

Мониторинг

Минимальный мониторинг (понятие, впервые сформированное в Гарвардской школе в 1985 году) – это минимально необходимый набор измеряемых параметров, обеспечивающий безопасность пациента во время проведения анестезиологического пособия.



■ Гарвардский стандарт

▪ *Eichhorn J.H. et al., 1986*

Основное требование стандарта - постоянное присутствие квалифицированного анестезиологического персонала в операционной		
Требование стандарта	Показатель Прибор	
Контроль оксигенации	Наблюдение за цветом кожи	
	Концентрация O ₂ во вдыхаемой смеси (FiO ₂)	O ₂ -анализатор
	Насыщение артериальной крови ки слородом (SPO ₂)	Пульсоксиметр
Контроль вентиляции	Слежение за экскурсией грудной клетки	
	Слежение за изменением объема дыхательного мешка	
	Периодическая аускультация дыхательных шумов	
	Контроль нарушения герметичности дыхательного контура	Манометр
	Спирометрия	Волюметр
	Капнография (etCO ₂)	Капнограф
Контроль гемодинамики (проводится не реже, чем через каждые 5 минут)	Пульсоксиметр + пальпация	
	Частота пульса	
	Неинвазивное измерение артериаль ного давления	Сфигмоманометр
	ЭКГ	Кардиомонитор
Контроль температурного гомеостаза	Аускультация сердца	Фонэндоскоп
	Центральная и периферическая тем пература	Термометр

Стандарт минимального мониторинга (1993 г.)

1. Обязательное **присутствие анестезиолога** в течение всего времени проведения общей и региональной анестезии.

2. Мониторинг:

А. Оксигенации:

- Измерение концентрации кислорода в дыхательной смеси.
- Пульсоксиметрия.

Б. Вентиляции:

- Мониторинг $P_{et} CO_2$.
- Контроль правильности интубации с помощью обнаружения CO_2 в дыхательной смеси.
- ДО, ЧДД, МОД, наличие тревожной сигнализации разгерметизации дыхательного контура.

В. Кровообращения:

- Постоянный мониторинг ЭКГ.
- Измерение артериального давления каждые 5 минут.
- Дополнительный способ мониторинга кровообращения (пальпация пульса, аускультация сердца)

Г. Температуры.

Д. Концентрации ингаляционных анестетиков в дыхательной смеси.

■ **Варианты стандартов мониторинга - AAGBI (2000)**

- 1. Анестезиолог должен присутствовать на всем протяжении анестезии
- 2. Устройства наблюдения должны быть присоединены перед индукцией анестезии и продолжаться до пробуждения пациента от наркоза
- Одинаковые стандарты применяются при ответственности анестезиолога за местную анестезию и за седативные методики для хирургических процедур
- Вся информация, поступающая со следящих устройств, должна быть зарегистрирована в протоколе пациента. Рекомендуются дисплеи трендов показателей и печатающие устройства, так как они позволяют анестезиологу сконцентрироваться на ведении пациента в критической ситуации
- Анестезиолог должен проверить все оборудование перед использованием. Все пределы тревог должны быть правильно настроены. Системы для инфузии и их настройки тревог должны быть проверены перед использованием. Звуковые тревоги должны быть включены в начале анестезии.
- Рекомендации устанавливают что важные мониторирующие устройства должны быть доступны во время проведения анестезии. Если считающееся необходимым устройство мониторинга недоступно и анестезия продолжается без него, анестезиолог должен четко обосновать на бумаге свое решение продолжить анестезию без этого устройства.
- 7. Дополнительный мониторинг может быть необходим по решению анестезиолога
- 8. Приемлемо только кратковременное прерывание мониторинга, если палата восстановления примыкает к операционной. Иначе мониторинг должен быть продолжен во время перевода в той степени, которую предполагает любая транспортировка внутри или между больницами
-

AAGBI 2000 (from Pinnock C.A. Intraoperative management 2003)

Данный стандарт мониторинга может дополняться другими видами мониторинга в зависимости от тяжести состояния больного, вида оперативного вмешательства и метода анестезиологического пособия

- Мониторинг АД, измеренного инвазивным способом
- Контроль газового состава дыхательной смеси
- Электроэнцефалография (BIS)
- Контроль параметров центральной гемодинамики

Минимальное аппаратное обеспечение мониторинга AAGBI (2000)

Спонтанное дыхание

ЭКГ

Пульсоксиметрия

Непрямое измерение АД

Капнография

Анализ O_2 во вдыхаемой смеси

Анализ O_2 в свежей дыхательной смеси

Анализ концентрации ингаляционных анестетиков

Искусственная вентиляция - ВСЕ вышеуказанное плюс

Манометрия давления в дыхательных путях

Датчик рассоединения контура

Объемы вентиляции

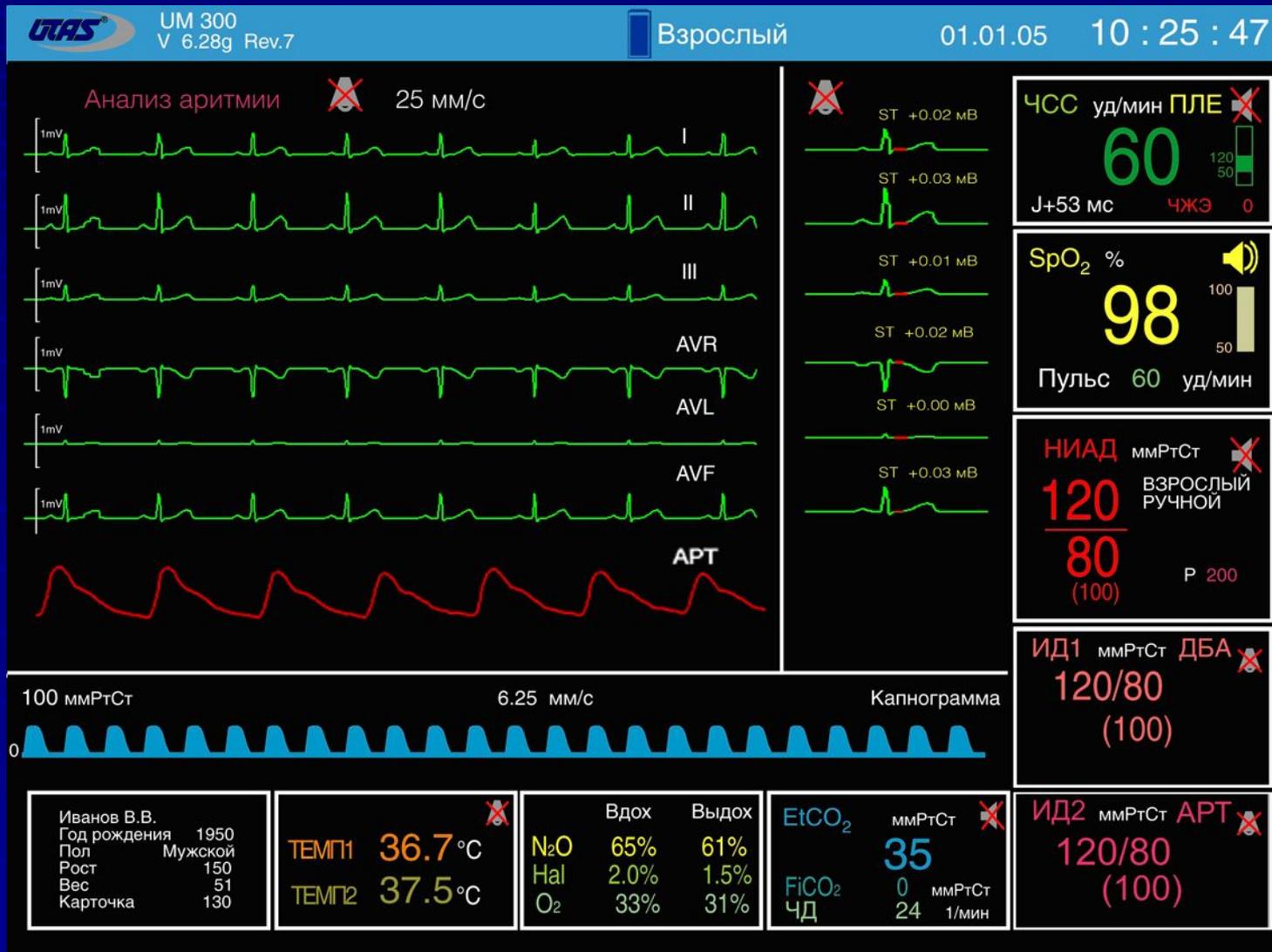
Стимуляция периферического нерва

Температура

Зависимость состава мониторингового оборудования от вида оперативного вмешательства

Малые операции	ЭКГ, пульсоксиметрия, неинвазивное АД
Средние операции	ЭКГ, пульсоксиметрия, неинвазивное АД, термометрия, нервно-мышечная проводимость
Большие операции	ЭКГ, пульсоксиметрия, термометрия, измерение кровопотери, мочеотделения, инвазивное АД, ЦВД, газоанализ, калий, свертываемость крови

Общий вид дисплея монитора во время мониторинга пациента



Пульсоксиметрия - метод
неинвазивного измерения
насыщения артериальной крови
кислородом (SpO_2).



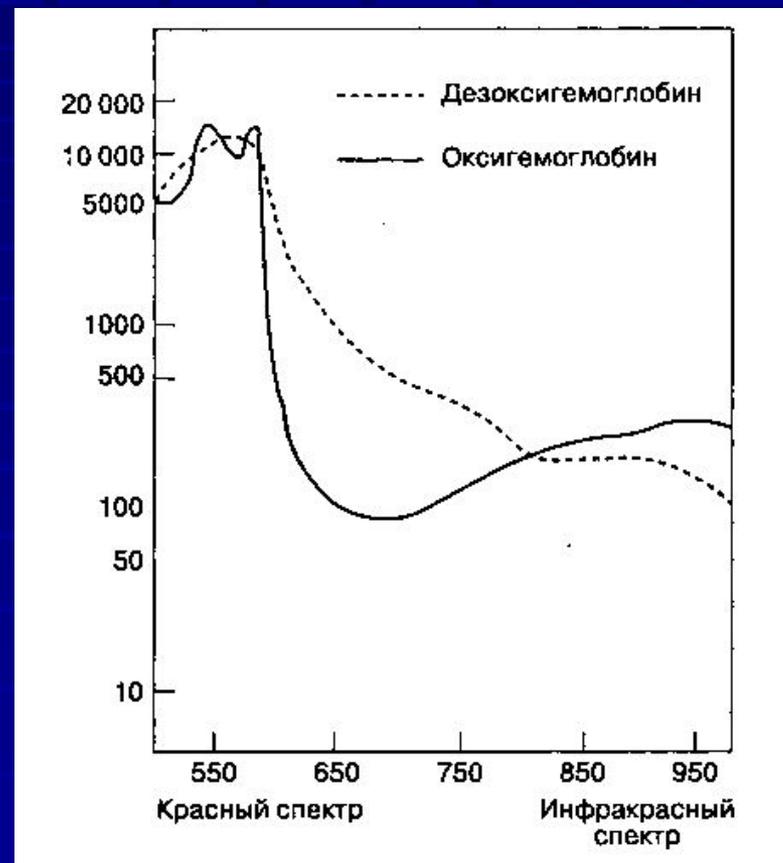
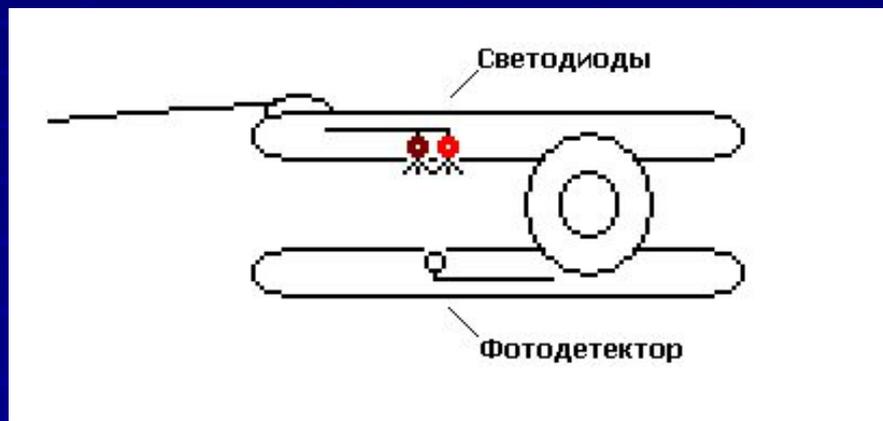
Метод пульсоксиметрии и его использование в мониторинге

Основу метода пульсоксиметрии составляет измерение поглощения света определенной длины волны оксигемоглобином крови.

Таким образом, применение одного принципа измерения позволяет определить сразу три диагностических параметра:

- степень насыщения гемоглобина крови кислородом
- частоту пульса
- его "объемную" амплитуду.

Принцип метода



Пульсоксиметрия

- Точность измерений максимальна при значениях сатурации 70-100% ($\pm 2\%$);
- при насыщении гемоглобина кислородом менее 70% она несколько снижается.
- Размер пульсовой волны (относительно кровотока) отображается на дисплее в графической форме.
- !!!Некоторые модели пульсоксиметров могут автоматически увеличивать размер пульсовой волны на дисплее при снижении кровотока.

Причины популярности пульсоксиметрии в медицине

- простота и быстрота получения информации о процессах оксигенации в различных условиях, при обеспечении высокой точности.
- метод не требует специальной подготовки пациента к измерению.
- высокой физиологической информативностью метода (абсолютная погрешность измерения SpO₂ находится в пределах 2-3%).
- необременительностью и безопасностью для больного и возможностью проведения длительных измерений.
- получаемые данные не требуют дополнительной обработки.

