**Министерство образования Российской Федерации**

**Пензенский Государственный Университет**

**Медицинский Институт**

**Кафедра Анестезиологии**

Зав. кафедрой д.м.н., -------------------

Реферат

на тему:

## «Операционная: системы медицинского газоснабжения, микроклимат и электробезопасность»

Выполнила: студентка V курса ----------

----------------

Проверил: к.м.н., доцент -------------

**Пенза**

**2008**

# План

Введение

1. Системы медицинского газоснабжения
2. Источники медицинских газов

* Кислород
* Закись азота
* Воздух
* Азот
* Вакуум

1. Система доставки (разводки) медицинских газов
2. Микроклимат операционной

* Температура
* Влажность
* Вентиляция

1. Электробезопасность

* Риск электротравмы
* Защита от электротравмы
* Хирургическая диатермия

1. Воспламенения и взрывы в операционной

Литература

**Введение**

Анестезиологи, проводящие в операционной больше времени, чем врачи любой другой специальности, защищают больного во время хирургического вмешательства от множества опасностей. Некоторые из этих опасностей встречаются только в операционной. Из этого следует, что из всех медицинских специалистов именно анестезиолог несет наибольшую ответственность за правильное функционирование системы медицинского газоснабжения, микроклимат (например, температуру, влажность, вентиляцию) и электробезопасность в операционной. В данной главе рассматриваются особенности оборудования операционной, представляющие особый профессиональный интерес для анестезиологов, и возможные опасности, связанные с функционированием этого оборудования.

**1. Системы медицинского газоснабжения**

В операционной применяются такие медицинские газы, как кислород, закись азота, воздух и азот. Вакуум также необходим для работы как анестезиолога (для системы отвода отработанных медицинских газов), так и хирурга (для отсоса), поэтому технически вакуум-подводка решена как интегральная часть системы медицинского газоснабжения. Если система снабжения газами, особенно кислородом, нарушена, то больному грозит опасность.

Основными составляющими системы газоснабжения являются источники газов и централизованная разводка (система доставки газов в операционную). Анестезиолог должен понимать устройство всех этих элементов, чтобы предупредить и устранить негерметичность в системе, вовремя заметить истощение запаса газа. Систему газоснабжения проектируют в зависимости от максимальной потребности больницы в медицинских газах.

**2. Источники медицинских газов**

**Кислород**

Надежное снабжение кислородом абсолютно необходимо в любой области хирургии. Медицинский кислород (чистота 99-99,5 %) производится фракционной перегонкой сжиженного воздуха. Кислород хранится в сжатом виде при комнатной температуре или в замороженном жидком состоянии. В небольших больницах целесообразно содержать кислород в хранилище в кислородных баллонах высокого давления (Н-баллоны), подсоединенных к системе распределения. Количество баллонов в хранилище зависит от ожидаемых дневных потребностей. Система распределения содержит редукторы (клапаны), обеспечивающие снижение давления в баллоне с 2000 psig до рабочего уровня в системе разводки — 50 ± 5 psig, а также автоматический включатель новой группы баллонов при опорожнении предыдущей (psig, pound-force per square inch — мера давления, фунт-сила на кв. дюйм, 1 psig ~ 6,8 кПа).

Для крупных больниц экономичнее система хранения сжиженного кислорода. Так как газы могут сжижаться под давлением, только если их температура ниже критической, то сжиженный кислород должен храниться при температуре ниже -119 0C (критическая температура кислорода). Крупные больницы могут иметь резерв (неприкосновенный запас) кислорода в сжиженном или сжатом виде в размере суточной потребности. Чтобы не оказаться беспомощным при повреждении в системе стационарного газоснабжения, анестезиолог всегда должен иметь в операционной аварийный запас кислорода.

Большинство наркозных аппаратов снабжены одним или двумя Е-баллонами кислорода (табл. 1). По мере расхода кислорода давление в баллоне пропорционально снижается. Если стрелка манометра показывает на 1000 psig, это означает, что Е-баллон наполовину израсходован и содержит примерно 330 л кислорода (при нормальном атмосферном давлении и температуре 20 0C). При расходе кислорода 3 л/мин половины баллона должно хватить на 110 мин. Давление кислорода в баллоне нужно проверять перед подключением и периодически во время использования.

