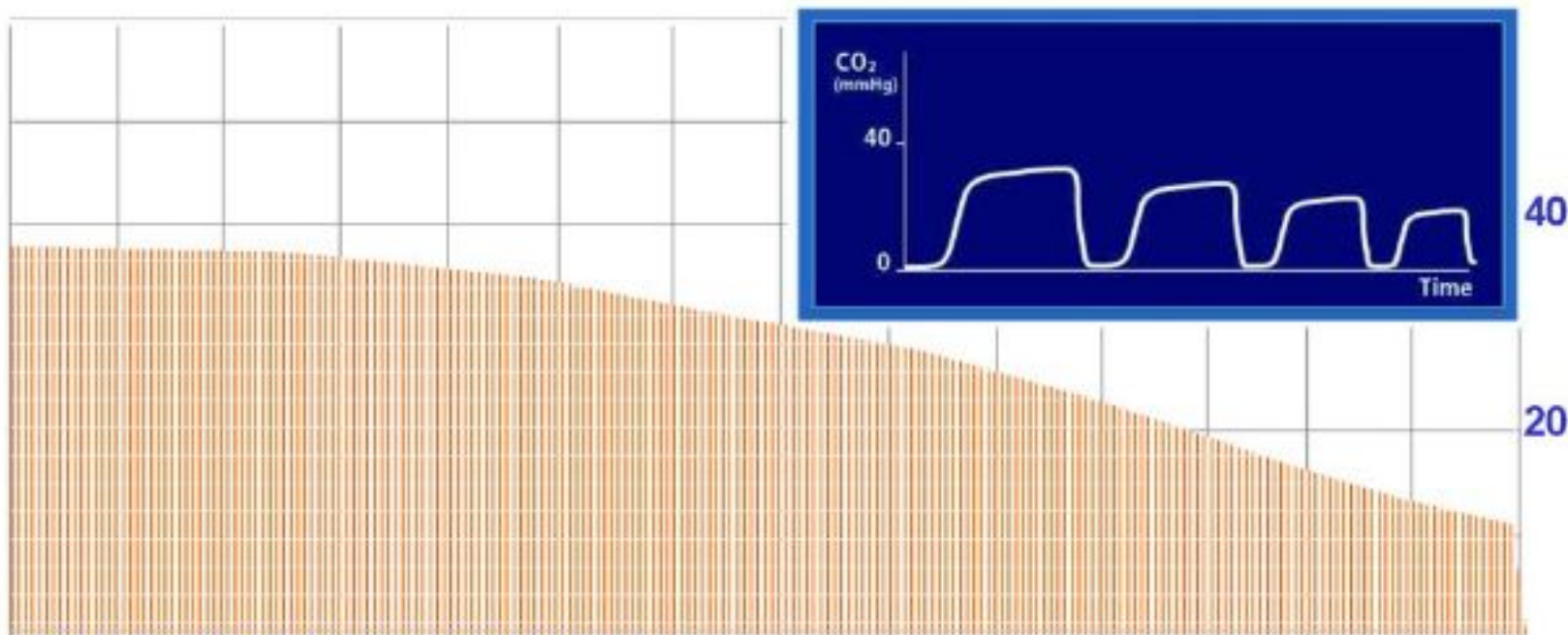


# Изменения капнограммы

ПОСТЕПЕННОЕ СНИЖЕНИЕ  $P_{ET}CO_2$  С

НОРМАЛЬНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ КАПНОГРАММЫ

$ETCO_2$  (мм рт. ст.)

