

ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО

Реферат

Тема: Методы неинвазивного и инвазивного мониторинга во время анестезиологического пособия, стандарт базового мониторинга ASA.

Выполнил ординатор Новак А.В.

Красноярск 2018г.

Основной целью мониторинга при проведении анестезиологического пособия является обеспечение безопасности больного, что заключается в определении соответствия эффекта принимаемых мер (обезболивание, гипноз, миорелаксация, параметры вентиляции, инфузионная терапия и др.) заданному оптимальному уровню; своевременная регистрация изменений состояния, связанных с операцией, анестезией или основными или сопутствующими заболеваниями пациента.

Для этого мониторинг должен обеспечивать непрерывную регистрацию установленных показателей, представление их в числовых или графических формах в реальном времени и динамике, первичную интерпретацию полученных данных и включение тревожной сигнализации при отклонении регистрируемых параметров от установленных для данного пациента.

Естественно, что квалифицированная работа врача с аппаратурой для мониторинга требует не только определенных технических и “пользовательских” навыков, но и знание принципов их действия, возможных источников ошибок, ограничений и т.д.

Достоинства и необходимость использования мониторной техники при проведении анестезии подтверждены в многочисленных клинических исследованиях. В настоящее время в большинстве стран приняты и законодательно утверждены стандарты медицинского мониторинга, обязывающие врача использовать эту технику в ежедневной работе. С другой стороны не надо забывать, что ни один мониторный комплекс не может дать того целостного впечатления о состоянии больного, которое врач получает при осмотре.

Сам по себе мониторинг в отрыве от других компонентов анестезиологического пособия не может предотвратить развитие осложнений и неблагоприятных событий во время анестезиологического пособия и интенсивной терапии. Однако, очевидно, что он снижает риск развития осложнений и неблагоприятных событий как за счет выявления последствий ошибочных действий, так и за счет раннего предупреждения о том, что у пациента отмечается ухудшение состояния по каким-то причинам.

## **Минимальный обязательный стандарт мониторинга в анестезиологии и интенсивной терапии.**

1 Квалифицированный анестезиологическо – реанимационный персонал должен присутствовать: в операционной в течение всего времени проведения анестезиологического пособия; при транспортировке пациента из операционной к месту дальнейшего нахождения (палата интенсивной терапии, палата пробуждения, палата профильного отделения и т.п.); в палате интенсивной терапии (реанимации) в течение всего времени проведения интенсивной терапии.

2. При всех видах анестезиологического пособия и интенсивной терапии должны мониторироваться следующие параметры:

2.1. Пульсоксиметрия.

2.2. Электрокардиограмма.

2.3. Неинвазивное артериальное давление.

3. В случае, когда пациенту проводится какой – либо вариант ИВЛ при любом способе обеспечения проходимости дыхательных путей к параметрам, перечисленным в пункте 2., в обязательном порядке добавляются следующие:

3.1. Содержание углекислого газа в конце выдоха.

3.2. Содержание кислорода во вдыхаемой смеси.

3.3. Герметичность контура.

4. Системы мониторинга подсоединяются к пациенту до начала манипуляций, если и остаются в таком состоянии на всем протяжении анестезиологического пособия, при транспортировке пациента из операционной к месту дальнейшего нахождения (палата интенсивной терапии, палата пробуждения, палата профильного отделения и т.п.) и/или на всем протяжении интенсивной терапии.

5. Мониторимые параметры регистрируются в специальных (адаптированных для конкретного лечебного учреждения) анестезиологических или реанимационных картах не реже чем один раз в 5 минут при проведении анестезиологического пособия и не реже чем один раз в 15 – 30 минут при проведении интенсивной терапии и сохраняются в историях болезни или их эквивалентах.

6. Ответственный представитель анестезиолога – реанимационной бригады должен убедиться в работоспособности оборудования. Пределы тревог должны быть установлены соответствующим образом до начала манипуляций.

## Мониторинг дыхания

**Пульсоксиметрия** - это оптический метод определения процентного насыщения гемоглобина кислородом ( $\text{SaO}_2$ ). Метод входит в стандарт обязательного интраоперационного мониторинга и показан при всех методах оксигенотерапии.