**Закись азота**

Закись азота, наиболее распространенный газообразный анестетик, в промышленных масштабах получают нагреванием аммония нитрата (термическое разложение). В больницах этот газ всегда хранится в больших баллонах под высоким давлением (Н-баллоны), подсоединенных к системе распределения. При опорожнении одной группы баллонов автоматическое устройство подключает следующую группу. Хранить большое количество жидкой закиси азота целесообразно лишь в очень крупных медицинских учреждениях.

Так как критическая температура закиси азота (36,5 0C) выше комнатной, она может храниться в жидком состоянии без сложной системы охлаждения. Если жидкая закись азота нагревается выше этой температуры, то она может переходить в газообразное состояние. Поскольку закись азота не является идеальным газом и легко сжимается, то переход в газообразное состояние не вызывает значительного повышения давления в емкости. Тем не менее, все газовые баллоны снабжены аварийными предохранительными клапанами для предотвращения взрыва в условиях внезапного повышения давления (например, непредумышленное переполнение). Предохранительный клапан срабатывает на сбрасывание при значении давления 3300 psig, тогда как стенки Е-баллона выдерживают гораздо большие нагрузки (> 5000 psig).

Хотя перерыв в снабжении закисью азота не катастрофичен, большинство наркозных аппаратов имеет резервный Е-баллон. Так как эти маленькие баллоны содержат некоторое количество жидкой закиси азота, то содержащийся в них объем газа **не** пропорционален давлению в баллоне. К моменту, когда жидкая фракция закиси расходуется и давление в баллоне начинает падать, в баллоне остается примерно 400 л газообразной закиси азота. Если жидкая закись азота хранится при постоянной температуре (20 0C), она будет испаряться пропорционально расходу; при этом до истощения жидкой фракции давление остается постоянным (745 psig).

Существует лишь один надежный способ определить остаточный объем закиси азота — взвешивание баллона. По этой причине масса пустого баллона часто проставляется на его поверхности. Значение давления в баллоне с закисью азота при 20 0C не должно превышать 745 psig. Более высокие показатели означают либо неисправность контрольного манометра, либо переполнение баллона (жидкой фракцией), либо наличие в баллоне еще какого-либо газа кроме закиси азота.

Так как переход из жидкого состояния в газообразное требует энергозатрат (скрытая теплота испарения), то жидкая закись азота охлаждается. Снижение температуры приводит к уменьшению давления насыщенного пара и давления в баллоне. При высоком расходе закиси азота температура снижается настолько значительно, что редуктор баллона замерзает.

**Воздух**

Так как высокие концентрации закиси азота и кислорода потенциально опасны, то применение воздуха в анестезиологии получает все большее распространение. Баллоны для воздуха отвечают медицинским требованиям и содержат смесь кислорода и азота.

**ТАБЛИЦА 1.** Характеристики баллонов медицинских газов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ | Емкость  Е-баллона, л | Емкость  Н-баллона, л | Давление1  (psig при 20 0C) | Цвет  (США) | Цвет  (международный) | Агрегатное  состояние |
| O2 | 625-700 | 6000-8000 | 1800-2200 | Зеленый | Белый | Газ |
| Воздух | 625-700 | 6000-8000 | 1800-2200 | Желтый | Белый и черный | Газ |
| N2O | 1590 | 15900 | 745 | Голубой | Голубой | Жидкость |
| N2 | 625-700 | 6000-8000 | 1800-2200 | Черный | Черный | Газ |

13ависит от фирмы-производителя.

В систему стационарной разводки обезвоженный, но нестерильный воздух нагнетается компрессорами. Ввод компрессора должен находиться на значительном расстоянии от выхода вакуумных магистралей, чтобы свести к минимуму риск загрязнения. Поскольку температура кипения воздуха составляет -140,6 0C, то в баллонах он находится в газообразном состоянии, а давление снижается пропорционально расходу.

**Азот**

Несмотря на то что сжатый азот не используется в анестезиологии, он широко применяется в операционной. Азот хранится в баллонах под высоким давлением, подсоединенных к системе распределения.

**Вакуум**

Вакуумная система в стационаре состоит из двух независимых насосов, мощность которых регулируется по необходимости. Выводы к пользователям защищены от попадания в систему инородных предметов.