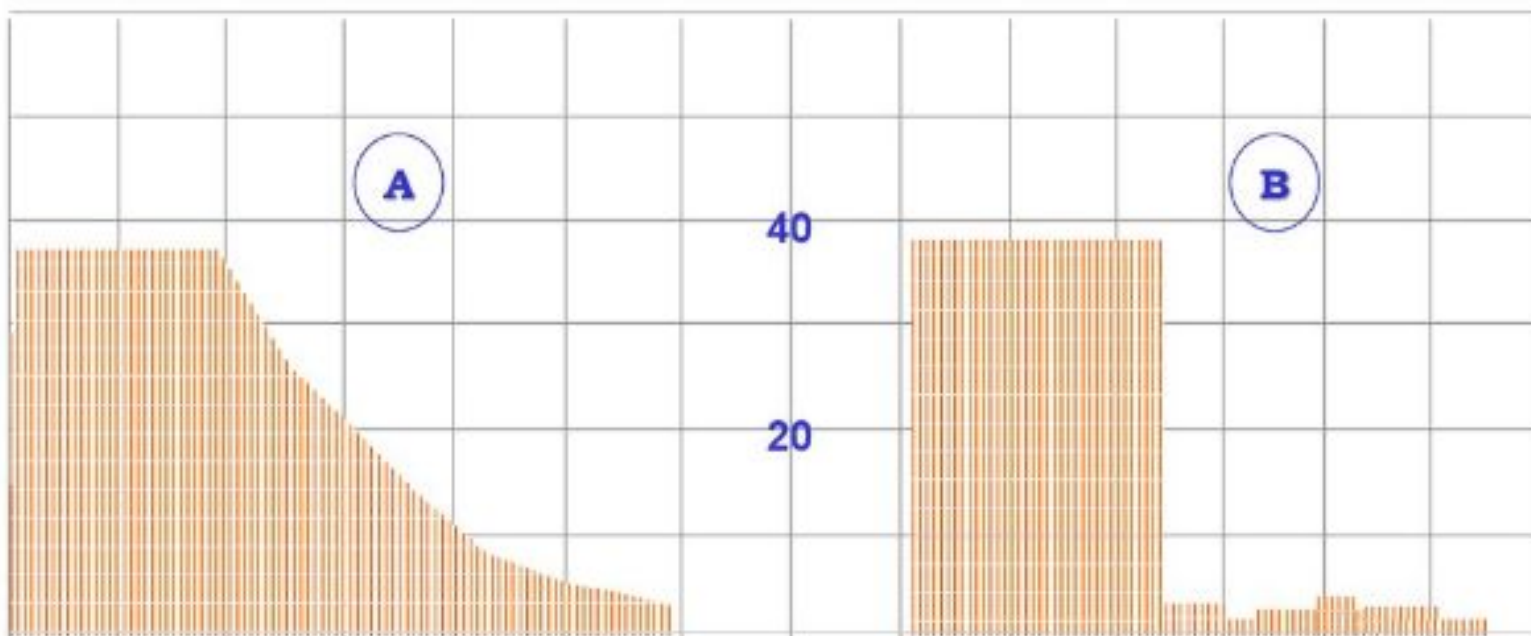


- СНИЖЕНИЕ МЕТАБОЛИЗМА
- ГИПОТЕРМИЯ
- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИЯ
- ГИПОВОЛЕМИЯ
- ПОСТЕПЕННОЕ СНИЖЕНИЕ СЕРДЕЧНОГО ВЫБРОСА, СИСТЕМНАЯ ИЛИ ЛЕГОЧНАЯ ГИПОПЕРФУЗИЯ

# Изменения капнограммы

## СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $P_{ET}CO_2$ ПРИ ИВЛ

$P_{ET}CO_2$  (мм рт. ст.)



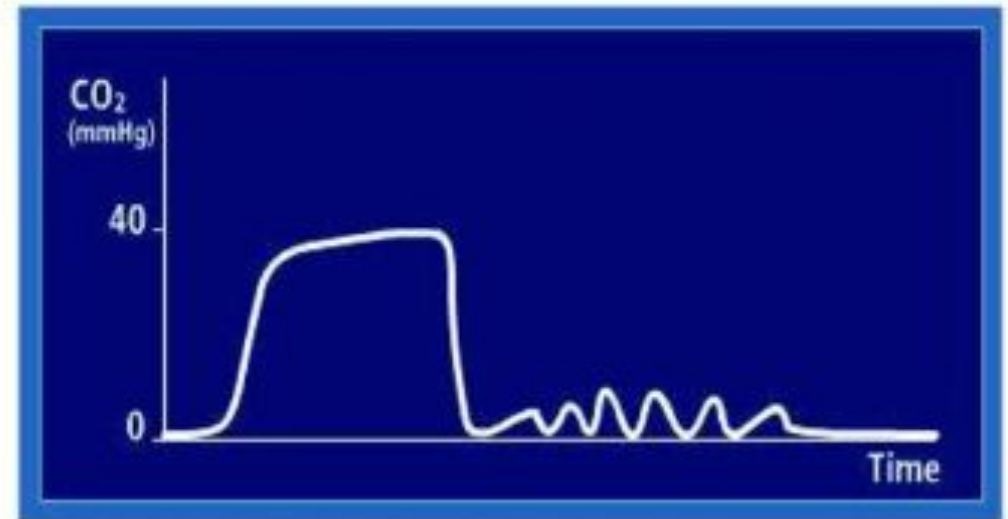
- A** РЕЗКОЕ СНИЖЕНИЕ  $P_{ET}CO_2$ : НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ГЕМОДИНАМИКИ (ГИПОТЕНЗИЯ ПРИ МАССИВНОМ КРОВОТЕЧЕНИИ, КОМПРЕССИЯ ПОЛЫХ ВЕН, ТЭЛА И ДР.)
- B** ВНЕЗАПНОЕ ПАДЕНИЕ  $P_{ET}CO_2$  ДО НУЛЕВЫХ ЗНАЧЕНИЙ: СБОЙ ВЕНТИЛЯТОРА, ДИСКОННЕКЦИЯ, ПОЛНАЯ ОБСТРУКЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ, ЭКСТУБАЦИЯ, ОСТАНОВКА СЕРДЦА