показания пульсоксиметра могут быть неточными:

- 1) Снижение периферической пульсирующей кровотока, обусловленное периферической вазоконстрикцией
- 2) Венозный застой, особенно в тех случаях, когда он вызван регургитацией крови через трехстворчатый клапан,,
- 3) Искажение сигнала пульсоксиметра может быть обусловлено также ярким светом в помещении и диатермокоагуляцией.
- Кроме того, поступление сигнала адекватной силы может нарушаться при появлении озноба.
- 4) Пульсоксиметрия не может дифференцировать различные формы гемоглобина. Карбоксигемоглобин (гемоглобин, связанный с монооксидом углерода) идентифицируется пульсоксиметром как 90% содержание оксигемоглобина и 10%-восстановленного гемоглобина
- 5) При внутривенном введении метиленового синего
- 6) Наличие лака на ногтях может привести к ложному снижению показателей сатурации. В то же время, нужно иметь в виду, что желтуха, -темный цвет кожи и анемия не влияют на правильность показаний пульсоксиметра.

Параметры оксигенации крови

Качество оксигенации артериальной крови оценивают по трем показателям:

- **напряжению кислорода (P_{aO_2})**
- **содержанию кислорода (CaO_2)**
- **насыщению гемоглобина кислородом (SaO_2)**

Все три параметра взаимосвязаны, но при этом по каждому из них судят о разных аспектах оксигенации.

PaO₂ — напряжение кислорода в артериальной крови;
измеряется в единицах давления:

- традиционно — в мм рт. ст. (torr)
- в последнее время — в килопаскалях (кПа)

PaO₂ численно равно давлению, под которым произошло насыщение крови кислородом. Его можно определить и как давление кислорода, требующееся для того, чтобы удержать в артериальной крови растворенный кислород. Чем выше PaO₂, тем больше кислорода содержится в крови и тем выше скорость движения кислорода из капиллярной крови в ткани. В норме (то есть когда здоровый человек дышит атмосферным воздухом) этот показатель составляет **92-98 мм рт. ст.**

PaO₂ обычно измеряют в лабораторных условиях в пробе артериальной крови или в мониторинговом режиме микроэлектродом, введенным в артерию.

CaO₂ — количество кислорода в артериальной крови; обычно измеряется в мл O₂/100 мл крови.

Чаще всего данный показатель получают расчетным путем, реже — лабораторно.

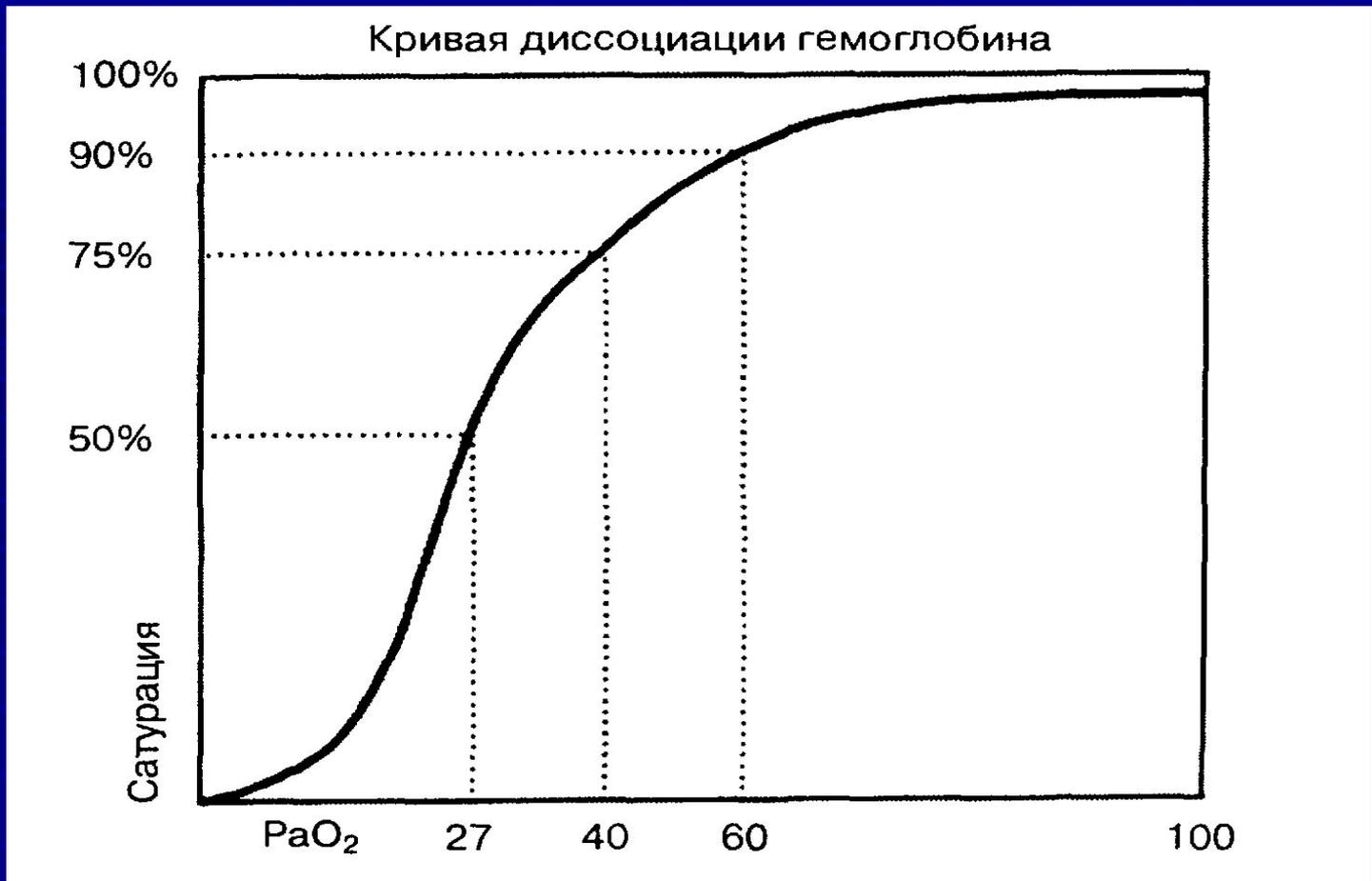
Кислород содержится в крови в двух формах:

- Кислород, физически растворенный в крови. Растворимость кислорода в биологических жидкостях очень низка, а его количество в них прямо пропорционально напряжению. В 100 мл крови на каждый 1 мм рт. ст. напряжения O₂ приходится 0,0031 мл растворенного O₂. Нетрудно подсчитать, что в 100 мл артериальной крови в норме содержится всего около 0,3 мл растворенного кислорода. Поэтому существенное количество физически растворенного кислорода появляется в крови лишь в гипербарических условиях или после инфузии перфторуглеродных соединений. пульсоксиметр не реагирует на кислород, растворенный в крови.
- Основной запас кислорода находится в обратимой связи с гемоглобином. Один грамм полностью насыщенного кислородом гемоглобина (SaO₂ = 100 %) содержит 1,39 мл кислорода.

SaO₂ — степень насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом.

Пульсоксиметр измеряет именно этот показатель, он обозначается **SpO₂**.

Степень насыщения гемоглобина кислородом зависит от напряжения кислорода в крови. Отношения между PaO₂ и SaO₂ достаточно сложны, регулируются несколькими физиологическими факторами и графически выражаются S-образной кривой диссоциации оксигемоглобина



- Подъем PaO₂ с 60 мм рт.ст. до 100 мм рт.ст. увеличит SaO₂ только на 6%.
- Вместе с тем, возрастание PaO₂ на 33 мм рт.ст. (с 27 до 60 мм рт.ст.) увеличит SaO₂ на 25%.

Ключевые моменты

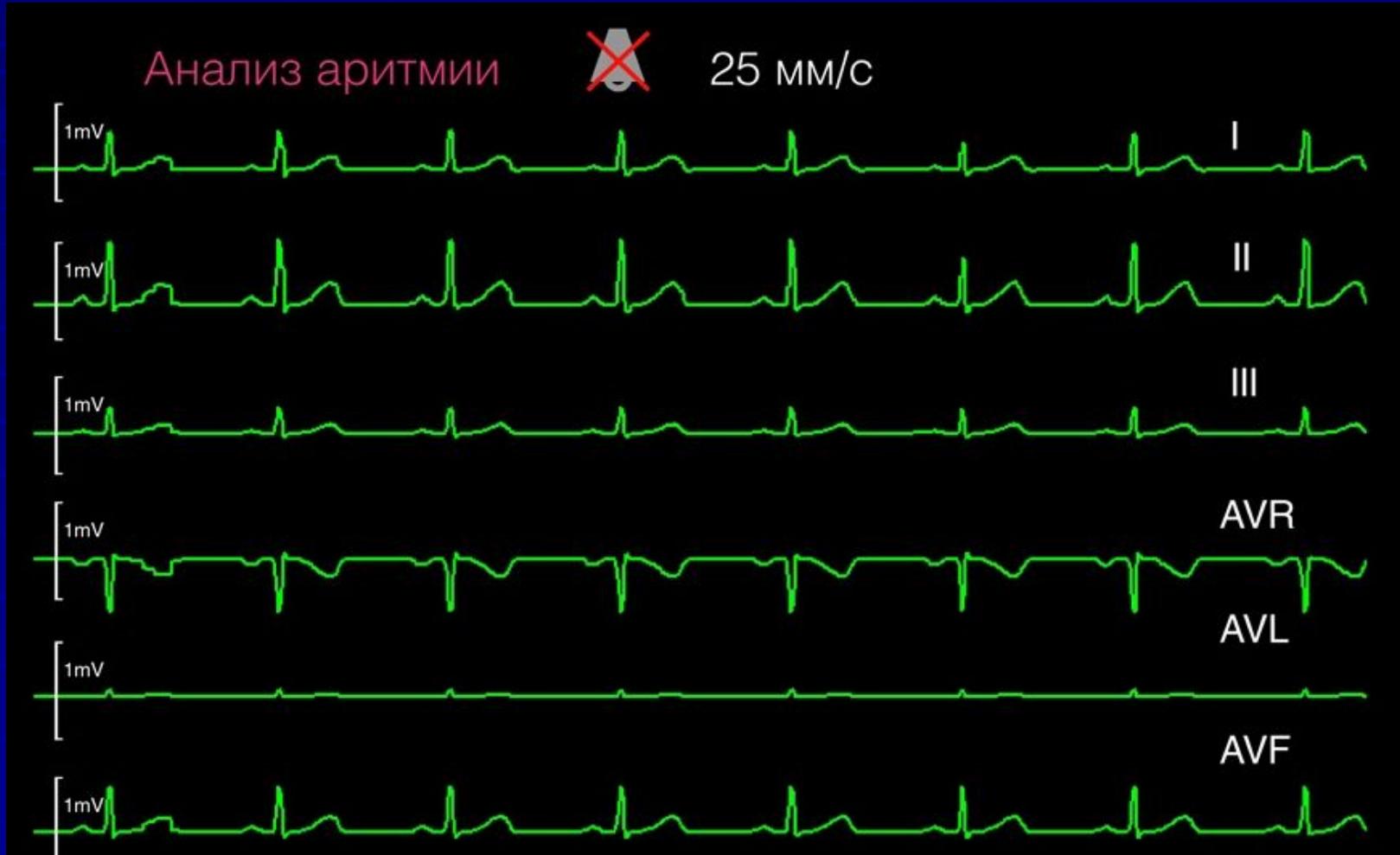
- ✓ Показатель P_{aO_2} , при котором гемоглобин насыщен на 50%, обозначаемый P_{50} , приблизительно равен 27 мм рт. ст;
- ✓ Сатурация смешанной венозной крови (в легочной артерии) составляет около 75%, что соответствует 40 мм рт. ст. P_{aO_2} ;
- ✓ P_{aO_2} , равное 30 мм рт. ст., обеспечит 60% SaO_2 , 60 мм рт. ст. P_{aO_2} - 90% SaO_2 ,
- ✓ P_{aO_2} 75 мм рт. ст. будет соответствовать SaO_2 , равной 95%.