**3. Система доставки (разводки) медицинских газов**

Через систему доставки медицинские газы поступают в операционные из центрального места хранения. Газовую разводку монтируют из цельнотянутых медных трубок. Должно быть исключено попадание внутрь трубок пыли, жира или воды. В операционную система доставки выводится в виде потолочных шлангов, газовой колонки или комбинированного шарнирного кронштейна. Выходные отверстия системы разводки соединяются с оборудованием операционной (включая наркозный аппарат) с помощью шлангов, окрашенных в кодированные цвета. Один конец шланга через быстро соединяемый разъем (его конструкция варьируется в зависимости от производителя) вставляют в соответствующее выходное отверстие системы разводки. Другой конец шланга подсоединяют к наркозному аппарату через невзаимозаменяемый штуцер, что предотвращает возможность неправильного соединения шлангов (так называемая **система безопасности с типовым индексом диаметра патрубков).**

Е-баллоны с кислородом, закисью азота и воздухом обычно закреплены непосредственно на наркозном аппарате. Чтобы исключить неправильное присоединение баллонов, производители разработали **типовые безопасные соединения баллона с наркозным аппаратом.** Каждый баллон (размеры A-E) имеет на клапане (редукторе) два гнезда (отверстия), которые сопряжены с соответствующим адаптером (штуцером) на скобе наркозного аппарата. Сопряжение между отверстием и адаптером для каждого газа является уникальным. Система соединения может неумышленно повреждаться при использовании нескольких прокладок между баллоном и скобой аппарата, что препятствует правильному сочленению гнезда и адаптера. Механизм типового безопасного соединения не срабатывает также в случае, если поврежден адаптер или баллон заполнен каким-либо иным газом.

Состояние системы медицинского газоснабжения (источник и распределение газов) нужно постоянно отслеживать с помощью монитора. Световой и звуковой индикаторы сигнализируют об автоматическом переключении на новую группу баллонов и патологически высоком (например, нарушен регулятор давления) или низком (например, истощение запасов газа) давлении в системе.

Несмотря на несколько уровней безопасности, индикаторы тревоги, скрупулезные предписания (в соответствии с указаниями National Fire Protection Association, the Compressed Gas Association и the Department of Transportation), в результате нарушений в системе газоснабжения в операционных все еще случаются аварии с трагическими последствиями. Обязательные инспекции систем медицинского газоснабжения независимыми экспертами и вовлечение анестезиологов в процесс контроля позволяют снизить частоту этих несчастных случаев.

**4. Микроклимат операционной**

**Температура**

Многие анестезиологи и находящиеся в сознании больные считают, что в операционных слишком прохладно. Но, с другой стороны, длительное пребывание в операционном белье под светом операционных ламп требует от хирургов и операционных сестер выносливости. Поэтому комфорт в операционной — это своего рода компромисс между потребностями персонала и больного. Так, маленькие дети и больные с обширными дефектами кожи (например, в результате термического ожога) быстро теряют тепло и обладают весьма ограниченными термокомпенсационными возможностями, поэтому при хирургических вмешательствах у них поддерживать температуру в операционной следует на уровне не менее 24 0C.

**Влажность**

Статический разряд может стать причиной воспламенения в операционной, насыщенной парами ингаляционных анестетиков. Поскольку высокая влажность снижает риск статических разрядов и воспламенения, в операционной рекомендуется поддерживать относительную влажность не ниже 50 %. Казалось бы, что при использовании современных невоспламеняющихся ингаляционных анестетиков соблюдать данные требования необязательно, но это не так, ведь статический разряд, если он все-таки возникнет, может повредить чувствительное электрооборудование или вызвать микрошок.

**Вентиляция**

Высокая скорость воздушного потока в операционной снижает контаминацию микробами хирургического поля. Обычно это достигается смешиванием рециркулирующего воздушного потока со свежим. Хотя рециркуляция снижает энергозатраты на обогрев и кондиционирование воздуха, это не решает проблемы загрязнения операционной отработанными медицинскими газами (в первую очередь, следовыми количествами анестетиков). Таким образом, комплекс вентиляции операционной должен быть снабжен отдельной системой отвода отработанных медицинских газов. Очень высокая скорость потока, обеспечиваемая, например, системой ламинарного воздушного потока, показана при операциях с особенно высоким риском инфекции (например, полное эндопротезирование тазобедренного сустава).

**5. Электробезопасность**

**Риск электротравмы**

Применение медицинского электрооборудования влечет за собой риск электротравмы как для больного, так и для медицинского персонала. Следовательно, анестезиолог должен владеть основными понятиями в области электробезопасности.