# Изменения капнограммы

## СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ НА ФОНЕ СПОНТАННОГО ДЫХАНИЯ ЧЕРЕЗ НОСОВЫЕ КАНЮЛИ

«Потеря кривой» и снижение показаний  $\text{EtCO}_2$  до нуля на фоне спонтанного дыхания могут быть вызваны следующими причинами:

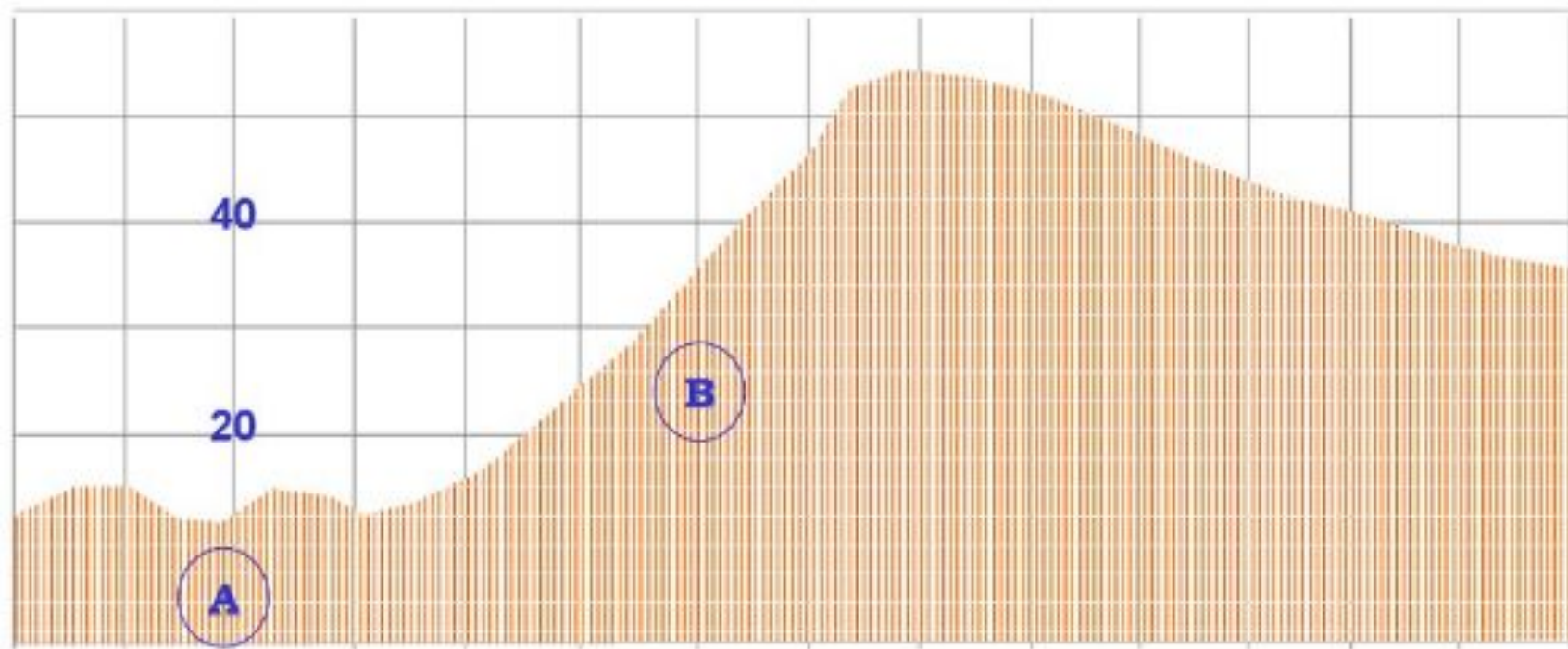
- поверхностное дыхание
- гиповентиляция, увеличение «мертвого пространства»
- полная обструкция дыхательных путей
- смещение канюль
- апноэ
- остановка кровообращения



# Изменения капнограммы

## КАПНОГРАММА ПРИ СЛР

ETCO<sub>2</sub> (мм рт. ст.)