Сферы применения пульсоксиметрии - области, в которых может возникнуть гипоксемия

- Анестезиология
- Интенсивная терапия
- Неонатология
- Скорая и неотложная медицинская помощь

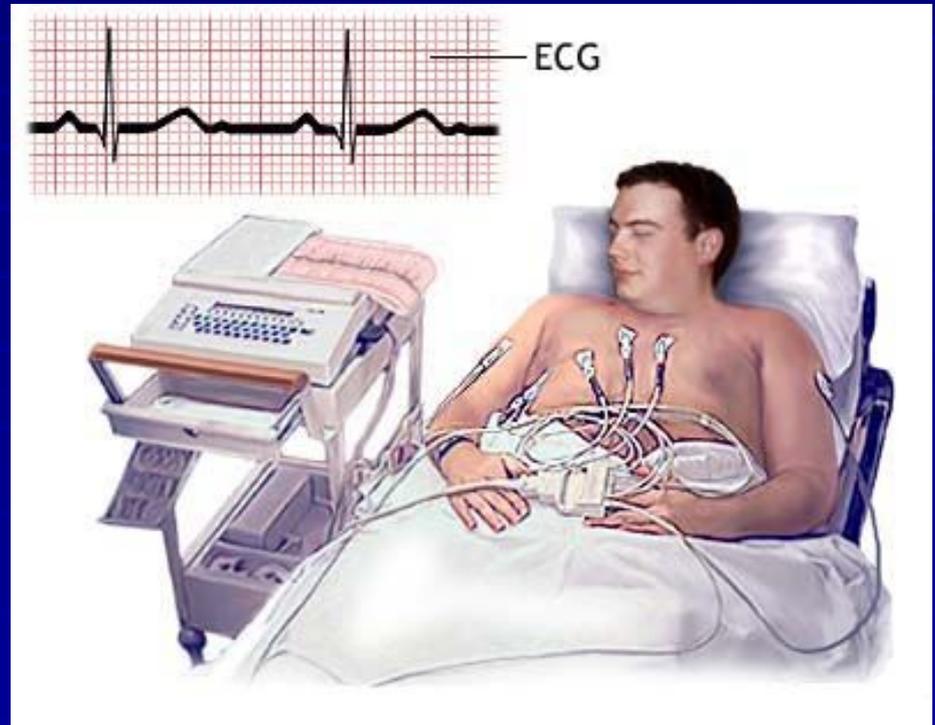


Электрокардиография



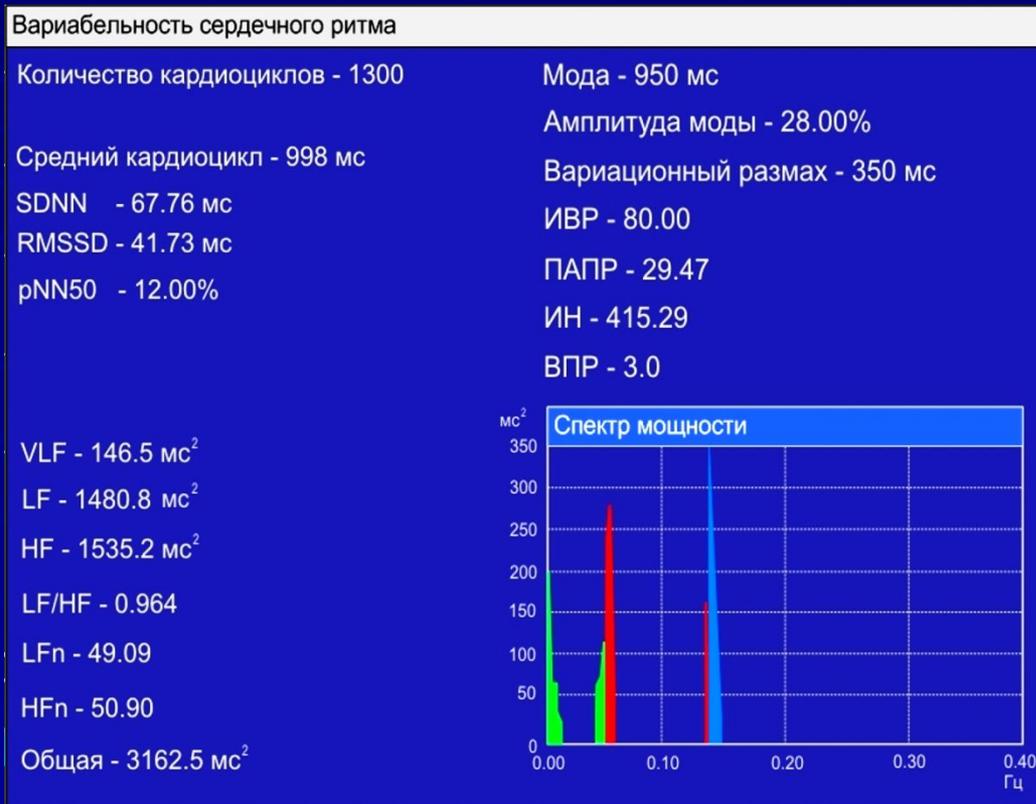
Показатели мониторинга, определяемые с помощью ЭКГ

- Аритмии
- Вариабельность сердечного ритма
- Смещение ST-сегмента
- ЧСС



Вариабельность сердечного ритма

Изменения ритма сердечных сокращений - универсальная реакции организма в ответ на любой раздражающий фактор. Информация о «цене» адаптации содержится в структуре сердечного ритма и закодирована в последовательности кардиоинтервалов.



АНАЛИЗ СМЕЩЕНИЯ ST –сегмента

Современные приборы позволяют мониторировать величину смещение ST – сегмента во всех ЭКГ-отведениях с возможностью установления параметров:

- **$J+\langle\rangle$ мс** - установка смещения по времени от точки J (от 0 до 80 миллисекунд) до точки определения ST-сегмента
- **Единица измерения** - установка единицы измерения смещения ST-сегмента в мм или мВ

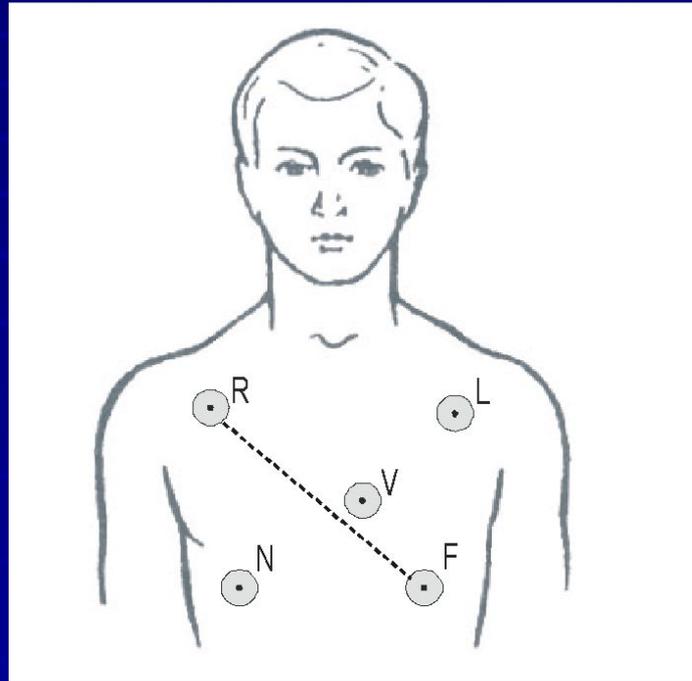


Смещение ST сегмента

- Ишемия миокарда
- Изменениях, связанные с передозировкой сердечных гликозидов
- Изменения, связанные с влиянием хинидина
- Изменения, связанные с передозировкой кордарона
- Диффузные изменения миокарда

МОНИТОРИНГ ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ ИМПЕДАНСНЫМ МЕТОДОМ

**Для мониторинга частоты дыхания используется II
ЭКГ отведение**



Измерение артериального давления

Измерение артериального давления (АД) является одной из главных составляющих всех современных мониторов.

Данные АД входят практически во все мониторы, по любой классификации и включены в конфигурацию минимального мониторинга.



Виды измерения артериального давления

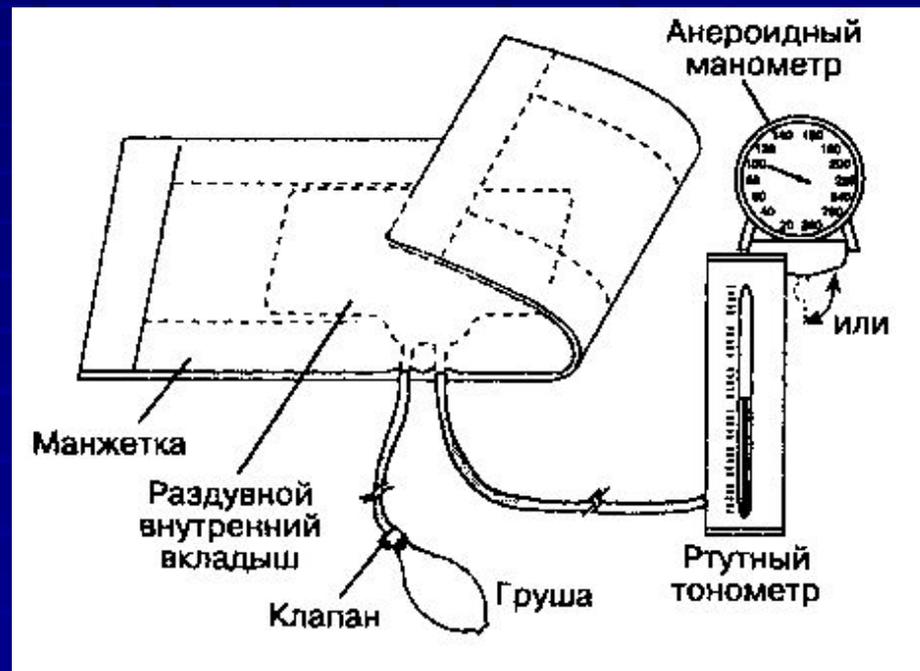
Неинвазивное измерение АД
(входит в стандарт
минимального мониторинга)

Инвазивное измерение АД
(используется при
определенных показаниях)



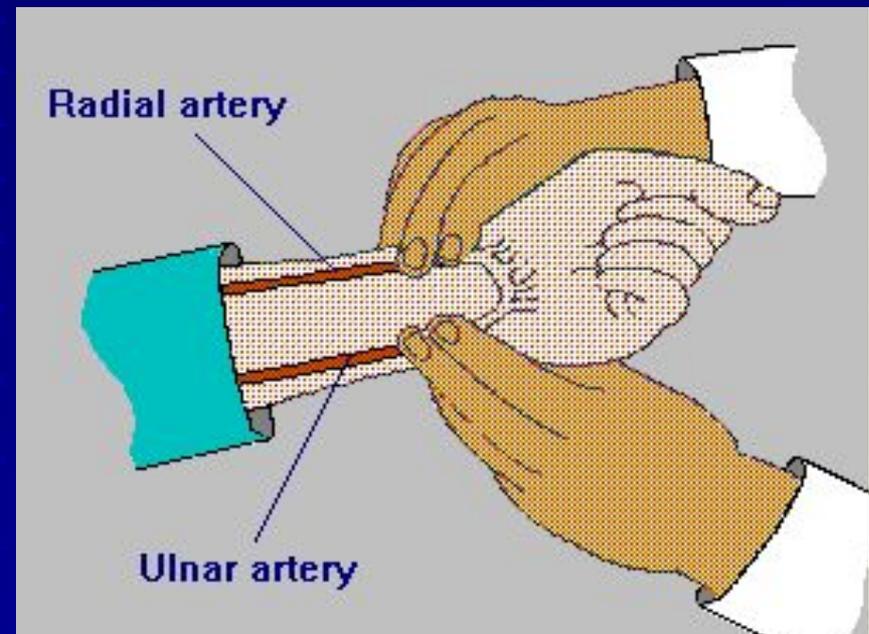
Неинвазивное измерение АД

- Методы основанные на пальпации артерий
- Методы основанные на аускультации артерии
- Осциллометрические методы регистрации



Методы, основанные на пальпации артерий

Эти методы предполагают постепенную компрессию или декомпрессию конечности или ткани в области артерии и пальпацию артерии дистальнее места окклюзии.



Методы, основанные на аускультации артерий

Аускультативный метод неинвазивного измерения АД по Короткову остается наиболее распространенным и надежным методом измерения АД в клинической практике.



Аускультативный метод (по Н.С. Короткову)

Преимущества:

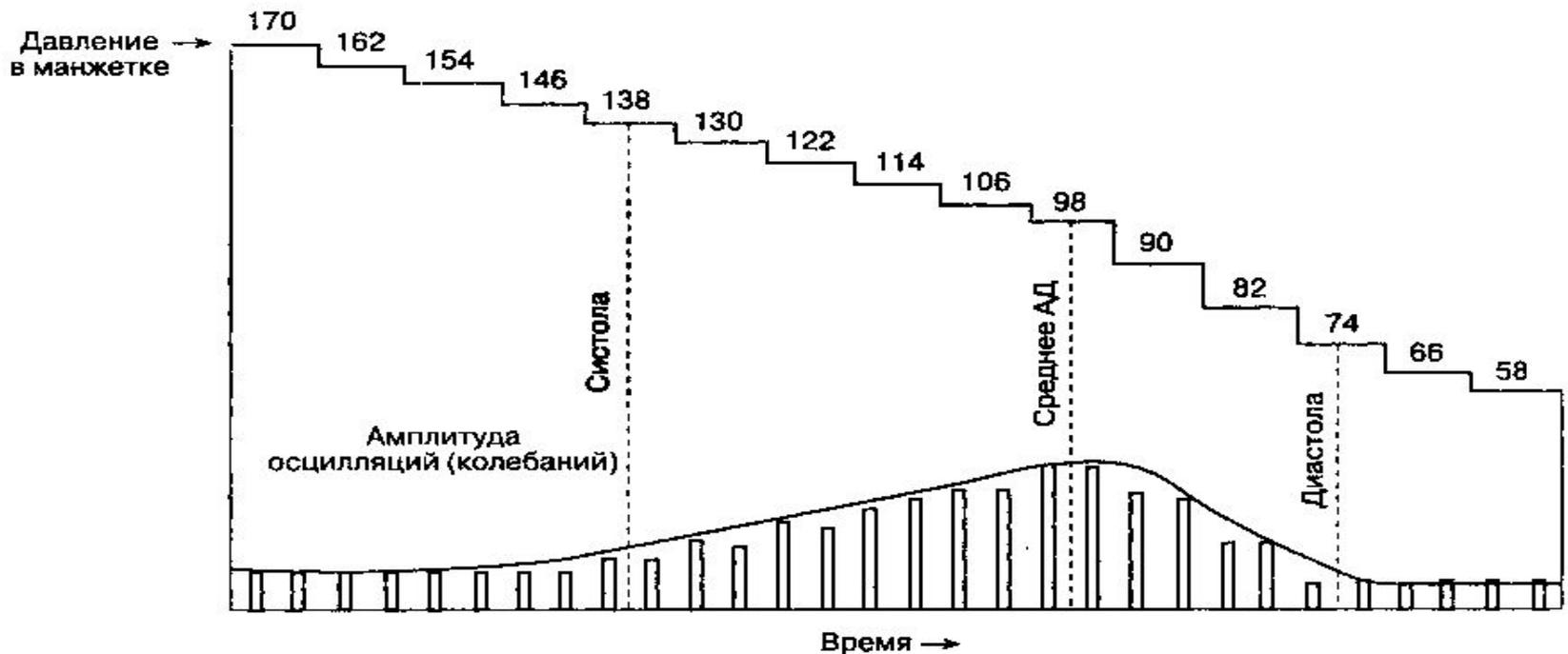
- На сегодняшний день признается официальным эталоном неинвазивного измерения АД для диагностических целей и при проведении верификации автоматических измерителей АД.
- Обладает повышенной (относительно осциллометрического) устойчивостью к движениям руки.
- Потенциально более устойчив к нарушениям ритма сердца.