В основе метода – изменение абсорбции света при пульсации артерий. • Оксигемоглобин максимально поглощает инфракрасный свет (940 нм) • Дезоксигемоглобин – красный (660 нм). • По соотношению поглощений волн различной длины определяется относительная концентрация оксигемоглобина. Нормальными значениями является диапазон 96-100%. • Важно знать исходное состояние пациента до анестезии. • О гипоксемии свидетельствует снижение  $\text{SpO}_2$  ниже 92%.

Искажение результатов может возникнуть при:

- нарушения микроциркуляции (холод, гиповолемия),
- движения в области датчика,
- наличие лака на ногтях,
- яркий свет, попадающий на датчик
- Билирубинемия (желтуха) не влияет на показатель
- Метгемоглобин  $\text{MtHb}$  - занижает
- Карбоксигемоглобин  $\text{COHb}$  - завышает

Датчики устанавливаются на: - палец кисти, - палец стопы, - мочку уха, - у новорожденных на стопу или кисть

**Капнография** - регистрация концентрации  $\text{CO}_2$  в дыхательных газах является одним из наиболее информативных и универсальных методов мониторинга. Капнограмма позволяет не только оценивать состояние легочной вентиляции, но и контролировать состояние дыхательного контура, верифицировать положение интубационной трубки, распознавать острые нарушения метаболизма, системного и легочного кровотока. Капнография показана при проведении анестезии, ИВЛ и других методах респираторной терапии.

Принцип работы капнографа основан на адсорбции инфракрасного света углекислым газом. Капнографические датчики делятся на датчики прямого потока, когда анализатор устанавливается непосредственно в дыхательном контуре, и бокового потока, когда газ из дыхательного контура по катетеру засасывается в прибор и там анализируется.

Результаты анализа демонстрируются на экране в виде кривой, отражающей изменение концентрации  $\text{CO}_2$  в реальном времени, график динамики этого показателя (тренд) и цифровое значение парциального давления  $\text{CO}_2$  в конечной порции выдыхаемого газа ( $\text{PetCO}_2$ ). Последний показатель наиболее важен, так как фактически отражает парциальное давление  $\text{CO}_2$  в альвеолярном газе ( $\text{PaCO}_2$ ), что, в свою очередь, позволяет судить о парциальном давлении  $\text{CO}_2$  в артериальной крови -  $\text{PaCO}_2$  (в норме разница между  $\text{PaCO}_2$  и  $\text{PaCO}_2$  около 3 мм рт. ст.). Поэтому для контроля за эффективностью вентиляции в большинстве случаев достаточно контролировать  $\text{PETCO}_2$  не прибегая к инвазивным методикам.

**Оксиметрия.** Мониторинг концентрации кислорода в дыхательных газах необходим во-первых для контроля работы смесителей и дозирующих устройств, а во-вторых для использования значения  $\text{FiO}_2$  при расчете различных вентиляционных показателей (альвеолярно-артериального градиента  $\text{O}_2$ , индекса оксигенации и др.). Применение метода показано при проведении анестезии и лечении всех больных, которым назначается оксигенотерапия.

Для контроля концентрации кислорода используют два типа датчиков: медленный - фиксирующий только среднюю величину показателя и быстрый - регистрирующий мгновенную концентрацию кислорода.

Действие медленного датчика основано на электрохимическом принципе, сенсорный элемент генерирует ток пропорциональный концентрации кислорода в газовой смеси.

Медленный датчик располагают обычно либо у источника свежей газовой смеси (для контроля работы дозирующего устройства), либо в контуре вдоха наркозного или дыхательного аппарата (для контроля концентрации  $\text{O}_2$  во вдыхаемом газе). Основной недостаток этого датчика связан с его высокой инертностью - задержка по времени составляет несколько десятков секунд. Кроме того, сенсорный элемент прибора сохраняет работоспособность в течение относительно короткого периода времени (около 1 года), после чего он должен быть заменен на новый.