А МАССАЖ СЕРДЦА

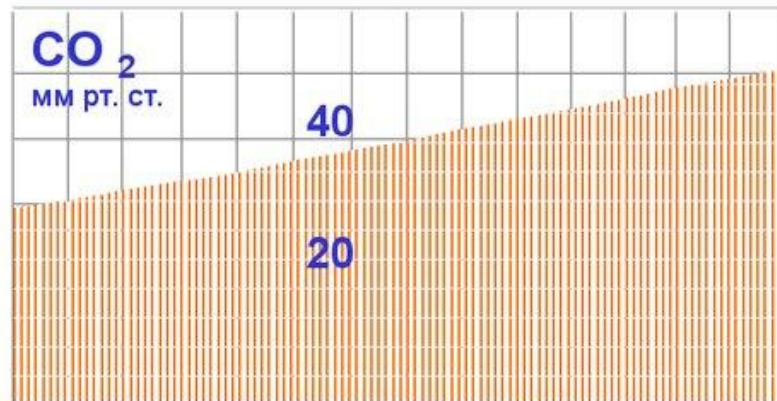
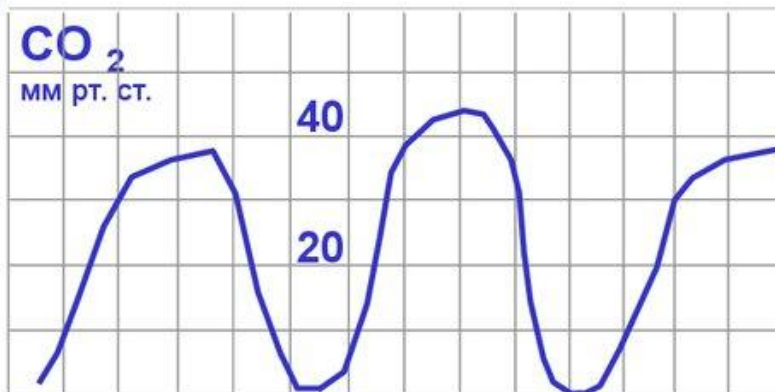
В ВОССТАНОВЛЕНИЕ СПОНТАННОЙ СЕРДЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

# Изменения капнограммы

## ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ПОВЫШЕНИЕ $P_{ET}CO_2$

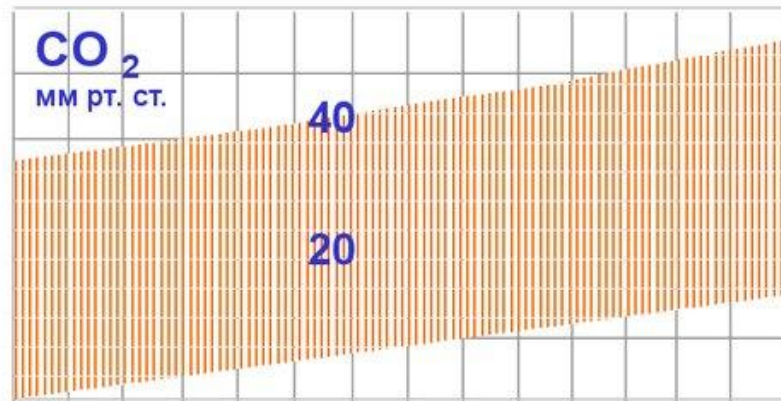
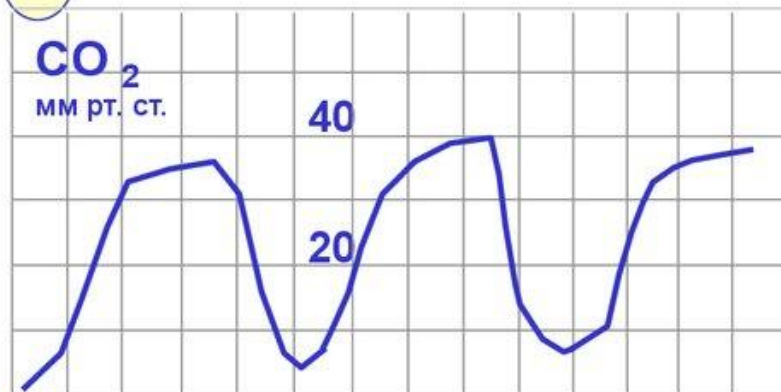
(А) ИЗОЛИРОВАННОЕ (В) С ПОДЪЕМОМ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ

А



- Уменьшение минутной вентиляции
- Повышение продукции CO<sub>2</sub> гипертермия
- Абсорбция CO<sub>2</sub> (инсуффляция CO<sub>2</sub> при лапароскопии)

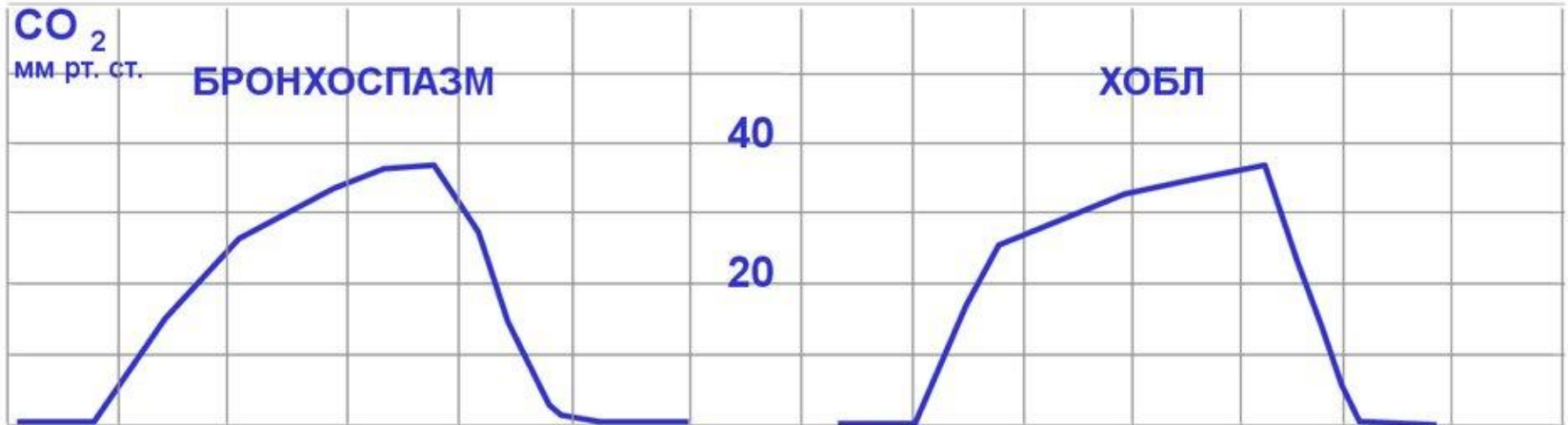
В



### РЕЦИРКУЛЯЦИЯ CO<sub>2</sub>

- Истекший срок натронной извести
- Недостаточный поток свежих газов при анестезии низкого потока
- Дисфункция клапанов

# ИЗМЕНЕНИЯ КАПНОГРАММЫ



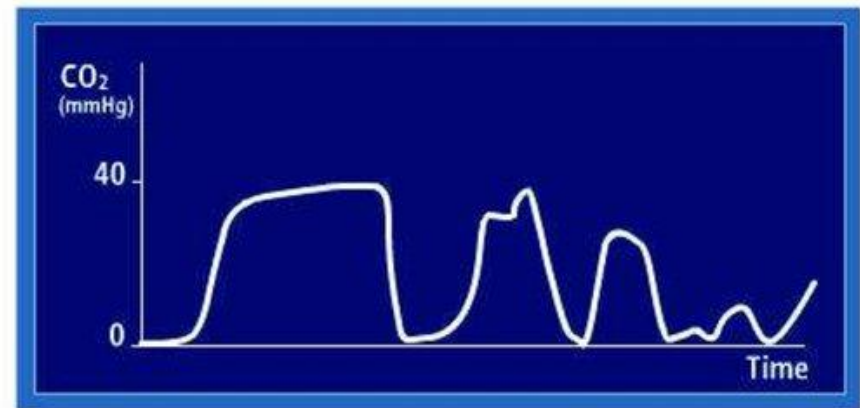
# Изменения капнограммы

## Отсутствие альвеолярного плато на фоне ИВЛ

Неполное освобождение альвеолярного пространства во время выдоха или нарушение проходимости дыхательных путей