Недостатки:

- Чувствителен к шумам в помещении, точности расположения микрофонов относительно артерии, разворотам манжеты с микрофонами на руке при длительном мониторинге.
- Требует непосредственного контакта манжеты или микрофона с кожей пациента.
- Практика эксплуатации показывает, что микрофон часто является наиболее уязвимым (в плане повреждения и необходимости ремонта) элементом аппарата.

Осциллометрический метод

Метод основан на регистрации колебаний (осцилляций) давления в манжете.



Осциллометрический метод измерения АД

Преимущества:

- Относительно устойчив к шумовым нагрузкам, что позволяет использовать его в ситуациях с высоким уровнем шума (вплоть до кабины вертолета).
- Позволяет проводить определения АД в случаях, представляющих проблему для аускультативного метода - при выраженном аускультативном провале, «бесконечном тоне», слабых тонах Короткова.
- Значения давления практически не зависят от разворота манжеты на руке и мало зависят от ее перемещений вдоль руки (пока манжета не достигает локтевого сгиба).
- Позволяет проводить измерения АД без потери точности через тонкую ткань одежды.
- Практика эксплуатации показывает, что этот метод в режиме суточного мониторинга как правило обеспечивает меньший процент неудачных измерений, чем аускультативный метод.

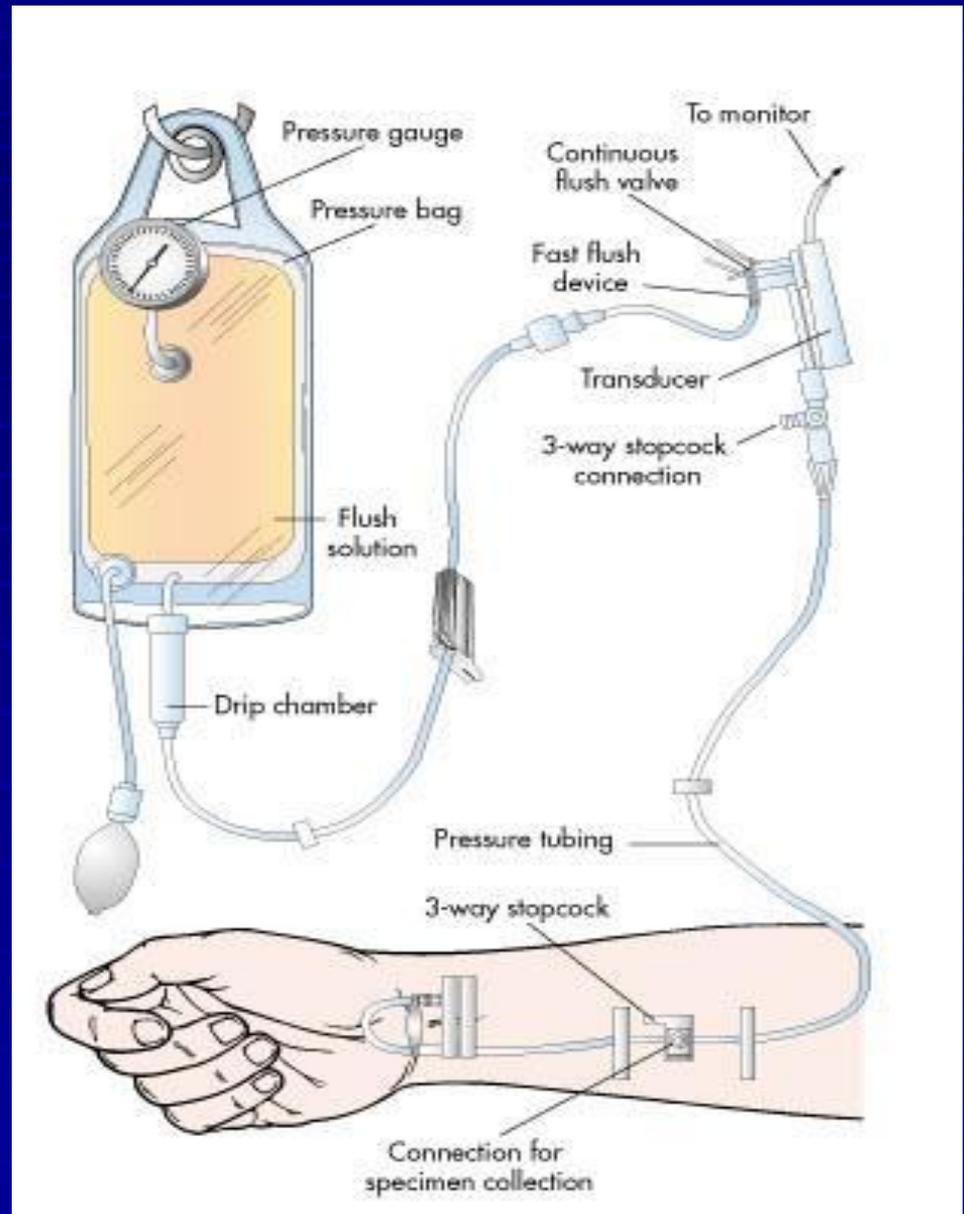
Недостатки:

- Относительно низкая устойчивость к движениям руки.
- У небольшого числа пациентов (около 5%) дает устойчивые и значимые отличия от значений АД по методу Короткова, что затрудняет трактовку результатов.

**Оба метода оказываются
неэффективными при выраженных
нарушениях ритма сердца!**

Инвазивное измерение АД

Внутриартериальная катетеризация обеспечивает длительное и непрерывное измерение давления в просвете артерии. Эта методика считается **"золотым стандартом"** мониторинга артериального давления.

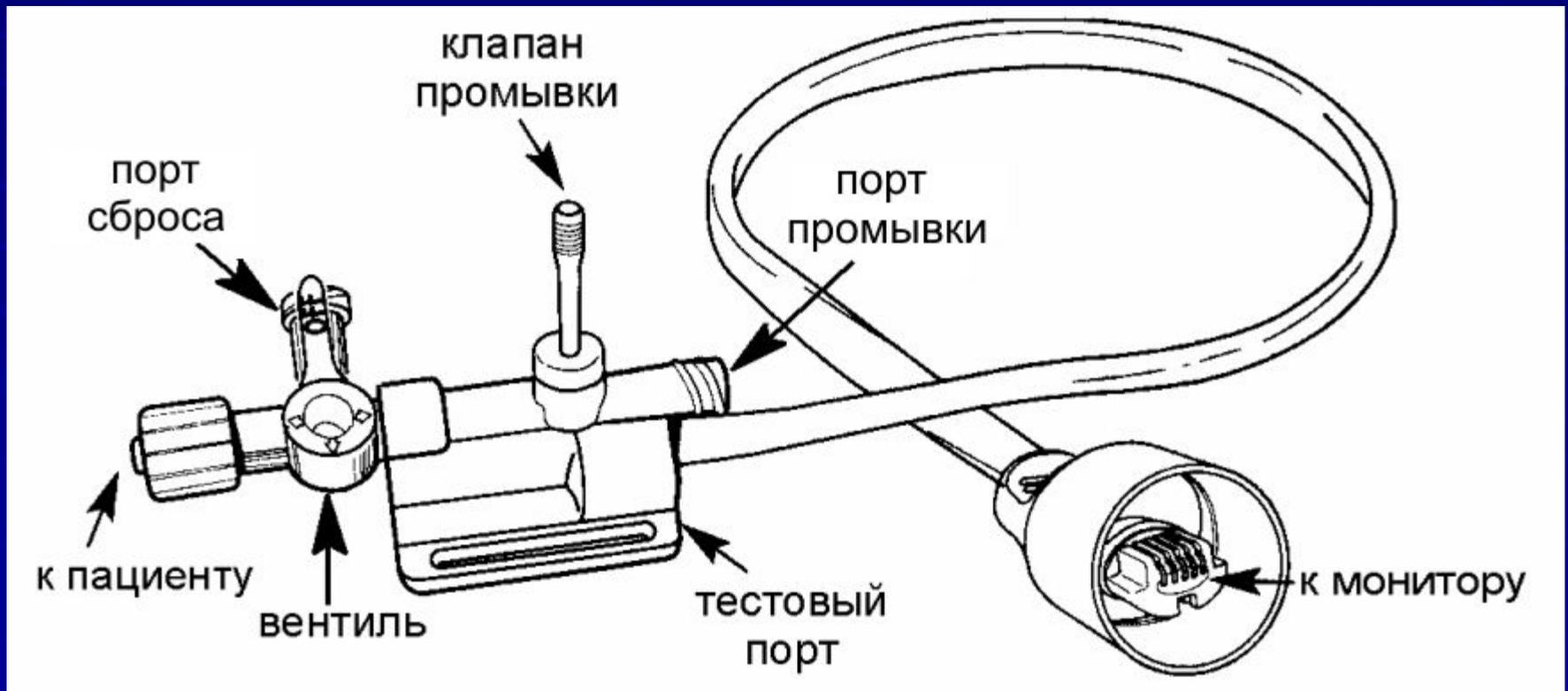


Системы инвазивного давления условно разделены на :

- Внутрисосудистые датчики
- Внесосудистые датчики

Внесосудистые датчики

Эти системы измерения давления состоят из катетера, соединенного с трехходовым краном, за которым располагается собственно датчик давления. В такой системе, катетер заполнен гепаринизированным солевым раствором, постоянно поступающим в систему.



Внутрисосудистые датчики давления

Преимущества датчиков, помещаемых на кончике катетера, состоит в отсутствии заполненного жидкостью катетера, через который осуществляется гидравлическое соединение между источником давления и собственно датчиком давления, но возрастает опасность искажения данных вследствие образования тромба на чувствительной части датчика или фиксации ее возле стенки сосуда. Высокая стоимость ограничивает применение подобных датчиков.

Катетеризация артерий



В последнее время появилась новая разработка — волоконно-оптический датчик, вводимый в артерию и предназначенный для длительного непрерывного мониторинга газов крови. Стоимость этих датчиков очень высока .



Анализ аритмии



25 мм/с



ST +0.02 мВ



ST +0.03 мВ



ST +0.01 мВ



ST +0.02 мВ



ST +0.00 мВ



ST +0.03 мВ



ЧСС уд/мин ПЛЕ

60

J+53 мс ЧЖЭ 0

SpO₂ %

98

Пuls 60 уд/мин

НИАД ммРтСт

120

ВЗРОСЛЫЙ РУЧНОЙ

80

(100) P 200

ИД1 ммРтСт ДБА

120/80

(100)

ИД2 ммРтСт АРТ

120/80

(100)

100 ммРтСт

6.25 мм/с

Капнограмма



Иванов В.В.
 Год рождения 1950
 Пол Мужской
 Рост 150
 Вес 51
 Карточка 130

ТЕМП1 **36.7** °C

ТЕМП2 **37.5** °C

	Вдох	Выдох
N ₂ O	65%	61%
Hal	2.0%	1.5%
O ₂	33%	31%

EtCO₂ ммРтСт

35

FiCO₂ ЧД 0 ммРтСт 24 1/мин

**Капнография и измерение содержания
паров ингаляционных анестетиков в
дыхательной смеси**

Капнография и газоанализ

Капнометрия - измерение концентрации углекислого газа в газовой смеси (вдыхаемом или выдыхаемом газе, газонаркотической смеси, атмосферном воздухе).

Капнометр - прибор для измерения концентрации углекислого газа в газовой смеси.

Капнограф - прибор, отображающий на экране в виде графика результаты измерения концентрации углекислого газа