Работа быстрого кислородного датчика основана на парамагнитном принципе. Эта методика позволяет регистрировать оксиграмму - графическое отображение изменения концентрации (или парциального давления) кислорода во всех фазах дыхательного цикла. Анализ оксиграммы дает возможность контролировать эффективность легочной вентиляции и перфузии, а также герметичность дыхательного контура. В частности,

концентрация кислорода в конечной порции выдыхаемого газа тесно коррелирует с альвеолярной концентрацией, а разница концентраций кислорода во вдыхаемом и выдыхаемом газе позволяет рассчитывать потребление кислорода - один из наиболее важных показателей метаболизма.

**Мониторинг концентрации анестетиков** позволяет контролировать работу дозирующих устройств и повышает безопасность проведения ингаляционной анестезии. Этот вид мониторинга является обязательным при использовании реверсивного дыхательного контура, а также при проведении анестезии по методикам со сниженным притоком свежего газа (low-flow и minimal flow), когда концентрация анестетика установленная на испарителе не совпадает с его концентрацией во вдыхаемом газе. Поэтому современные наркозные аппараты стандартно комплектуются анализаторами концентрации анестетиков, работающими по принципу адсорбции инфракрасных лучей. Постоянное измерение концентрации позволяет предотвратить передозировку или случайное использование ингаляционного анестетика, не предназначенного для конкретного испарителя. Противопоказаний к этому виду мониторинга нет.

**Графический мониторинг механических свойств легких** в процессе искусственной вентиляции легких является относительно новым и перспективным методом диагностики состояния внешнего дыхания. До недавнего времени регистрацию дыхательных петель «объем-давление», «объем-поток» можно было проводить только на специальной диагностической аппаратуре. Сейчас современные аппараты ИВЛ комплектуются графическими дисплеями, позволяющими в реальном времени регистрировать не только ставшие уже традиционными кривые давления и потока, но и дыхательные петли. Графический мониторинг предоставляет очень важную информацию, которая не может быть получена с помощью других методов исследования. В частности, анализ графической информации позволяет оптимизировать такие параметры ИВЛ как дыхательный объем, продолжительность вдоха, величину положительного давления в конце выдоха и многое другое

## Мониторинг кровообращения

**Артериальное давление.** Наиболее распространенным является осциллометрический метод измерения АД. Прибор для регистрации осцилляций давления называется сфигмоманометром.

Автоматический насос, через установленные промежутки времени, накачивает резиновую манжетку, наложенную на одну из конечностей. Пульсация артерий вызывает в манжетке осцилляции, динамика которых общитывается микропроцессором и результаты (АД сис., АД диаст., АД ср. и ЧСС) демонстрируются на дисплее прибора.

Достоинством метода является то, что он неинвазивный, не требует участия персонала, не нуждается в калибровке, имеет небольшие погрешности измерений. Однако точность измерений зависит от размеров манжетки. Ширина манжетки должна быть на 20-50% больше диаметра конечности. Более узкая манжетка завышает систолическое АД, а широкая - занижает. Искажение результатов также происходит при аритмиях или крайне низкой величине пульсового давления.

**Инвазивное измерение АД.** Поскольку внутриартериальная катетеризация обеспечивает длительное и непрерывное измерение давления в просвете артерии, эта методика считается "золотым стандартом" мониторинга артериального давления.

**Показания:** Показания к инвазивному мониторингу артериального давления путем катетеризации: управляемая гипотония; высокий риск значительных сдвигов артериального давления во время операции; заболевания, требующие точной и непрерывной информации об артериальном давлении для эффективного управления гемодинамикой; необходимость частого исследования газов артериальной крови.

**Противопоказания:** Следует по возможности воздерживаться от катетеризации, если отсутствует документальное подтверждение сохранности коллатерального крово-тока, а также при подозрении на сосудистую недостаточность (например, синдром Рейно).

**Электрокардиография** представляет собой регистрацию электрической активности сердца. Электрические потенциалы снимаются обычно с накожных электродов, расположенных на конечностях или грудной клетке. Прибор измеряет и усиливает получаемые сигналы, частично отфильтровывает помехи и артефакты и выводит электрокардиографическую кривую на экран монитора. Кроме того, автоматически рассчитывается и представляется в числовой форме частота сердечных сокращений. Таким

образом, любой кардиоскоп позволяет, как минимум, контролировать частоту и ритмичность сердечных сокращений, амплитуду и форму зубцов ЭКГ.

