Министерство образования Российской Федерации

Пензенский Государственный Университет

Медицинский Институт

Кафедра Анестезиологии

Реферат

на тему:

# *«*Проверка и неисправности наркозного аппарата*»*

Пенза

2008

# План

1. Респираторы и тревожная сигнализация при разгерметизации
2. Система улавливания и отвода отработанных газов
3. Увлажнители и распылители (небулизаторы)
4. Кислородные анализаторы
5. Процедура проверки наркозного аппарата
6. Возможные неисправности наркозного аппарата

Литература

**1. Респираторы и тревожная сигнализация при разгерметизации**

Функция респираторов (аппаратов ИВЛ) — создание градиента давления между проксимальными дыхательными путями и альвеолами. Анестезиологические респираторы являются структурным компонентом наркозного аппарата. Старые респираторы работали как генераторы отрицательного давления вокруг грудной клетки (например, "железные легкие"), в противоположность им современные модели создают положительное давление в верхних дыхательных путях. Дыхательный цикл респиратора состоит из четырех фаз: вдох, период между вдохом и выдохом, выдох, период между выдохом и вдохом. Респираторы классифицируют в зависимости от различных характеристик фаз дыхательного цикла.

Во время вдоха респираторы генерируют дыхательный объем, подавая поток газа по градиенту давления. На всем протяжении дыхательного цикла вне зависимости от механических свойств легких сохраняется либо постоянное давление **(генераторы постоянного давления),** либо постоянная скорость потока **(генераторы постоянного потока)**. **Генераторы переменного давления и потока** характеризуются непостоянным давлением и потоком на протяжении одного цикла, но характер их изменений стереотипно повторяется в каждом цикле. Например, респиратор, который генерирует синусоидальный поток, должен быть отнесен к генераторам переменного давления и потока. Повышение сопротивления дыхательных путей или снижение растяжимости легких будет сопровождаться увеличением пикового давления вдоха, но скорость потока, генерируемая этим типом респиратора, меняться не будет.

Фаза вдоха завершается по достижении установленного времени, давления вдоха или дыхательного объема, поэтому респираторы также классифицируют по способу переключения с фазы вдоха на фазу выдоха. В **респираторах с переключением по времени** дыхательный объем и пиковое давление вдоха варьируются в зависимости от растяжимости легких. Дыхательный объем зависит от заданных установок продолжительности вдоха и скорости инспираторного потока (например, респиратор Айршельда). В **респираторах с переключением по давлению** фаза вдоха заканчивается при достижении заданного давления в дыхательных путях. Если утечки в дыхательном контуре существенно снижают пиковое давление, то респиратор этого типа может неопределенно долго оставаться в фазе вдоха. Однако небольшие утечки не вызывают значительного снижения дыхательного объема, так как переключения на выдох не произойдет до достижения заданной величины давления. Поскольку в респираторах с переключением по давлению используется эффект Вентури (т. е. подсасывается воздух), то увеличение потока достигается ценой снижения фракционной концентрации кислорода во вдыхаемой смеси (например, так происходит в компактных моделях респиратора Bird для лечения перемежающимся положительным давлением в дыхательных путях). В **респираторах с переключением по объему** продолжительность фазы вдоха и давление в дыхательных путях колеблются в зависимости от достижения заданного объема (параллельно с этим обычно существует ограничение по давлению). Многие анестезиологические респираторы — это ***респираторы с ограничением по объему,*** но с переключением по времени (например, респиратор Drager AV-E).

В фазе выдоха при использовании большинства респираторов давление в дыхательных путях снижается до уровня атмосферного. Поэтому поток из легких носит пассивный характер и зависит главным образом от сопротивления дыхательных путей и растяжимости легких. Положительное давление в конце выдоха можно обеспечить, создав препятствие выдоху. Некоторые респираторы старых моделей генерируют отрицательное давление выдоха. В настоящее время отрицательное давление на выдохе практически не используют в связи с риском преждевременного экспираторного закрытия дыхательных путей.