Контакт тела человека с двумя токопроводящи-ми предметами (проводниками), между которыми существует разница потенциалов, приводит к замыканию электрической цепи (контура) и, как следствие, к поражению электрическим током. Обычно воздействию тока в НО или 240 В подвергается лишь зона контакта с проводником, а электрический контур замыкается через заземленный контакт. Например, человеку, имеющему непосредственный контакт с заземлением, необходим лишь дополнительный контакт с проводником под током, чтобы контур замкнулся и была получена электротравма. Находящимся под напряжением проводником может служить, например, кожух монитора при повреждении изоляции. Замкнутый электрический контур будет состоять из силовой линии (которая заземлена через силовой трансформатор), тела больного и земли. Физиологические эффекты электротравмы зависят от места прохождения разряда в теле человека, продолжительности воздействия, частоты и амплитуды (точнее — от плотности тока) электрического разряда.

**Ток утечки** (рассеяния) присутствует во всех электроприборах как результат емкостных контактов, индукции или дефектов изоляции. Ток может возникнуть в результате емкостного контакта между двумя проводниками (например, электрическая цепь между прибором и его кожухом) без непосредственного физического контакта. Некоторые мониторы имеют дублированную изоляцию для уменьшения емкостного контакта. Техническое решение в других моделях мониторов состоит в подключении к заземлению с низким импедансом (безопасно заземленный контур), так что при случайном контакте человека с кожухом ток "отводится". Величина тока утечки в норме незначительна и не превышает 1 мА (миллиампер), что существенно ниже порогового значения для фибрил-ляции — 100 мА. Тем не менее, если ток каким-либо образом шунтирует кожу, обладающую высоким электрическим сопротивлением, и проходит непосредственно в области сердца **(микрошок),** то он может вызвать летальный исход даже при силе 100 мкА (микроампер). Значение максимально допустимого тока утечки в электроприборах операционной не должно превышать 10 мкА.

Катетеры при инвазивном мониторинге и электрокардиостимуляторы обеспечивают контакт проводника с эндокардом. Известно, что кровь и электролитные растворы являются проводниками тока. Точные характеристики тока, необходимые для возникновения фибрилляции, зависят от совпадения по времени между воздействием электричества и уязвимым периодом реполяризации сердца (зубец T на электрокардиограмме). Даже небольшой разницы потенциалов между двумя заземленными электророзетками в операционной достаточно для возникновения микроэлектротравмы.

**Защита от электротравмы**

В подавляющем большинстве случаев причиной электротравм является замыкание контура "земля-тело-земля". Подобной ситуации можно избежать, если все приборы в операционной будут заземлены, а больной — нет. В то время как можно избежать прямого, непосредственного заземления больного, его полная электроизоляция в ходе операции неосуществима. Вместо этого через специальный **изолирующий трансформатор** изолируют от заземления силовое обеспечение операционной.

В отличие от силового трансформатора вторичная обмотка изолирующего трансформатора не имеет заземления и обеспечивает напряжение в двух незаземленных силовых контурах для подключения электрооборудования операционной. Кожухи приборов — но не электрические контуры внутри них — заземляются через длинный штекер трехфазной штепсельной вилки (так называемое безопасное заземление). Случайный контакт находящегося под напряжением проводника с заземленным больным не приводит к замыканию контура через тело. Это обусловлено тем, что при использовании изолирующего трансформатора контур не может замыкаться через вторичную обмотку.

Конечно же, если произойдет контакт между обеими силовыми линиями, то контур замкнется и электротравма станет возможной. Более того, если одна из двух линий при повреждении будет иметь контакт с землей, контакт заземленного больного с другой линией приведет к замыканию цепи через его тело. Чтобы снизить риск такого сочетанного повреждения электрооборудования, применяют **монитор изоляции электролинии,** который измеряет силу тока между изолированным источником тока и заземлением. По существу, монитор изоляции электролинии сигнализирует о степени изоляции между двумя силовыми линиями и заземлением и предсказывает силу тока, который может возникнуть при коротком замыкании. Тревога срабатывает, если сила тока возрастает выше пороговой (обычно 2 или 5 мА), но линия не прерывается до тех пор, пока не сработает **прерыватель контура, сопряженный с утечкой тока через заземление.** Последний обычно помещается за пределами операционной, поскольку прерывание работы систем жизнеобеспечения гораздо опаснее риска электротравмы. Тревога на мониторе изоляции электролинии означает, что происходит частичная утечка напряжения через заземление. Другими словами, монитор изоляции линии сигнализирует о существовании одного повреждения (между силовой линией и землей), в то время как для электротравмы необходимо два повреждения. Если сработала тревога, последний по времени аппарат, включенный в сеть, нужно выключить и пользоваться им только после проверки и ремонта.