Диагностическая ценность ЭКГ зависит от выбора отведения. Так, например, во II-м отведении проще определить нарушения ритма и проводимости, легче распознать ишемию нижней стенки левого желудочка по депрессии сегмента ST ниже изолинии в сочетании с отрицательным зубцом T.

Кроме оценки состояния сердечной деятельности, ЭКГ в ряде случаев помогает заподозрить наличие некоторых электролитных нарушений. Например, для гипокальциемии характерно удлинение сегмента ST и «отдаление» зубца T от комплекса QRS, а при гиперкалиемии наблюдается расширение комплекса QRS, укорочение сегмента ST, увеличение и приближение зубца T к комплексу QRS. Электрoкардиографическая картина меняется при возникновении и других критических ситуаций. Развитие пневмоторакса приводит к резкому уменьшению амплитуды всех зубцов ЭКГ.

Помехи при регистрации ЭКГ возникают при движении больного, работе электрохирургического оборудования, нарушениях контакта электродов с кожей или в соединительных элементах кабелей. При автоматическом расчете ЧСС ошибки прибора могут быть связаны с тем, что амплитуда зубца T оказывается сопоставимой с амплитудой зубца R и процессор считывает ее как еще одно сердечное сокращение. Кроме того, надо учитывать, что числовое значение ЧСС всегда является усредненной величиной, так как обновление показателей на дисплее производится через установленные интервалы времени.

**Мониторинг сердечного выброса.** Сердечный выброс (СВ) является одним из наиболее ценных и информативных показателей гемодинамики. Величина СВ необходима для расчета сердечных индексов, общего периферического сопротивления, транспорта кислорода и др. Поэтому мониторинг СВ показан всех критических состояний, особенно сопровождающихся острой сердечной и сосудистой недостаточностью, гиповолемией, шоком, дыхательной и почечной недостаточностью.

При лечении взрослых пациентов для мониторинга СВ чаще всего применяется метод термодилуции, основанный на использовании балонного многопросветного катетера (Свана-Ганца), проведенного в легочную артерию. Регистрация изменения температуры крови в легочной артерии,

после введения охлажденного раствора в правое предсердие, позволяет рассчитать величину сердечного выброса. В педиатрической практике эта методика почти не используется в связи с техническими трудностями и высоким риском осложнений, связанных с катетеризацией легочной артерии.

У детей СВ чаще определяют методом разведения красителя индоцианина, который вводят по катетеру в центральную вену, а кривую концентрации препарата считывают с помощью денситометрического датчика, закрепленного на мочке уха. Величина сердечного выброса рассчитывается компьютером на основании анализа формы кривой разведения красителя.

Другая весьма распространенная в педиатрической практике методика определения СВ основана на измерении биоимпеданса грудной клетки при синхронной регистрации ЭКГ и последующей компьютерной обработкой полученных данных. К сожалению, точность этого метода недостаточно высока, сильно зависит от правильности наложения электродов, изменений волемического статуса и влияния применяемых в терапии вазоактивных препаратов.

В последнее время в клиническую практику внедряются неинвазивные методы определения СВ, основанные на эффекте Допплера (чрезпищеводная, супрастернальная, чрезтрахеальная доплер-эхокардиография). При использовании этих методов СВ рассчитывают на основании диаметра и линейной скорости кровотока в аорте.

Контроль центрального венозного давления (ЦВД) проводят с помощью катетера введенного в подключичную или внутреннюю яремную вену, конец которого должен быть расположен у места впадения верхней полой вены в правое предсердие. Расположение катетера в сосудистом русле в обязательном порядке контролируется при рентгенографическом исследовании. ЦВД обычно измеряют с помощью градуированной трубки, подключенной к катетеру (аппарат Вальдмана). Величина ЦВД примерно соответствует давлению в правом предсердии и поэтому позволяет судить о конечнодиастолическом объеме (преднагрузке) правого желудочка. В наибольшей степени ЦВД зависит от объема циркулирующей крови и сократительной способности правых отделов сердца. Поэтому динамический мониторинг величины ЦВД, особенно в сопоставлении с другими показателями гемодинамики, позволяет оценивать как степень волемии, так и сократительную способность миокарда.