Следующая фаза вдоха обычно начинается после определенного заданного временного интервала **(принудительная ИВЛ),** но в некоторых аппаратах эта фаза инициируется отрицательным давлением, создаваемым самостоятельным вдохом больного **(вспомогательная ИВЛ). Перемежающаяся принудительная ИВЛ** дает возможность больному самостоятельно дышать в промежутках между принудительными вдохами. В отличие от вспомогательной или принудительной ИВЛ, при перемежающейся принудительной ИВЛ во время самостоятельного вдоха в дыхательные пути не всегда поступает объем, соответствующий заданному дыхательному объему. При **синхронизированной перемежающейся принудительной ИВЛ** попытка самостоятельного вдоха запускает принудительный вдох, что предотвращает "борьбу" больного с респиратором.

Между устройством анестезиологических респираторов многих типов существует сходство. Дыхательный объем подается воздуходувным комплексом, состоящим из резиновых мехов и прозрачного пластмассового колпака. Предпочтительнее использовать **поднимающиеся (стоячие) мехи,** так как они привлекают внимание персонала, спадаясь при разгерметизации контура. В отличие от них **опускающиеся (висячие) мехи** продолжают наполняться под действием силы тяжести, даже если они не соединены с дыхательным контуром.

В респираторе мехи выполняют ту же функцию, что дыхательный мешок — в дыхательном контуре. По пневмоприводу респиратора кислород под давлением поступает в пространство между внутренней стенкой колпака и наружной стенкой мехов. Нарастающее давление сжимает гофрированные мехи, проталкивая газовую смесь в дыхательный контур. Таким образом, внутри респиратора расположены два отдельных контура, разделенных стенками мехов: наружный контур, в котором находится кислород под высоким давлением, приводящий в действие респиратор, и внутренний контур, соединенный с дыхателъным контуром наркозного аппарата.

Расход кислорода, необходимый для работы пневмопривода респиратора, равен, как минимум, минутному объему дыхания. Например, если поток свежего газа (кислорода) составляет 2 л/мин и респиратор подает в дыхательный контур б л смеси в 1 мин, то расход кислорода на работу пневмопривода составит не менее 8 л/мин. Об этом не следует забывать, когда стационарная система газоснабжения по каким-либо причинам выходит из строя и используются кислородные баллоны.

Электронные блоки управления современных анестезиологических респираторов позволяют в широких пределах манипулировать дыхательными объемами, пиковым давлением вдоха, частотой дыхания, инспираторными паузами, соотношением фаз вдоха и выдоха, перемежающимися вдохами, положительным давлением в конце выдоха. Работа этих респираторов невозможна без кислорода под давлением (для пневмопривода дыхательных мехов) и электрообеспечения (часто с батарейным источником питания) для электронного блока управления.

Тревожная сигнализация — неотъемлемый элемент анестезиологического респиратора. Когда респиратор работает, ни в коем случае нельзя отключать **тревожную сигнализацию разгерметизации.** Рассоединение элементов дыхательного контура (разгерметизация) — главная причина анестезиологических осложнений — обнаруживает себя снижением пикового давления в контуре.В респираторе имеются и другие системы тревоги, которые сигнализируют о чрезмерном увеличении давления в дыхательных путях, низком давлении в кислородной магистрали илинеспособности респиратора обеспечить заданный МОД.

Когда респиратор работает, то предохранительные клапаны реверсивного контура следует закрыть или функционально вывести из контура.Анестезиологические респираторы обычно имеют свои собственные предохранительные клапаны, которые остаются закрытыми во время вдоха, что обеспечивает генерацию положительного давления. Когда в фазе выдоха мехи вентилятора заполняются, то давление в контуре возрастает и предохранительные клапаны респиратора открываются. Залипание этого клапана приводит к резкому подъему давления в дыхательных путях. И наоборот, если предохранительные клапаны дыхательного контура не полностью закрыты *или* не отключены функционально, то давление в дыхательных путях может быть недостаточно высоким для обеспечения ИВЛ. Поскольку предохранительные клапаны респиратора во время вдоха закрыты, то к заданному дыхательному объему добавляется поток свежего газа из контура и к больному поступает этот суммарный объем*.* Например, если поток свежего газа составляет 6 л/мин, соотношение вдоха и выдоха — 1: 2, частота дыхания — 10/мин, то к каждому заданному дыхательному объему будет добавляться еще 200 мл:

(6000 мл/мин) х (33 %)/ 10/мин ≈ 200 мл/мин.