Нормальная капнографическая кривая



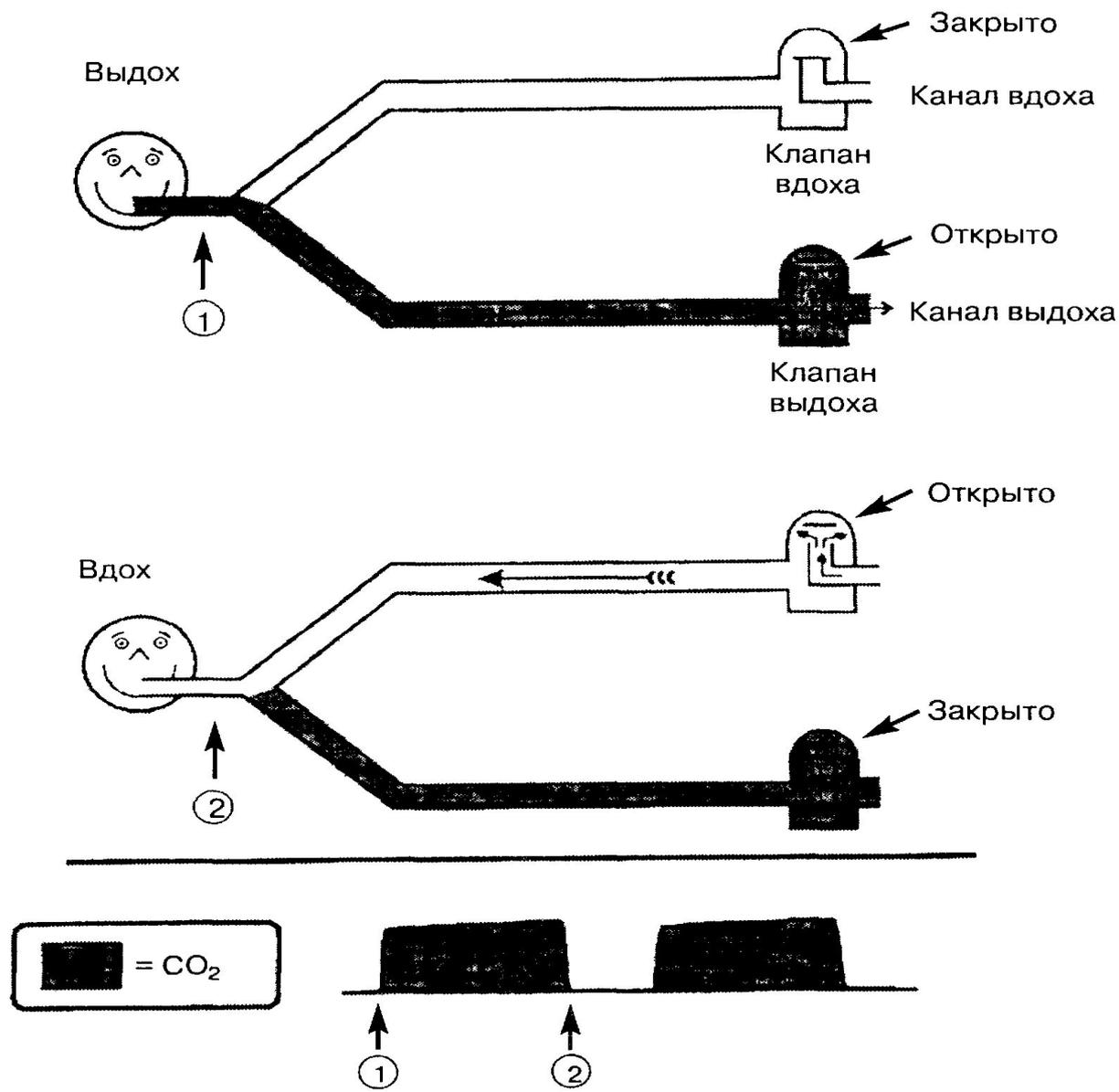
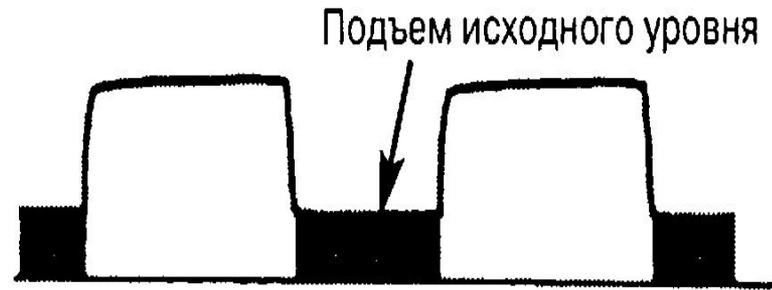


Рис. 24.2. Образование капнограммы. Капнограмма отражает концентрацию CO₂ в тройнике. 1. *Выдох*. CO₂ содержится в тройнике. Хотя к концу выдоха экспираторный поток прекращается, капнограмма фиксирует наличие CO₂, поскольку до начала следующего вдоха тройник будет заполнен газом, содержащим CO₂. 2. *Вдох*. В тройнике нет CO₂.

Нейтрализация поглотителя CO_2 ,
несостоятельность экспираторного
клапана

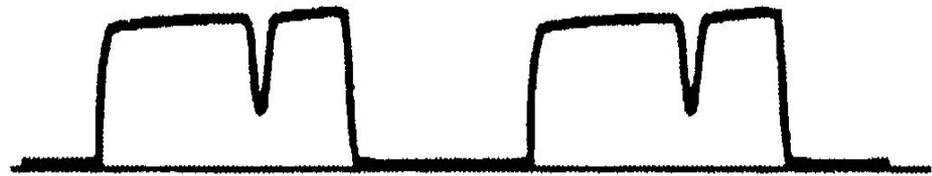


Несостоятельность инспираторного
клапана

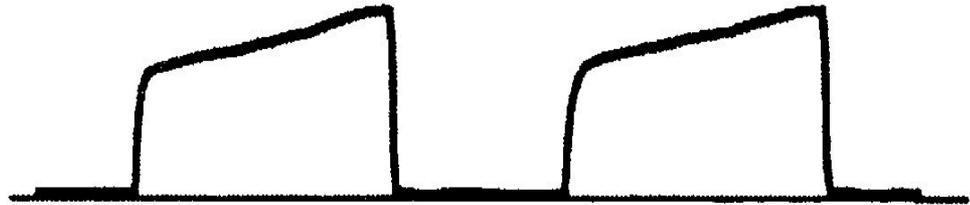


Рис. 24.3. Верхняя капнограмма иллюстрирует возвратное вдыхание CO_2 предыдущего выдоха, приводящее к росту артериальной и выдыхаемой концентрации CO_2 . Затемненная область представляет вдох. Обратите внимание, что появление CO_2 , вызванное истощением абсорбента или смешиванием в тройнике лишнего CO_2 газа вдоха с газом выдоха из-за неисправности экспираторного клапана, приводит к относительно постоянному по величине подъему концентрации CO_2 во время вдоха. Если же неисправен клапан вдоха (нижний рисунок), выдыхаемый воздух, содержащий CO_2 , попадает в колено вдоха. Во время вдоха CO_2 , оставшийся от предыдущего выдоха, должен снова поступить к пациенту. Прохождение этой порции газа через тройник отмечается на капнограмме. Кривая капнограммы опускается до нуля, когда в дыхательные пути начинает поступать свежий газ.

«Расщелина» в альвеолярном плато



Плато с подъемом



Раннее снижение CO₂

Неплотная манжетка

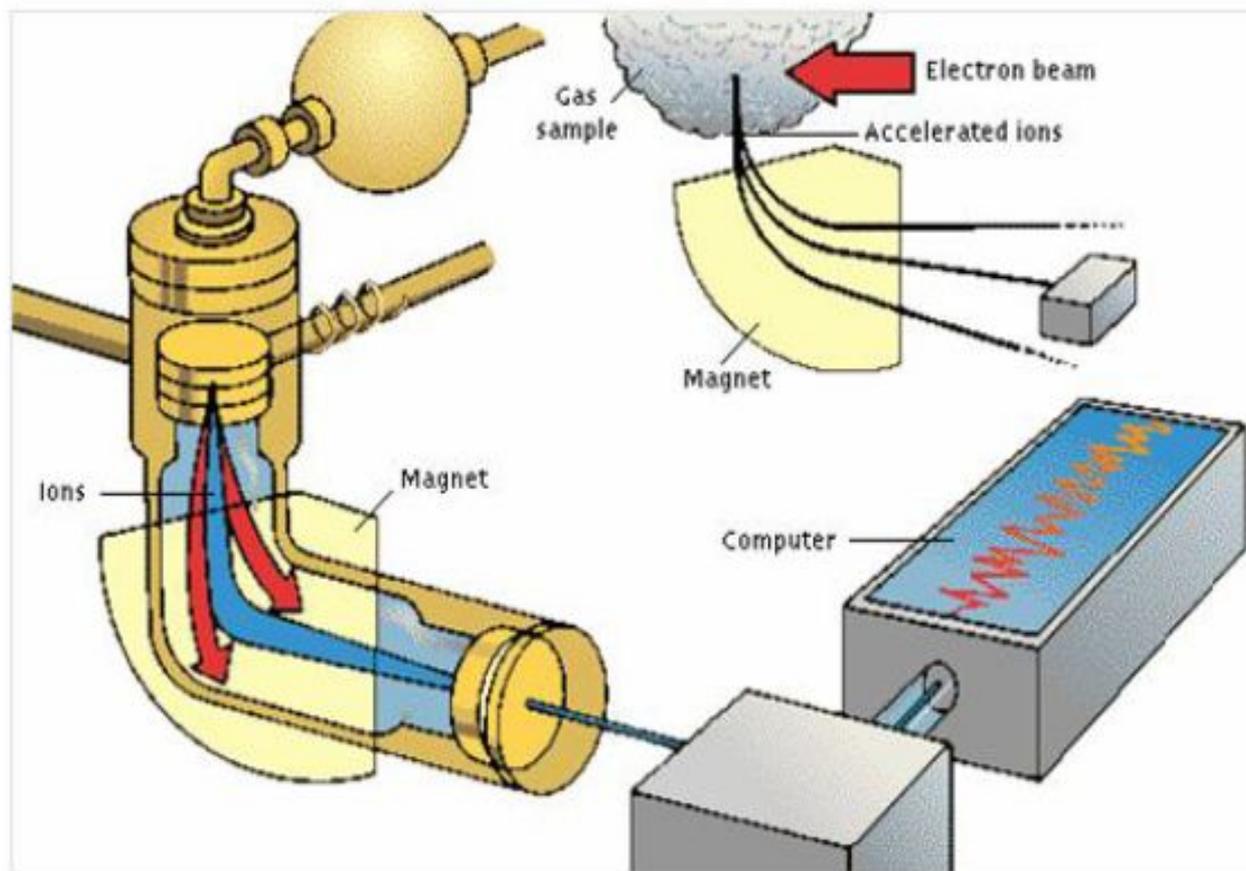


Рис. 24.4. Несколько капнограмм неправильной формы. Раннее снижение концентрации CO₂ вследствие утечки вокруг манжетки эндотрахеальной трубки вариабельно по капнограмме. Вообще, чем больше утечка, тем раньше начинает опускаться кривая капнограммы. Подобная картина наблюдается при масочной вентиляции с плохо подобранной маской.

Методики анализа газов дыхательной смеси:

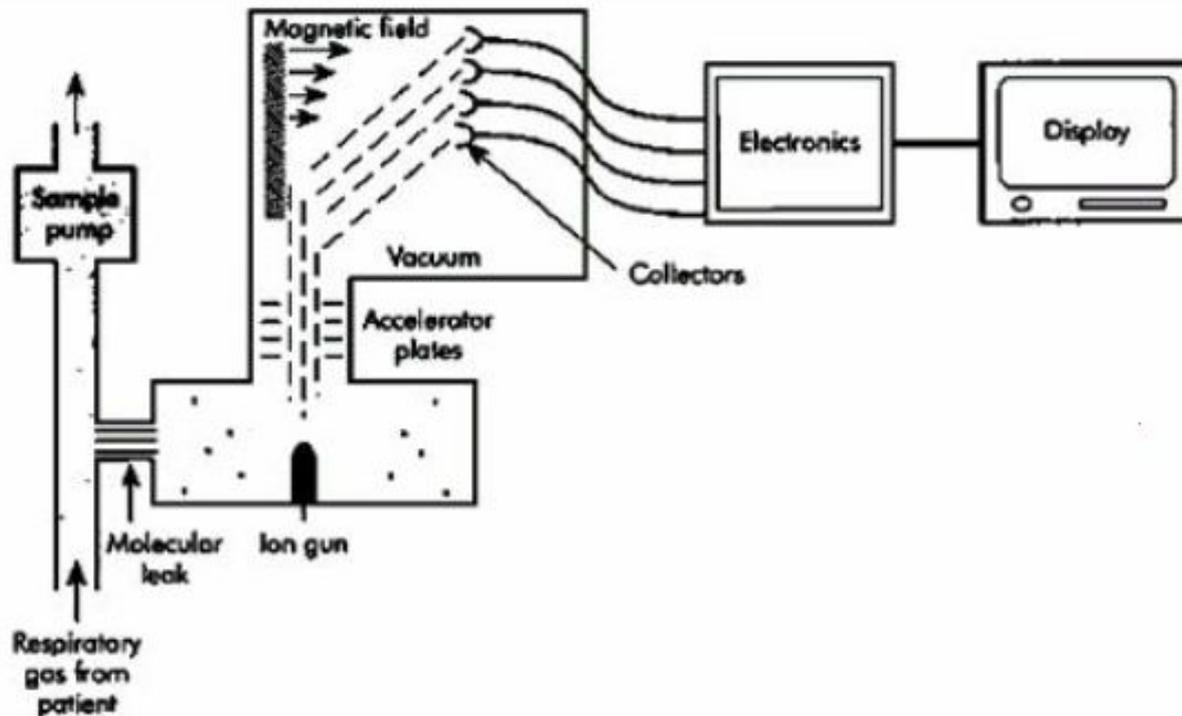
- Масс-спектрометрия
- Рамановская спектроскопия
- Абсорбция инфракрасных лучей.