## Мониторинг нервной системы

**Электроэнцефалография (ЭЭГ)** - регистрация электрических потенциалов, генерируемых клетками головного мозга.

ЭЭГ позволяет выявить наличие патологической активности, связанной с резидуальной органической патологией очагового или эпилептоидного характера. Нарушения биоэлектрической активности может быть связано с нарушениями мозгового кровообращения, гипоксией, действием анестетиков и т.п. Ограничения к применению этого вида мониторинга связаны с невозможностью быстрой обработки и интерпретации получаемых результатов. Определенные перспективы связывают с усовершенствованием и внедрением новых компьютерных программ для автоматического анализа данных. В настоящее время ЭЭГ мониторинг применяют в основном при вмешательствах на сосудах головного мозга и операциях с использованием искусственного кровообращения.

**Мониторинг вызванных потенциалов** является неинвазивным методом оценки функции ЦНС с помощью измерения электрофизиологического ответа на сенсорную стимуляцию. Метод позволяет выявлять и локализовывать повреждения различных отделов ЦНС.

Сенсорная стимуляция заключается в многократной подаче световых или акустических сигналов, либо в электрической стимуляции чувствительных и смешанных периферических нервов. Вызванные потенциалы коры регистрируются с помощью электродов, размещенных на коже головы.

Методика вызванных потенциалов показана при проведении нейрохирургических операций, а также для оценки неврологического статуса в послеоперационном периоде.

**Мониторинг нервно-мышечной передачи** показан у всех больных, получающих миорелаксанты, а также при проведении регионарной анестезии для идентификации нерва и определения степени сенсорного блока. Сущность метода заключается в электрической стимуляции периферического нерва и регистрации сокращений иннервируемой мышцы. В анестезиологической практике чаще всего стимулируют локтевой нерв и отмечают сокращение приводящей мышцы большого пальца кисти.

Стандартная методика стимуляции заключается в подаче четырех последовательных импульсов с частотой 2 Гц. Отсутствие ответа на все четыре импульса соответствует 100% нервно-мышечной блокаде, на 3 импульса - 90%, на 2 импульса - 80% и на 1 импульс - 75% блокаде.

Клинические признаки миорелаксации возникают при нервно-мышечной блокаде выше 75%.

При оценке результатов исследования необходимо учитывать, что возникновение блока и последующее восстановление проводимости в разных группах мышц протекает не одновременно. Так, например, после применения миорелаксантов нервно-мышечная проводимость в диафрагме прекращается позже, а восстанавливается раньше, чем в приводящей мышце большого пальца кисти.

**Церебральная спектроскопия.** Относительно новым методом нейромониторинга является церебральная оксиметрия или спектроскопия в близком к инфракрасному спектре. Этот неинвазивный метод позволяет непрерывно в режиме реального времени измерять содержание гемоглобина и его фракций (окси- и дезоксигемоглобина) в ткани головного мозга. Кроме того, с помощью церебральной спектроскопии можно оценить динамику окислительно-восстановительного статуса цитохромоксидазы в клетках головного мозга. Цитохромоксидаза, будучи конечным ферментом дыхательной цепи, катализирует более 95% утилизации клеточного кислорода, и её окислительный статус непосредственно отражает состояние тканевого дыхания клеток головного мозга.

Суть метода заключается в измерении степени абсорбции света в диапазоне волн от 700 до 1000 нм. Датчик церебрального оксиметра накладывается на лишённую волосного покрова поверхность головы пациента, предпочтительно на лобную область. Конструкция датчика включает в себя эмиттер, излучающий монохроматичный лазерный свет с заданными длинами волн, и два световоспринимающих детектора, расположенных на различном удалении от эмиттера. Первый детектор, находящийся ближе к эмиттеру, воспринимает свет, отраженный от поверхностно расположенных тканей. На более удалённый детектор поступает свет, отраженный от всей толщи тканей. Компьютерная обработка полученных сигналов позволяет рассчитать величины, относящиеся непосредственно к головному мозгу.