Таким образом, увеличение потока свежего газа увеличивает МОД. Более того, в фазу вдоха не следует включать экстренную подачу кислорода, так как предохранительный клапан респиратора закрыт и всплеск давления в контуре обязательно будет передаваться на легкие больного.

При утечке в мехах высокое давление из пневмопривода передается на дыхательные пути больного, что чревато баротравмой легких. Эту неисправность можно выявить по более высокой, нежели предполагаемая, фракционной концентрации кислорода во вдыхаемой смеси. Неправильное присоединение шлангов респиратора к наркозному аппарату и дыхательному контуру может вызвать гипоксическое повреждение головного мозга. Другие неисправности в работе респиратора включают нарушение электроснабжения, обструкцию потока, электромагнитную интерференцию и дисфункцию клапанов.

**2. Система улавливания и отвода отработанных газов**

Система улавливания и отвода удаляет отработанные медицинские газы, которые сбрасываются из дыхательного контура через предохранительный клапан. Загрязнение среды операционной ингаляционными анестетиками опасно для здоровья персонала. Хотя установление безопасных следовых концентраций анестетиков представляет определенные сложности, ***Национальный институт профессиональной безопасности и охраны здоровья*** (США) рекомендует ограничить содержание закиси азота в воздухе операционной до 25 ррm, а галогенированных анестетиков — до 2 ррm (или до 0,5 ррm при сочетании их с закисью азота). Снижение этих следовых концентраций возможно лишь при исправном функционировании системы улавливания и отвода отработанных газов.

Чтобы избежать повышения давления, избыток газа сбрасывается через предохранительный клапан дыхательного контура или респиратора. Оба клапана передающими шлангами (переходниками) соединяются с интерфейсом системы улавливания и отвода. Выпускное отверстие системы улавливания и отвода может свободно открываться вне пределов операционной **(пассивный отвод),** а также присоединяться или к системе кондиционирования воздуха (без возможности рециркуляции), или же к стационарной системе вакуумной разводки **(активный отвод).** Последний метод самый надежный и самый сложный. Предохранительные клапаны отрицательного и положительного давления предохраняют больного как от воздействия отрицательного давления вакуум-системы, так и от возможного повышения давления при закупорке передающих шлангов. Мешок-резервуар принимает дополнительный поток отработанных газов, если вакуумная система не справляется с повышенной нагрузкой.

Контрольный вакуумный клапан должен быть отрегулирован под эвакуацию не менее чем 10-15л отработанного газа в минуту. Такая скорость является необходимой в периоды поступления потока свежего газа с высокой скоростью (например, во время индукции и пробуждения), а также позволяет снизить риск передачи отрицательного давления на дыхательный контур при низкой скорости потока (во время поддержания анестезии).

**3. Увлажнители и распылители (небулизаторы)**

**Относительная влажность —** отношение массы воды, представленной в объеме газа (т. е. **абсолютной влажности),** к максимально возможному количеству воды при данной температуре. Вдыхаемые газы согреваются до температуры тела и насыщаются парами воды в верхних дыхательных путях (100 % относительная влажность = 44 мг Н2О/л газа при 37 0C). При интубации трахеи и высоких скоростях потока свежего газа физиологическая система увлажнения не функционирует и нижние дыхательные пути подвергаются воздействию сухого (< 10 мг Н2О/л) газа комнатной температуры. Пренебрежение увлажнением газа приводит к дегидратации слизистой оболочки нижних дыхательных путей, нарушению функции реснитчатого эпителия, сгущению секрета и даже нарушению вентиляционно-перфузионных соотношений вследствие ателектазирования.Во время вентиляции тепло человеческого тела расходуется на согревание и, что более важно, на увлажнение сухих газов. (Расход тепла на испарение воды составляет 560 калорий/г H2O.)