Масс-спектрометрия



Francis William Aston, 1919

Масс-спектрометрия



- Наиболее универсальный газоанализатор
- Главные недостатки – дороговизна и громоздкость

Достоинства:

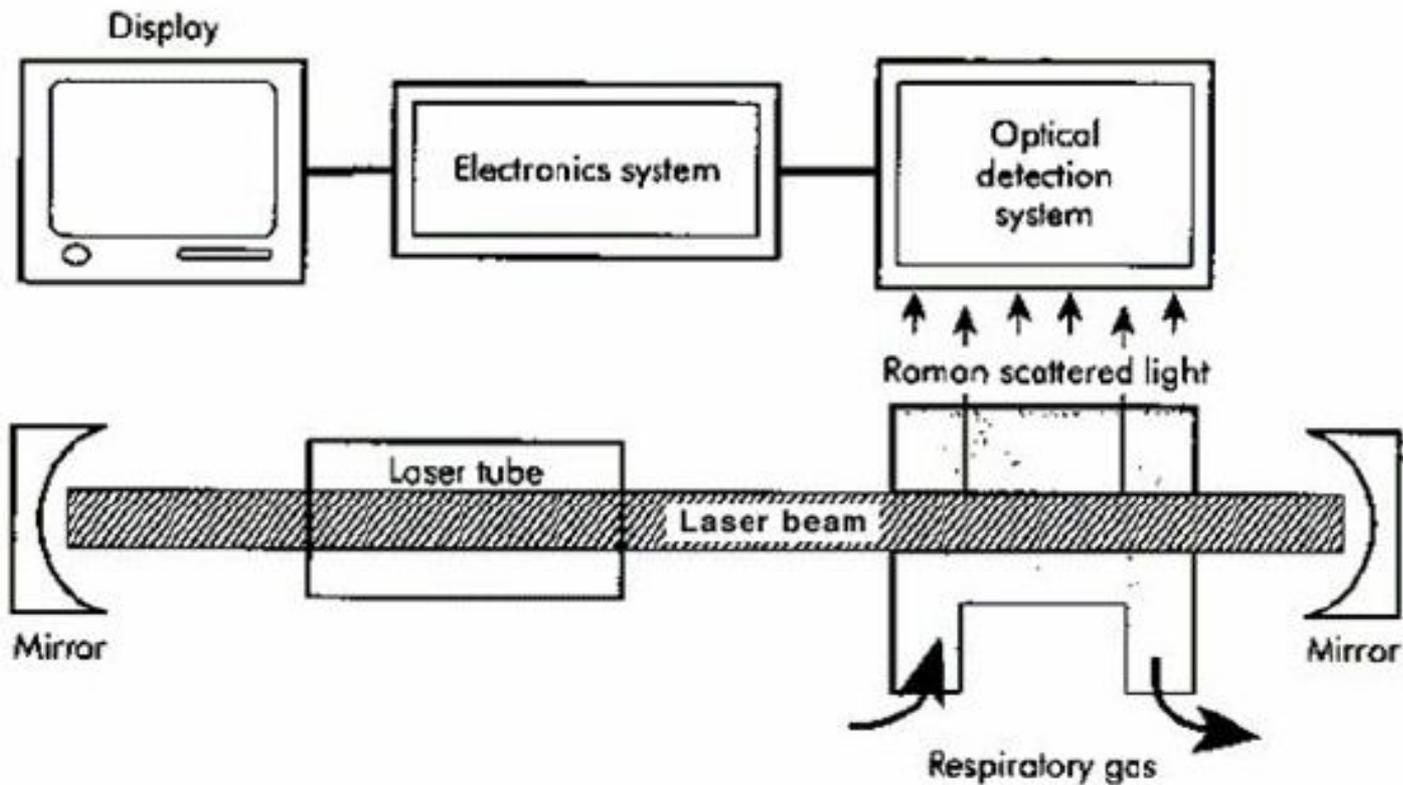
высокая точность измерения;

определение всех компонентов смеси одним методом и в одной пробе.

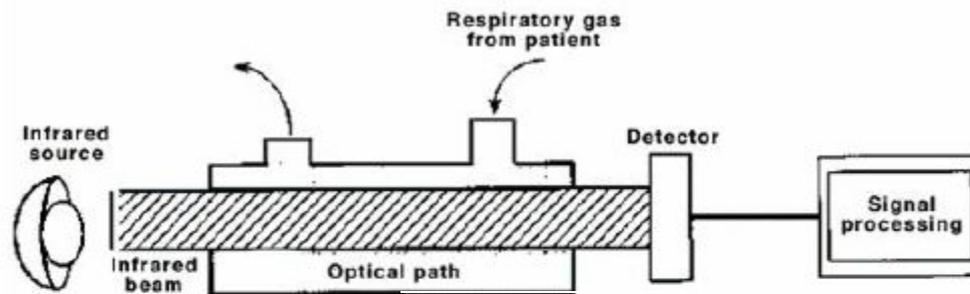
Недостатки:

- высокая цена;
- необходимость в квалифицированном обслуживании;
- поломка одного монитора приводит к остановке мониторинга у нескольких пациентов;
- монитор потребляет много электроэнергии и производит много шума и тепла;
- задержка в измерении и отображении данных иногда составляет от 5 до 15, а в

Рамановская спектрометрия

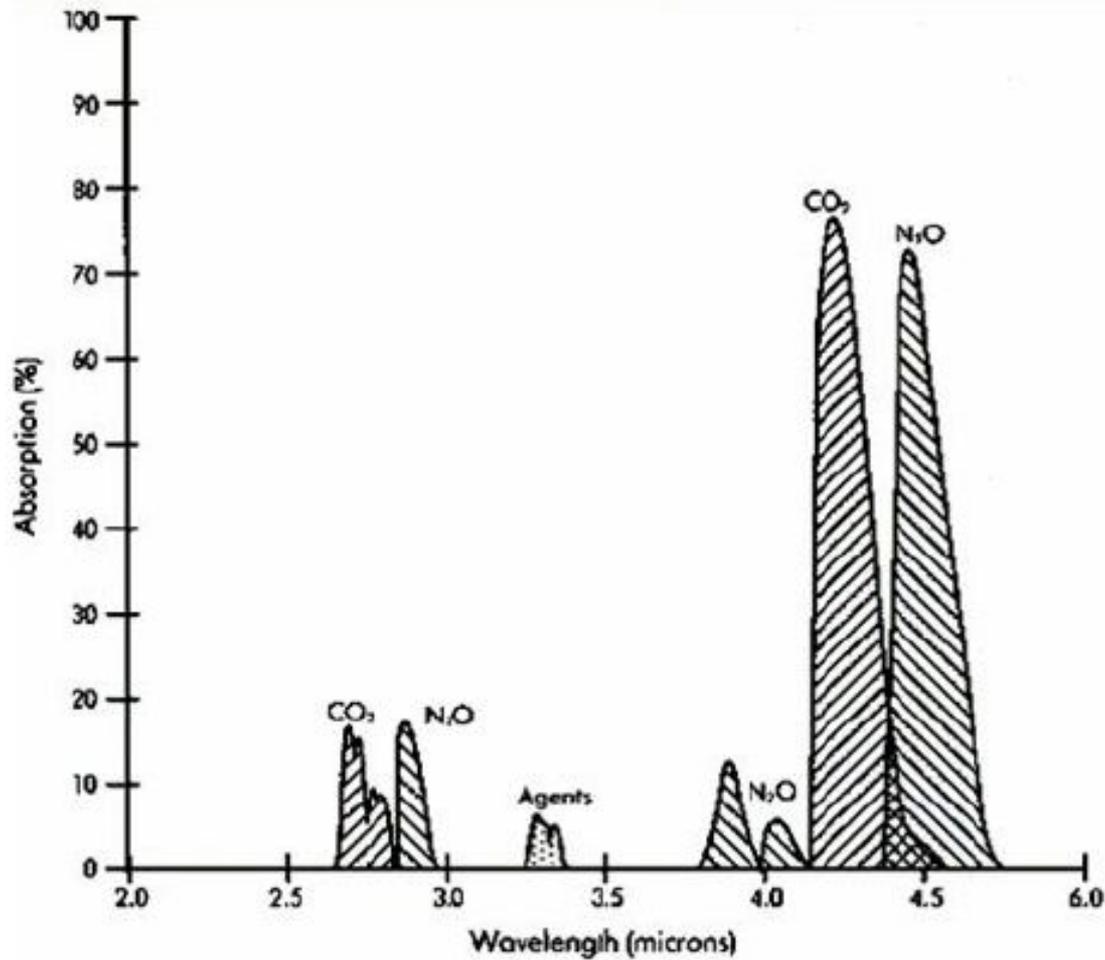


Инфракрасный оптический анализ



- «Ловит» только гетерогенные молекулы
- Анализ анестетиков - только side-stream!
- Проблема – пары H_2O
- **Sweeping spectrum analysis:** сканирует 30 дискретных длин волн вокруг 3.3 мкм, с частотой 25 Гц
- Наиболее доступный тип анализаторов

Инфракрасная абсорбция



Данные

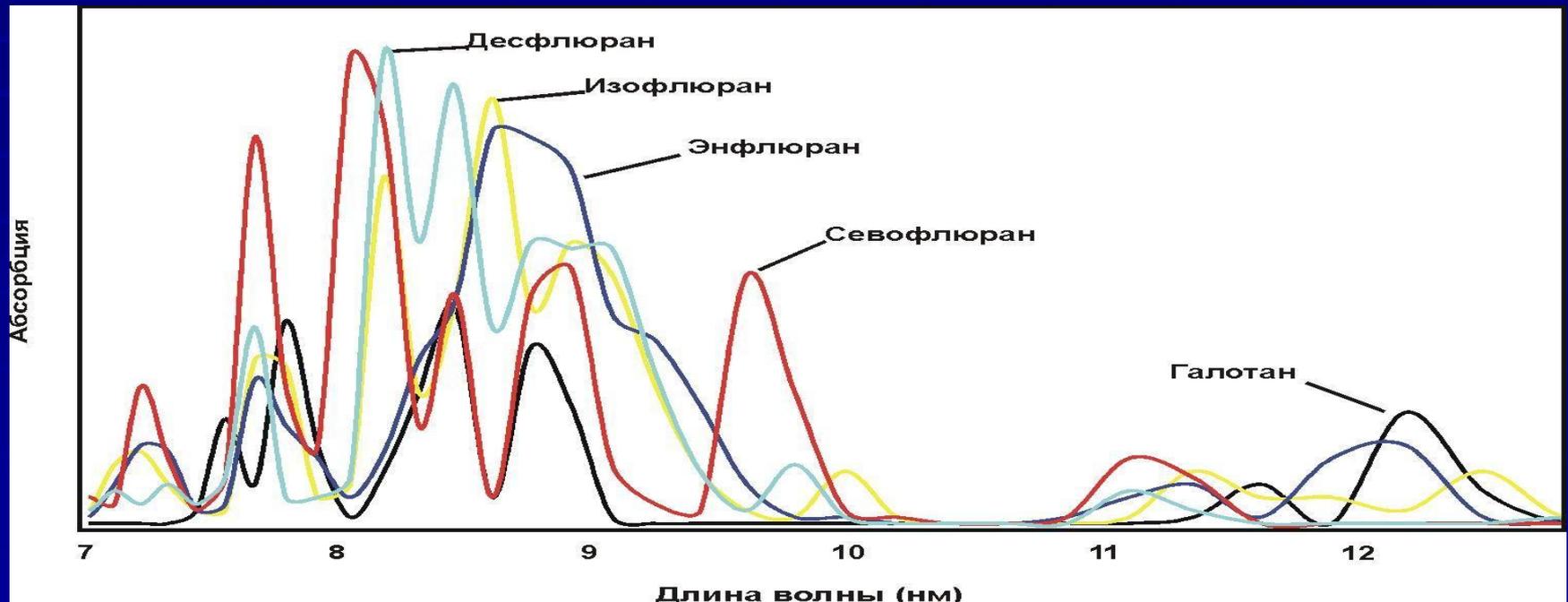
- В физиологии дыхания парциальное давление обозначается символом P
- P_{etCO_2} — парциальное давление углекислого газа в конечной части выдыхаемого газа, а P_aCO_2 — парциальное давление CO_2 в альвеолярном газе.
- Если вдыхаемый газ содержит 30 % кислорода, 68 % закиси азота и 2 % фторотана (галотана), а атмосферное давление равно 760 мм рт. ст., то
 - $P_iO_2 = (760 \times 30 \%) = 228$ мм рт. ст.
 - $P_iN_2O = (760 \times 68\%) = 516,8$ мм рт. ст.
 - $P_iHAL = (760 \times 2\%) = 15,2$ мм рт. ст.

Капнограф регистрирует

1. Парциальное давление или объемную концентрацию CO_2 ; в конечной порции выдыхаемого газа .
2. Частоту спонтанного дыхания или искусственной вентиляции, которая обычно обозначается «f» и выражается в размерности «BPM» (от англ. breaths per minute - вдохов в минуту), «CPM» (от англ. cycles per minute - циклов в минуту) или, что то же, 1/min или min^{-1} .
3. Парциальное давление или объемную концентрацию CO_2 во вдыхаемом газе (PiCO_2 или FiCO_2 соответственно).
4. Форму капнограммы.

Абсорбция инфракрасных лучей

Инфракрасный оптический анализ основан на способности молекул газа поглощать инфракрасное излучение определенной длины волны. Этим свойством обладают не все газы, а лишь те, молекулы которых состоят из разных атомов. К ним относятся углекислый газ (CO_2), закись азота (N_2O), пары воды (H_2O) и летучие анестетики (галотан, энфлюран, изофлюран, севофлюран и пр.)



Системы газоанализаторов

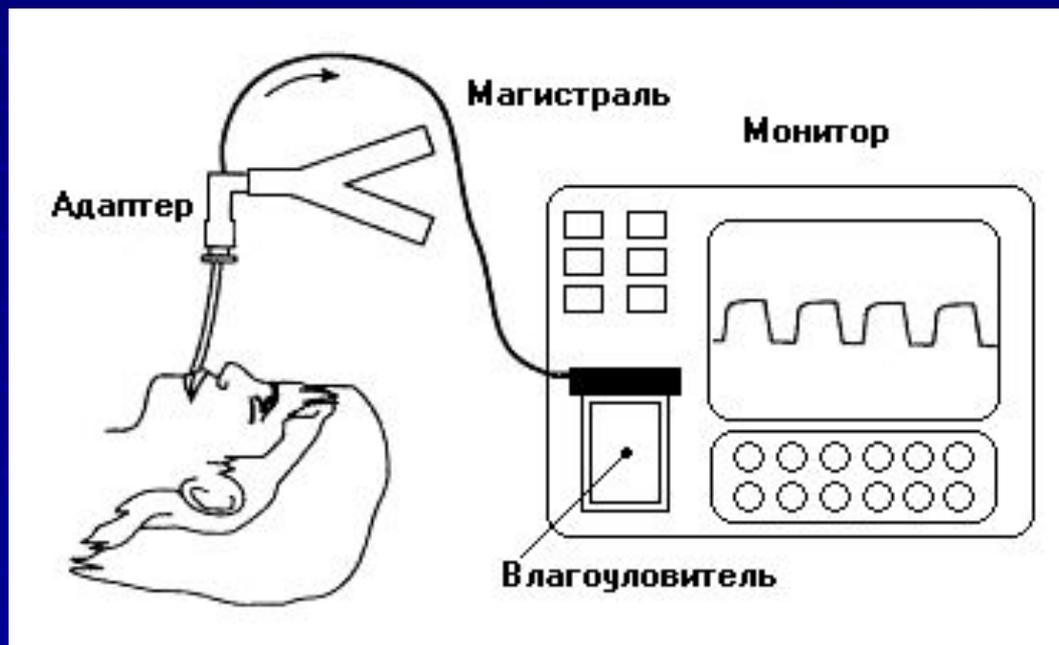
Все модели капнографов (как и других газоанализаторов) различаются не только по принципу, лежащему в основе измерения, но и по способам доставки газа в измерительную камеру. Таких способов три:

- капнометрия вне дыхательного потока с непрерывным отбором пробы газа (*sidestream analysis*);
- капнометрия в дыхательном потоке (*mainstream analysis*);

Капнометрия вне дыхательного потока (sidestream analysis) получила наиболее широкое распространение.