Возможные причины:

- Частичное отсоединение пациента от вентилятора
- Утечка в контуре
- Частичная обструкция дыхательных путей
- Бронхоспазм
- Смещение эндотрахеальной трубки в надсвязочное пространство
- Утечка в системе забора газовой смеси капнографа



# Основные причины гипокапнии

## Метаболизм

- Гипотермия

## Дыхание

- Гипервентиляция
- Бронхоспазм
- Бронхообструкция

## Кровообращение

- Гипотензия
- Резкая гиповолемия
- Остановка кровообращения
- ТЭЛА

## Оборудование

- Утечка в дыхательном контуре
- Смещение носовых канюль
- Положение эндотрахеальной трубки



# Заключение

Капнография – метод, который должен использоваться в клинической практике для повышения безопасности и улучшения исхода анестезии и интенсивной терапии



# Пульсоксиметрия

# Пульсоксиметрия

**Пульсоксиметрия** это метод измерения показателей:

- сатурации крови,
- частоты пульса
- амплитуды пульсовой волны.

Приборы, которые определяют сатурацию крови называются – **пульсоксиметры**.



# Показания для пульсоксиметрии

- Дыхательная недостаточность или явное подозрение на неё.
- Контроль состояния пациента:
  - во время наркоза и в послеоперационном периоде;
  - во время кислородной терапии;
  - в ходе лечения тяжелых пациентов

# Преимущества пульсоксиметрии

- Неинвазивный, безболезненный метод определения сатурации, частоты пульса и амплитуды пульсовой волны;
- Достаточно точный метод для определения функции дыхания;
- Можно использовать как для однократного исследования, так и длительного мониторинга;
- Не требует специальных медицинских знаний, калибровки и особого обслуживания;
- Метод довольно прост и надежен в использовании.

# ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ

## Принцип:

- В основе - лежит изменение абсорбции света при пульсации артерии.
- оксиHb - сильнее абсорбирует инфракрасные лучи  
дезоксигемоглобин (доксиHb) - интенсивнее абсорбирует красный свет
- Соотношение абсорбции красных и инфракрасных волн анализируется микропроцессором, в результате чего рассчитывается насыщение пульсирующего потока артериальной крови кислородом.

# ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ

## Ограничение метода:

- Это не монитор вентиляции.
- **Шок** - эффективность метода мала, так как перфузия тканей у них плохая и пульсоксиметр не может определить пульсирующий сигнал.
- **Наличие пульсовой волны.** Если нет видимой пульсовой волны на пульсоксиметре, любые цифры процента сатурации малозначимы.

# ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ

## Неточность:

- Яркий внешний свет, дрожь, движения могут создавать пульсообразную кривую и значения сатурации без пульса.
- Аномальные типы гемоглобина могут давать значения сатурации на уровне 85%.
- Карбоксигемоглобин, появляющийся при отравлении угарным газом, может давать значение сатурации около 100%.
- Вазоконстрикция и гипотермия вызывают ослабление перфузии тканей и ухудшают регистрацию сигнала.
- Нарушение ритма сердца может нарушать восприятие пульсоксиметром пульсового сигнала.
- NB! Возраст, пол, анемия, желтуха и кожа темного цвета не влияют на работу пульсоксиметра.



# Обозначения

- Обозначают сатурацию, определенную пульсоксиметром такими символами - SpO<sub>2</sub>.
- Если сатурацию определяли лабораторным (инвазивным) путем, так называемую истинную сатурацию, то ее обозначают символами - SaO<sub>2</sub>.
- Норма сатурации (SpO<sub>2</sub>) – 95-98%.

Так сатурация (SpO<sub>2</sub>) 95-98% соответствует - 80-100 мм рт. ст. (PaO<sub>2</sub>).

Сатурация (SpO<sub>2</sub>) 90% соответствует - 60 мм рт.ст.(PaO<sub>2</sub>).

Сатурация (SpO<sub>2</sub>) 75% соответствует - 40 мм рт.ст.(PaO<sub>2</sub>).