Установка увлажнителя в дыхательный контур сокращает потери влаги и тепла. Простейшие конструкции увлажнителя — **конденсатный увлажнитель и тепловлагообменник**. Это устройство не поставляет дополнительно тепло или влагу, но содержит гигроскопический материал, улавливающий выдыхаемую влагу, которая высвобождается с последующим вдохом. В зависимости от технического решения они могут значительно увеличивать "мертвое пространство" (более чем на 60 мл), что у детей приводит к существенной рециркуляции. Более того, повышая сопротивление в дыхательном контуре, эти устройства увеличивают работу дыхания и поэтому не должны использоваться при самостоятельном дыхании. При длительном применении трахеостомическая канюля может закупориваться густым pi обильным секретом. Некоторые конденсатные увлажнители работают как эффективные фильтры, защищающие дыхательный контур и наркозный аппарат от перекрестного бактериального и вирусного загрязнения. Эти приспособления играют особо важную роль при ИВЛ у больных с легочной инфекцией или иммунодефицитом.

**В проточных, или пузырьковых, (барботажных) увлажнителях** газ проходит через прохладную или теплую водяную баню. Поскольку повышение температуры увеличивает способность газа удерживать водяные пары, нагреваемые водяные бани с термостатом — наиболее эффективные увлажнители. К осложнениям активного увлажнения относятся термическая травма легких (необходимо постоянно контролировать температуру вдыхаемой смеси), нозокомиальная инфекция, увеличение сопротивления дыхательных путей, а также повышенный риск разгерметизации контура. Тем не менее, в случаях, когда нельзя допустить интраоперационной гипотермии, эти увлажнители эффективно обеспечивают необходимую температуру и влажность. Особо ценны активные увлажнители для детской анестезиологии, так как они позволяют предупредить не только гипотермию, но и обструкцию тонких эндотрахеальных трубок вязким секретом. Конечно же, в педиатрической практике следует избегать применения любых приспособлений, увеличивающих "мертвое пространство". В отличие от пассивных увлажнителей, активные не обладают фильтрационной способностью.

**Распылители (небулизаторы)** разбрызгивают частицы воды в виде аэрозоля (спрея). Размер частиц зависит от способа распыления: **струйные распылители высокого давления** формируют частицы диаметром 5-30 мкм, тогда как **ультразвуковые** генерируют частицы размером 1-10 мкм. В струйных распылителях используется эффект Бернулли (подобный эффекту Вентури): водная струя захватывается и разбивается высокоскоростной струей газа. Струйные распылители часто применяются в палатах пробуждения для доставки в дыхательные пути аэрозоля комнатной температуры с высоким содержанием воды. Ультразвуковые распылители столь эффективны, что могут вызвать гипергидратацию. Основная сфера их применения — подача бронходилататоров в периферические дыхательные пути и обеспечение дренирования секрета при респираторной терапии.

**4. Кислородные анализаторы**

Никогда не следует проводить общую анестезию без кислородного анализатора в дыхательном контуре.Концентрация кислорода может быть измерена электрохимическим способом, с помощью парамагнитного анализа или масс-спектрометрии. Применяются два типа электрохимических датчиков: **гальванический элемент** (элемент питания) и **полярографический элемент** (электрод Кларка). Оба датчика содержат погруженные в электролитный гель катод и анод, отделенные от пробы газа мембраной, проницаемой для кислорода. Как только кислород попадает на электроды, генерируется ток, сила которого пропорциональна парциальному давлению кислорода в пробе. Гальванический и полярографический датчики различаются материалом, из которого сделаны электроды, и составом электролитного геля. Компоненты гальванического датчика вырабатывают достаточное количество химической энергии, поэтому для его работы не требуется внешнего источника электропитания. Сравнительные характеристики гальванического и полярографического датчиков представлены в табл. 1.