Суть способа :

из потока вдыхаемого и выдыхаемого газа (например, из интубационной трубки или наркозной маски) небольшая его часть непрерывно откачивается по тонкой пластиковой трубке и подается в измерительную камеру, расположенную внутри монитора:



Достоинства системы:

- возможность применения легких и дешевых одноразовых адаптеров для присоединения к дыхательным путям;
- защищенность всех сложных, хрупких и дорогостоящих частей измерительной системы, находящихся внутри корпуса прибора;
- наличие адаптеров для самых разных клинических ситуаций;
- возможность мониторинга у неинтубированных больных;

Недостатки системы:

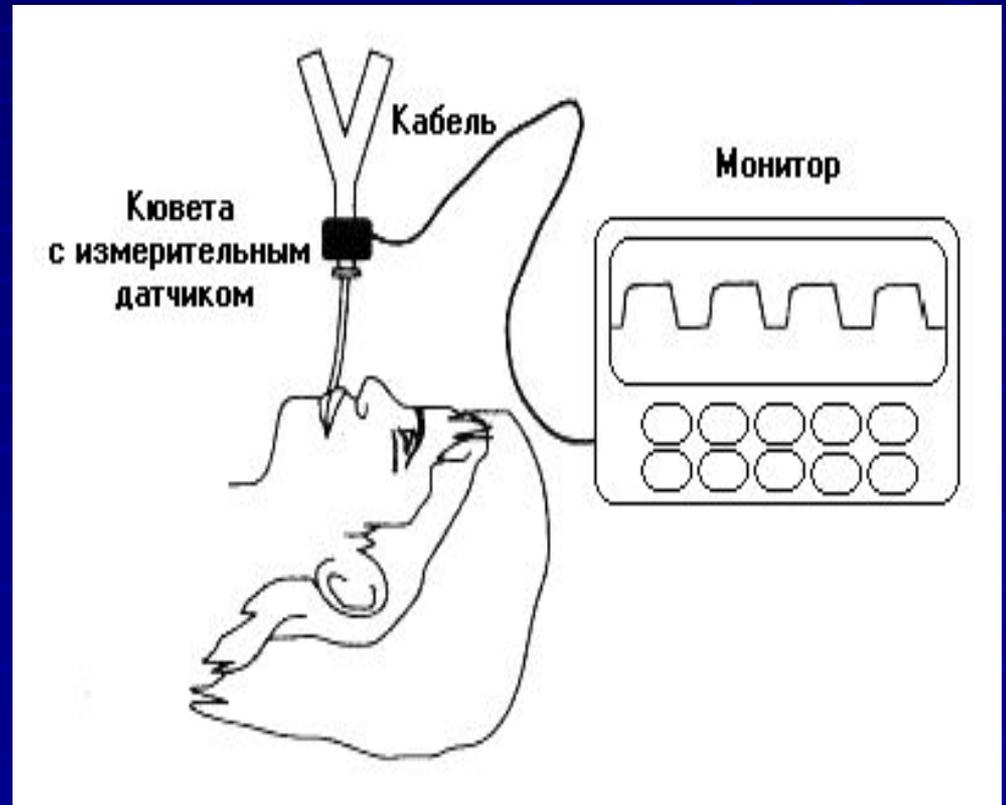
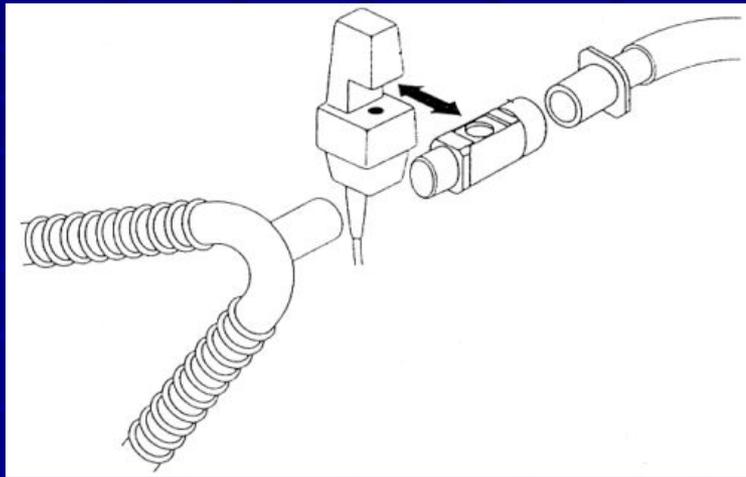
- необходимость в специальном устройстве для удаления паров воды из газовой смеси;
- наличие газовой помпы — самой ненадежной части системы;
- повышенное время реакции измерительной системы (если это имеет значение);
- затраты на приобретение расходных материалов (адаптеров, магистралей, фильтров, калибровочного газа).

Капнометрия в дыхательном потоке (mainstream analysis)

Адаптер в этой системе представляет собой устанавливаемую между интубационной трубкой и тройником контура кювету, через которую на проток проходит весь вдыхаемый и выдыхаемый газ. В ней имеются два сапфировых окошка, прозрачные для ИК-лучей. Адаптеры моделей mainstream бывают одно- или многократными.

На адаптер снаружи надевается съемный датчик, в который вмонтированы источник монохроматического ИК-излучения и вся измерительная система. Конденсации паров воды на сапфировых окошках препятствует подогрев адаптера. Вес датчика может составлять от 10 до 60 г.

Капнометрия в дыхательном потоке



Достоинства системы:

- повышенное быстродействие (время реакции 30-60 мс);
- отсутствие необходимости в обезвоживании газовой смеси;
- оптимальна при анестезии по закрытому контуру.

Недостатки системы:

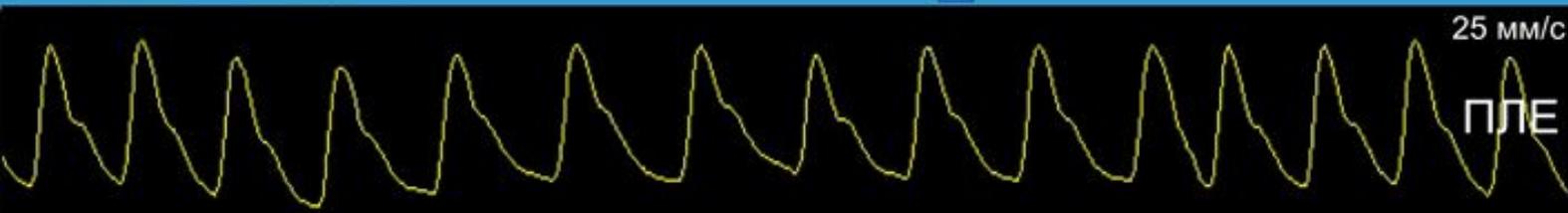
- увеличенный риск смещения или перегиба интубационной рубки из-за повышенного веса устанавливаемых на ней деталей;
- повышенный риск поломки самой дорогой части монитора — датчика;
- невозможность использования разнообразных адаптеров;
- мониторинг только у интубированных пациентов

Типы кислородных датчиков

- **Гальванические** - принцип окисления с выделением энергии, которая фиксируется прибором. Следует помнить о том, что эти датчики с ограниченным сроком годности.
- **Парамагнитные** - принцип притягивания газообразного кислорода к магниту.

Основные преимущества парамагнитного датчика

- Долгий срок службы чувствительного элемента
- Отсутствие движущихся частей
- Функция компенсации «мешающих» компонентов (др. газов)
- Компенсация ошибок атмосферного давления
- Калибровка «одним касанием» + автоматическая калибровка
- Многоплановая функция самодиагностики



SpO₂ % 
98 
Пульс 60 уд/мин



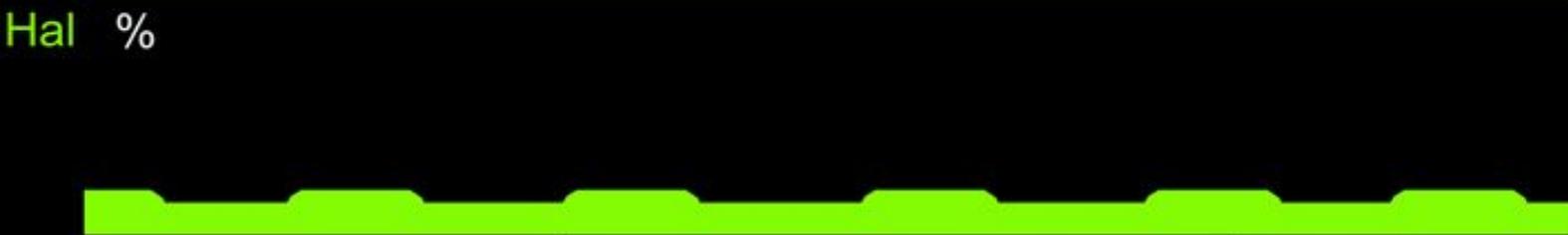
O₂ % 
ВДОХ 34
ВЫДОХ 31
(FiO2-EtO2) 3%



CO₂ ммРтСт 
ВДОХ 0
ВЫДОХ 38



N₂O % 
ВДОХ 60
ВЫДОХ 58



Hal % 
ВДОХ 1.9
ВЫДОХ 1.4

Иванов	Пол	Мужской
Карточка 0	Рост	170
Год рождения 1944	Вес	81

МАК
3.32

ЧД 1/мин 
20

Контроль основных параметров центральной гемодинамики

- Эхокардиография
- Разведение красителя
- Метод Фика
- Измерение биоимпеданса грудной клетки
- Термодиллюция

Эхокардиография

Допплер-эхокардиография — надежный способ измерения линейной скорости кровотока в аорте. В комбинации с чреспищеводной эхокардиографией (с помощью которой можно измерить площадь поперечного сечения аорты) позволяет определить УО и СВ.

Принцип Фика

Потребление кислорода ($\dot{V}O_2$) равно артериовенозной разнице содержания кислорода (A/V), умноженной на сердечный выброс (СВ). Получив два первых результата можно определить сердечный выброс.

Инвазивность, трудоемкость и необходимость дополнительной дорогостоящей техники ограничивает применение данного метода.

Разведение красителя

После введения красителя в центральную вену через катетер его концентрацию в артериальной крови измеряют через разные промежутки времени после введения красителя, строят кривую. Определив площадь под кривой концентрации красителя-индикатора, можно измерить сердечный выброс.

Биоимпеданс грудной клетки

Величина сопротивления грудной клетки (биоимпеданс) зависит от ее объема. Измерение биоимпеданса грудной клетки в точке сердечного цикла, соответствующей завершению деполяризации желудочков, позволяет определить ударный объем.

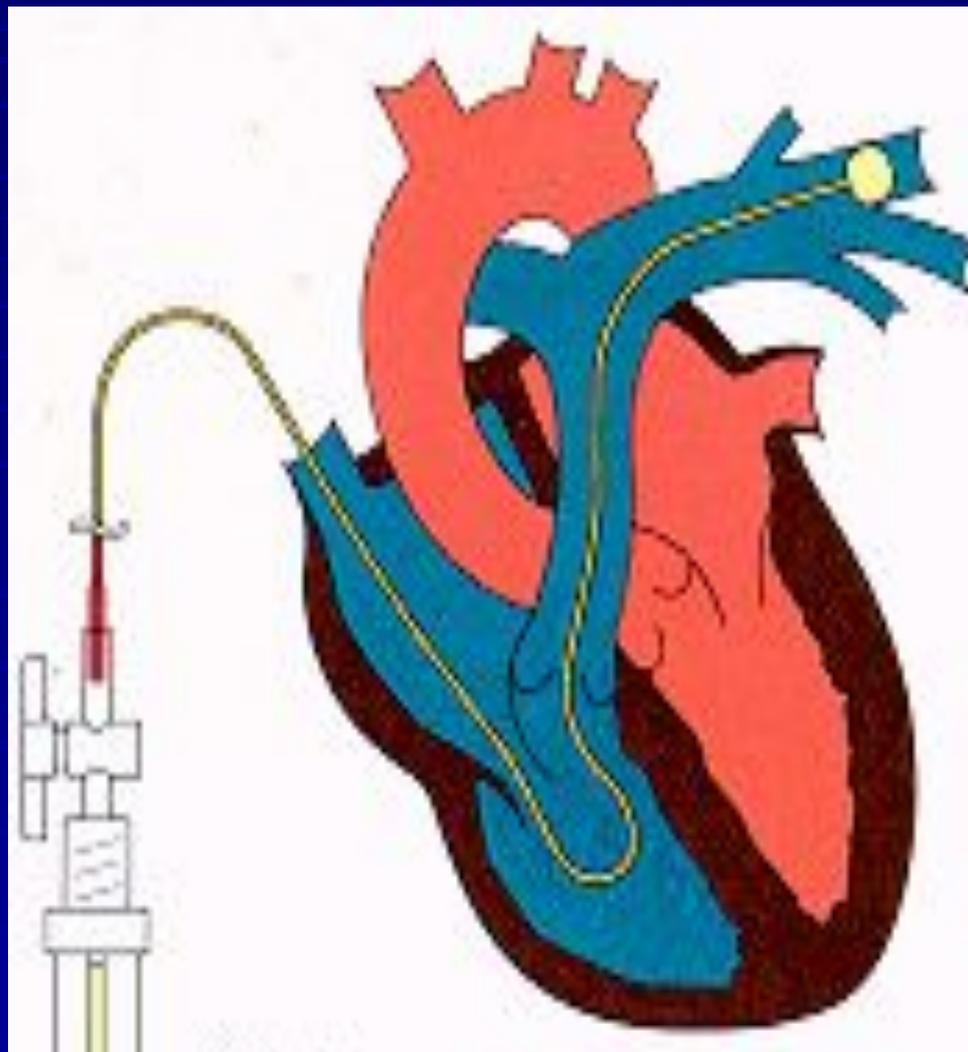
К недостаткам относится высокая чувствительность к электрической интерференции и значительная зависимость от правильности наложения электродов.