Общее содержание гемоглобина отражает степень кровенаполнения в перикортикальных зонах головного мозга. При изменении концентрации гемоглобина в результате кровопотери или после гемотрансфузии эта величина может указывать на степень этих изменений. Соотношение оксигемоглобина и дезоксигемоглобина выражается как локальное тканевое насыщение гемоглобина кислородом (rSO<sub>2</sub>), и характеризует процессы доставки и потребления кислорода тканями. Эта величина зависит от

перфузии тканей, кислородной ёмкости крови и уровня метаболизма в клетках головного мозга. У детей старше 6 лет нормальными значениями локального церебрального насыщения являются 65-75%. Повышение содержания оксигемоглобина может указывать на увеличение насыщения крови кислородом или артериальную гиперемию в наблюдаемой зоне. Соответственно, снижение этого показателя говорит о противоположных процессах. Нарастание количества дезоксигемоглобина говорит либо о гипоксемии, что проявляется снижением артериального насыщения кислородом, либо об увеличении потребления кислорода тканями. В случае нарушения венозного оттока по той или иной причине этот показатель также может возрастать. Окислительный статус цитохромоксидазы целиком зависит от процессов доставки электронов на цепочку дыхательных ферментов и их акцепции кислородом, окисления. Доставка является относительно стабильным процессом и определяется наличием субстрата (глюкозы), окисление же более лабильно и зависит от присутствия в среде кислорода. Быстрое снижение окисленной фракции Cytaa3 говорит о дефиците кислорода либо об уменьшении клеточного метаболизма. По совокупности получаемых данных можно достаточно определённо судить об оксигенации и метаболическом статусе головного мозга.

Церебральная оксиметрия как метод мониторинга вероятного гипоксического или ишемического поражения головного мозга может применяться у больных находящихся в критических состояниях при проведении различных режимов искусственной вентиляции, обеспечении инотропной и вolemической поддержки, при отёке головного мозга, при спазме церебральных сосудов. Очевидна целесообразность его использования в анестезиологии с целью интраоперационного мониторинга кислородного статуса головного мозга в сердечно-сосудистой хирургии, в эндоваскулярной хирургии сосудов головы и шеи, в нейрохирургии и во всех других случаях, когда риск гипоксического поражения головного мозга или нарушения церебральной перфузии чрезвычайно высок. К преимуществам церебральной спектроскопии нужно отнести неинвазивность и безопасность этого метода, возможность непрерывного наблюдения с документацией получаемых данных.

## Дополнительные методы мониторинга

**Контроль газового состава артериальной крови** - это “золотой стандарт” интенсивной терапии, позволяющий точно оценивать состояние легочного газообмена, адекватность вентиляции и оксигенотерапии.

Артериальная кровь может быть получена различными способами, наиболее удобным является катетеризация периферических артерий.

**Мониторинг температуры** показан при проведении анестезии, лечении лихорадочных состояний и выхаживании новорожденных. Для контроля температуры в анестезиологии и интенсивной терапии используют электронные термометры с цифровыми дисплеями.

Датчиками у этих приборов являются термисторы различной формы, приспособленные для наклеивания на кожу или введения в полый орган. Наиболее полную информацию можно получить при одновременном мониторинге периферической температуры (накожные датчики) и центральной температуры (ректальные, пищеводные, внутрисосудистые датчики). В этом случае не только контролируются отклонения от нормальной температуры (гипер- или гипотермия), но и косвенно оценивается состояние гемодинамики, поскольку градиент центральной и периферической температур коррелирует с величиной сердечного индекса.

## Список литературы:

1. Михельсон В.А., Гребенников В.А.. Детская анестезиология и реаниматология. 2001
2. Дж. Эдвард Морган-мл., Мэгид С. Михаил Клиническая анестезиология: книга 1-я / Изд. 2-е, испр.— Пер. с англ. — М.—СПб.: 2015. 3. Базовый курс анестезиолога: учебное пособие, электронный вариант / под ред. Э. В. Недашковского, В. В. Кузькова. — Архангельск: Северный государственный медицинский университет, 2010. — 238 с.