Первоначальные затраты на приобретение и эксплуатацию ***парамагнитных датчиков*** выше, чем таковые для электрохимических, однако последующие — меньше, поскольку они автоматически калибруются (самонастраиваются) и не нуждаются в расходных материалах. К тому же парамагнитные датчики реагируют на изменение концентрации настолько быстро, что можно определить разницу между концентрацией кислорода во вдыхаемой и в выдыхаемой смеси.

Все кислородные анализаторы снабжены низкопороговой тревожной сигнализацией, которая при включении анализатора автоматически приводится в рабочий режим. Датчики должны располагаться в инспираторном или экспираторном колене дыхательного контура, но только не на линии подачи свежего газа. В результате потребления кислорода больным парциальное давление кислорода в экспираторном колене будет несколько ниже, чем в инспираторном, особенно при низких скоростях потока свежего газа. Повышенная влажность выдыхаемой смеси существенно не влияет на точность показаний в новых моделях кислородных анализаторов.

**5. Процедура проверки наркозного аппарата**

Неисправности в работе наркозного аппарата — распространенная причина тяжелых осложнений в анестезиологии. Стандартная проверка анестезиологического оборудования перед каждым его использованием повышает осведомленность персонала и способствует правильной эксплуатации. Управление по контролю за пищевыми продуктами и лекарственными средствами США разработало стандартную процедуру проверки наркозных аппаратов и дыхательных контуров. Эту процедуру можно изменить в зависимости от применяемого оборудования. Хотя нет необходимости в полной проверке оборудования перед каждой анестезией на протяжении одного и того же дня, добросовестная частичная проверка обязательна перед каждым применением аппаратуры.

**6. Возможные неисправности наркозного аппарата**

**Почему не поднимаются меха респиратора и срабатывает тревога?**

Поток свежего газа, поступающий в дыхательный контур, был недостаточен для поддержания в контуре объема, необходимого для обеспечения вентиляции с положительным давлением. Если поток свежего газа отсутствует, то объем газа в дыхательном контуре будет медленно снижаться в результате постоянного потребления кислорода больным (метаболические затраты) и поглощения выдыхаемого углекислого газа в адсорбере. Поток свежего газа может отсутствовать вследствие прекращения подачи кислорода по системе стационарного газораспределения (вспомним о механизме обеспечения безопасности при снижении давления кислорода) или в случае, если ручки вентилей подачи газов забыли повернуть в положение "открыто". Показатели кислородного манометра Bourdon и дозиметров позволяют исключить эти причины утечки в контуре. Более правдоподобное объяснение в рассматриваемом случае — это утечка в дыхательном контуре, которая превышает скорость потока свежего газа. Утечки имеют особо важное значение при анестезии по реверсивному (закрытому) контуру.

ТАБЛИЦА 1. *Сравнительные характеристики гальванических и полярографических датчиков*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Гальванический датчик | Полярографический датчик |
| Аноды | Свинцовые | Серебряные |
| Катоды | Серебряные или золотые | Платиновые или золотые |
| Электролитный раствор | KOH | KCI |
| Стоимость | Дорогие электроды | Высокие первоначальные затраты |
| Время реагирования | Длительное | Короткое |
| Время разогрева | Отсутствует | Несколько минут |
| Расходный материал | Датчики | Электролит и мембраны |
| Источник питания | Химическая реакция | Батареи |

**Как оценить размер утечки?**

Объем дыхательного контура поддерживается на постоянном уровне, если приток свежего газа равен расходу. Следовательно, размер утечки можно определить, увеличивая скорость потока свежего газа до тех пор, пока во время выдоха мехи не начнут подниматься на необходимую высоту. Если, несмотря на высокую скорость подачи свежего газа, мехи остаются в спавшемся состоянии, то следует думать о полном рассоединении элементов контура. Следует незамедлительно выявить место рассоединения и восстановить герметичность дыхательного контура во избежание гипоксии и гиперкапнии. Если устранение нарушений затягивается, то больного переводят на ИВЛ реанимационным дыхательным мешком.