Термодиллюция

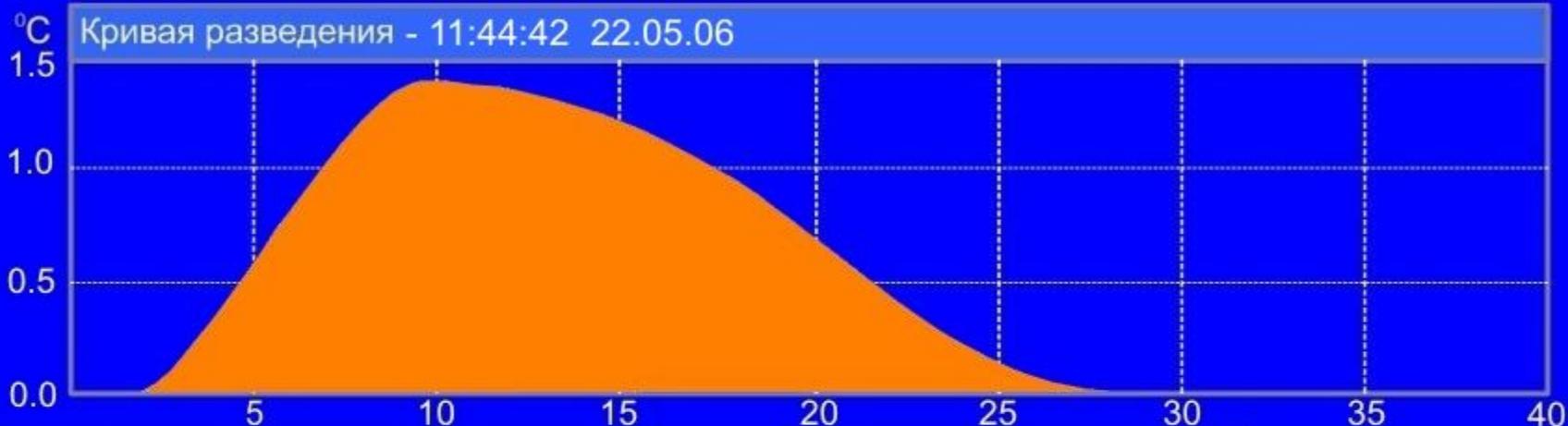
Введение в правое предсердие определенного количества раствора (через катетер Сван-Ганса) с температурой ниже температуры тела больного, изменяет температуру крови, контактирующей с термистором в легочной артерии. Степень изменения обратно пропорциональна сердечному выбросу.

Модифицированная методика термодиллюции позволяет проводить непрерывный мониторинг сердечного выброса. Катетер содержит термофиламент, который генерирует низкоинтенсивные тепловые импульсы в кровь проксимальнее клапана легочной артерии, и термистор, измеряющий изменения температуры крови в легочной артерии.

Катетер Сван-Ганса



Термодиллюция



Т крови, С 37.5

Т болюса, С 10.0

Объем болюса, мл 5

Площадь тела, м 1.77

Выч. константа 0.543

МОК 6.87

л/мин

УВ 114.5

мл

СИ 3.9

л/мин/м²

УИ 64.6

мл/м²

СТАРТ

СТОП

ОТМЕНА

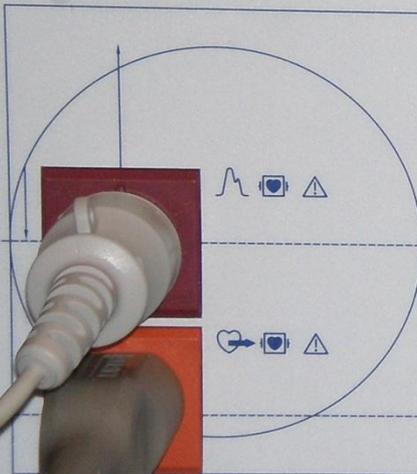
ЗАПИСИ

ПАРАМЕТРЫ

Измерение завершено. Готов к новому измерению!

PiCCO plus

PULSION
Medical Systems



00000000	21.03	11:22	TS38.4	PR	141		
HEURE ST	IC	IFC	UTDI	EPEI	PR	71	45
11:03	0	4.17	6.0	695	8		
11:05	0	4.41	6.1	720	9		
11:20	0	4.33	6.0	714	8	(PUC)	4
MOY		4.33	6.0	714	8	RUST	1124
						ICC	4.79
						FC	81
						UEI	59
						UVE	19%
						UPP	15%
						(UTDI)	714
PRET				AT 9.21/TT 14			
SA	DEM	RBS	ENT	INFO	MAN		

Power button (power icon)

Pen icon

Home button (circle icon)

Menu button (list icon)



Технология гемодинамического мониторинга PiCCO (Pulsion Medical Systems)

- **Периодический волюметрический мониторинг** осуществляется при выполнении транспульмональной термодилуции и определяет следующие показатели (**катетеризация легочной артерии не требуется!**): сердечный выброс (СВ), внутригрудной объем крови (ВГОК), глобальный конечно-диастолический объем (ГКДО), внесосудистая вода легких (ВСЛВ), индекс проницаемости сосудов легких (ИПСЛ), глобальная фракция изгнания (ГФИ), индекс функции сердца (ИФС)
- **Непрерывный мониторинг** осуществляется при помощи математического анализа формы пульсовой волны (ФПВ). Основные определяемые параметры: сердечный выброс (СВ-ФПВ), систолическое, диастолическое, среднее артериальное давление, ударный объем (УО), системное сосудистое сопротивление (ССС), индекс сократимости левого желудочка, а так же вариабельность ударного объема (ВУО) и вариабельность пульсового давления (ВПС).

Технология гемодинамического мониторинга PiCCO (Pulsion Medical Systems)

Методика транспульмональной термодиллюции состоит в следующем: в центральный венозный катетер вводится 15-20 мл 0,9% раствора NaCl или 5% раствора глюкозы, охлажденного до 0 +6 градусов или комнатной температуры.

При прохождении холодового индикатора через правое предсердие, правый желудочек, сосуды легких, левое предсердие, левый желудочек и аорту последовательно изменяется температура крови. Скорость ее изменения фиксируется термодиллюционным катетером, установленным в артерии (например, бедренной), и отображается в виде термодиллюционной кривой.

На основании этой кривой рассчитываются волюметрические показатели и производится калибровка сердечного выброса для дальнейшего непрерывного мониторинга путем анализа формы пульсовой волны. **Монитор прост в обращении и не требует специального обучения.**

Особенности биоимпедансного метода (реография)

- более дешевый при рутинном использовании
- более безопасный для пациента
- позволяющий проводить непрерывный мониторинг, в отличие от циклических измерений при термодиллюции
- не требующий для реализации специальных клинических условий.

Основной недостаток – это его точность $\pm 20\%$ от абсолютных значений, тогда как точность термодиллюции $\pm 5\%$.

Объективный мониторинг мышечного сокращения

- Механомиография
- Электромиография
- Акцеломิโอграфия



Объективный мониторинг

Механомиография (MMG)

- Преимущества
 - Фактический стандарт □ Используется в научных исследованиях
- Недостатки:
 - Требуется надежной фиксации руки
 - Требуется горизонтального расположения датчиков
 - Чувствителен к внешним воздействиям
 - Годен только для adductor pollicis
 - Не годится для клинических исследований



Объективный мониторинг
Механомиография (MMG)
(Myograph 2000™)

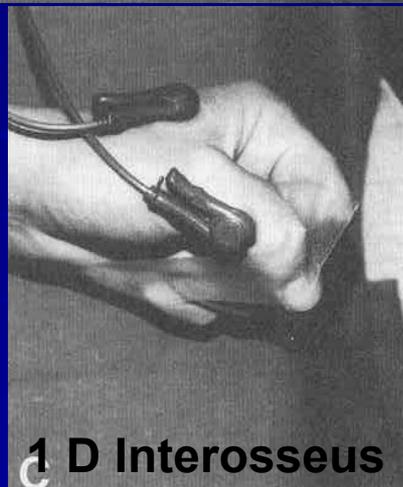
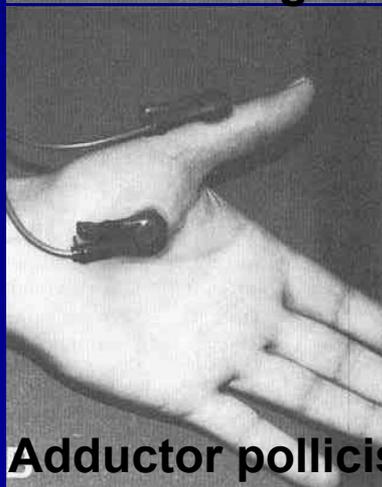


Объективный мониторинг

Электромиография (ЭМГ)

- Преимущества: Простота по сравнению ММГ
- Недостатки:
 - Сложная техника
 - Не всегда достоверен
(Критичен к расположению электродов)
 - Низкая достоверность при отсутствии контроля
 - Чувствительность к электрическим помехам
 - Недостоверная оценка блока во время восстановления мышечной активности
 - Не подходит для рутинных исследований

Объективный мониторинг Электромиография (ЭМГ)

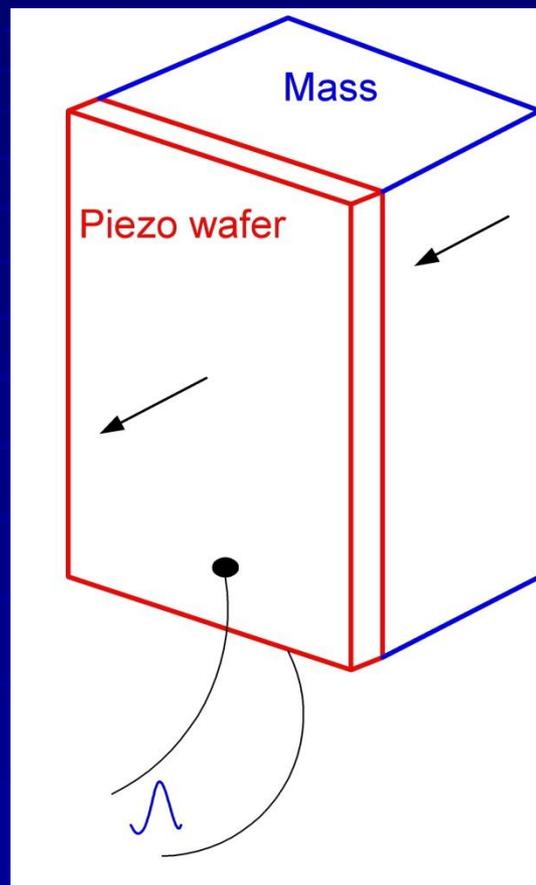


**Relaxograph[®]
AS3/5 Datex**

Объективный мониторинг Акцеломиография (АМГ)

Трансдюсер

Когда ускоряемая масса давит на пьезокристалл, возникает электрический импульс



Пьезокристалл

Сила тока пропорциональна ускорению

Объективный мониторинг Акцеломииография (АМГ)

- Преимущества
 - Простота
 - Устойчивость к внешним воздействиям
 - Подходит для клинического использования
- Недостатки:
 - Мышца должна свободно двигаться
 - Переоценка при восстановлении
 - Приемлемость для научных исследований

Объективный мониторинг Акцеломииография (АМГ)

Accelograph™)
- TOF-Guard
- TOF-Watch, S, SX



Смешанное измерение
- Paragraph
- Datex AS/3 M-NMT Module



Температура

При использовании термодатчиков в мониторах, возникают ряд требований:

- датчики должны быть взаимозаменяемы (замена датчиков в условиях клиники должна происходить без дополнительной градуировки и без потери точностных характеристик)
- измерители температуры должны иметь максимально допустимую погрешность измерения абсолютной температуры в диапазоне 25 - 45 °C - $\pm 0,1$ (0,15) °C
- датчики должны допускать проведение дезинфекции и (или) стерилизации.

На сегодняшний день выпускаются следующие датчики температуры:

- Для ректального измерения температуры,
- Для измерения температуры во внутренних полостях,
- Для измерения температуры кожи

Электрoэнцефалография

- Вызванные потенциалы мозга на звуковые раздражители (ALARIS)
- Спонтанные кривые ЭЭГ с вычислением биспектрального индекса (ASPECT)

Расчет биспектрального индекса BIS как способ контроля глубины общей анестезии был предложен еще в 80-х годах. Сегодня он внедряется в наиболее современных мониторах пациента как наиболее информативный и точный метод, отражающий в числовой форме степень седации пациента во время общей анестезии и в ходе пробуждения в послеоперационном периоде.



Как BIS работает:

- значение BIS–индекса, равное 100, означает, что пациент в полном сознании;
- значение BIS–индекса, равное 0, означает полное отсутствие активности мозга.
- при общей анестезии значение BIS–индекса должно находиться в интервале от 40 до 50; для седации рекомендуется уровень от 60 до 85.



Объединение многих методов исследования как в случае прикроватного монитора, дает возможность получить комплексную оценку в режиме реального времени, с применением современных компьютерных технологий и выработать экспертное решение.