**В каком месте дыхательного контура наиболее высок риск рассоединения и утечки?**

Видимые рассоединения чаще всего возникают между прямоугольным коннектором и эндотрахеальной трубкой, тогда как риск утечки наиболее высок по периметру нижней крышки адсорбера. Утечки могут происходить в трахее вокруг безманжеточной эндотрахеальной трубки, а также вокруг неполностью заполненной манжетки. Помимо того, в наркозном аппарате и дыхательном контуре еще существует большое количество мест, где возможны рассоединения и утечки. Добавление в дыхательный контур любого дополнительного элемента (например, увлажнителя) увеличивает риск утечки.

**Как можно выявить утечки?**

Условно утечки подразделяют на случающиеся до выходного патрубка подачи свежей дыхательной смеси (т. е. в наркозном аппарате) и после выходного патрубка (т. е. в дыхательном контуре). Большие утечки в наркозном аппарате происходят значительно реже и их можно выявить с помощью простого теста. Пережатие шланга, который обеспечивает подачу свежего газа от наркозного аппарата в дыхательный контур, приведет к обратной передаче давления в наркозный аппарат, препятствующей потоку свежего газа из наркозного аппарата. Этот феномен проявляется снижением уровня поплавков в дозиметрах. После устранения обструкции поплавки быстро и кратковременно "подскакивают", после чего занимают первоначальное положение. Если утечка внутри наркозного аппарата *велика,* то пережатие шланга подачи свежего газа не приведет к обратной передаче давления и смещению поплавков вниз. Более чувствительный тест для выявления малых утечек в наркозном аппарате заключается в присоединении отсасывающей груши к выходному патрубку. Устранение утечек внутри респиратора обычно проводит сервисная служба. Утечку внутри дыхательного контура, если он не соединен с больным, легко выявить следующим образом: закрывается предохранительный клапан, перекрывается просвет Y-образного коннектора и в дыхательный контур через клапан экстренной подачи подается кислород, пока давление в контуре не составит 20-30 см вод. ст. Постепенное снижение давления в контуре означает утечку внутри него.

**Как точно определить место утечки в дыхательном контуре?**

Любое соединение в дыхательном контуре — возможное место утечки. Быстрый осмотр дыхательного контура позволяет обнаружить неплотное соединение дыхательных шлангов или повреждение адаптера кислородного анализатора. К менее очевидным причинам утечки относятся отсоединение тревожной сигнализации от манометра в дыхательном контуре, открытый предохранительный клапан или неправильное присоединение системы улавливания и отвода отработанных газов. Утечку можно определить на слух, а также обработав мыльным раствором подозрительные соединения (при утечке раствор пузырится).

Установленная процедура проверки позволяет своевременно выявить утечки в наркозном аппарате и дыхательном контуре. Например, ступени 5 и 11 рекомендаций Управления по контролю за пищевыми продуктами и лекарственными средствами США позволяют обнаружить наиболее значительные утечки.

**Литература**

1. «Неотложная медицинская помощь», под ред. Дж. Э. Тинтиналли, Рл. Кроума, Э. Руиза, Перевод с английского д-ра мед. наук В.И.Кандрора, д. м. н. М.В.Неверовой, д-ра мед. наук А.В.Сучкова, к. м. н. А.В.Низового, Ю.Л.Амченкова; под ред. Д.м.н. В.Т. Ивашкина, Д.М.Н. П.Г. Брюсова; Москва «Медицина» 2001
2. Интенсивная терапия. Реанимация. Первая помощь: Учебное пособие / Под ред. В.Д. Малышева. — М.: Медицина.— 2000.— 464 с.: ил.— Учеб. лит. Для слушателей системы последипломного образования.— ISBN 5-225-04560-Х