Даже изоляция силового контура не обеспечивает полной защиты от слабых токов, способных вызвать микрошок и фибрилляцию желудочков. Более того, монитор изоляции электролинии не в состоянии сигнализировать о всех возможных повреждениях, например о повреждении безопасного провода заземления внутри какого-либо аппарата. Требования по изоляции силовых систем в операционных, несмотря на их несомненную пользу, были исключены из Национального электрического кодекса (National Electrical Code) в 1984 г., и при оборудовании новых или реконструкции старых операционных этим правилам безопасности следовать не обязательно.

В современной аппаратуре используются технические решения, которые снижают риск микрошока. К ним относят двойную изоляцию кожухов и рам, незаземленные батарейные источники питания, изоляцию больного от заземленной аппаратуры с помощью трансформаторов или оптических контактов.

**Хирургическая диатермия**

Электрохирургические инструменты работают от сверхвысокочастотного генератора, ток проходит через маленький активный электрод **(каутер),** больного и широкий плоский электрод **(заземляющая прокладка, возвратный электрод).** Прикосновение каутера к тканям вызывает, в зависимости от формы импульса, коагуляцию или, наоборот, рассечение тканей. Фибрилляции желудочков не возникает, потому что в электрохирургических приборах используют ток сверхвысокой частоты — 0,1-3 млн Гц, в то время как частота тока в электросети составляет, например, 50-60 Гц. Большая поверхность соприкосновения низкоимпедансного возвратного электрода с тканями позволяет избежать ожогов в области контакта вследствие низкой плотности тока (понятие "выход тока" технически некорректно, так как ток скорее переменный, чем постоянный, поэтому правильнее использовать термин "область контакта"). Высокая мощность хирургического каутера (до 400 Вт) может приводить к индукции зарядов на кабелях мониторов, что вызывает электрическую интерференцию.

Нарушение функции возвратного электрода может быть вызвано его отсоединением от прибора, плохим контактом с телом или недостаточным количеством геля. В подобных ситуациях ток будет искать другие места выхода (например, прокладки электрокардиографа, металлические части операционного стола), что может привести к электроожогу. Профилактика диатермических ожогов заключается в правильном наложении возвратного электрода (вне костных выступов) и избежании заземления больного. Если ток проходит через область сердца, то могут возникнуть перебои в работе электрокардиостимулятора. Чтобы не допустить подобного осложнения, возвратный электрод располагают как можно ближе к операционному полю и как можно дальше от сердца.

Современные электрохирургические приборы не имеют изоляции, такой как у силового обеспечения операционной. Поскольку этот уровень защиты распространяется не только на сами приборы, но и на их собственные изолированные силовые линии, нарушения в сети могут и не отражаться на мониторе изоляции электролинии. Хотя в некоторых электрохирургических приборах путем измерения импеданса удается выявить недостаточную степень контакта между возвратным электродом и телом, в большинстве старых моделей сигнал тревоги срабатывает только при отсоединении электрода от аппарата. При использовании биполярных электродов ток распространяется только на несколько миллиметров, что делает ненужным использование возвратного электрода. Электрохирургические приборы могут нарушать функционирование электрокардиостимулятора и регистрацию ЭКГ. Следовательно, во время работы хирургической электроаппаратуры необходимо тщательно наблюдать за пульсом и регулярно проводить аускультацию сердца.

**6. Воспламенения и взрывы в операционной**

Существуют три необходимых условия для воспламенения и взрыва: наличие воспламеняющего агента (топливо), поддерживающего горение газа и источника воспламенения. В США уже давно не применяют огнеопасные ингаляционные анестетики (диэти-ловый эфир, дивиниловый эфир, этилхлорид, этилен и циклопропан). Тем не менее, риск воспламенения и взрывов сохраняется. Так, весьма огнеопасен кишечный газ, в состав которого входят метан, водород и сероводород. Из оборудования операционной источником возгорания могут быть эндотрахеальные трубки, кислородные катетеры, операционное белье, бензоиновый аэрозоль, спиртсодержащие антисептические растворы и даже мази на вазелиновой основе. Если эти предметы загорелись, их необходимо немедленно удалить от больного и затушить. Поскольку операционное белье изготовлено из влагоотталкивающих материалов, его при воспламенении затушить особенно трудно.

Как кислород, так и закись азота способны активно поддерживать горение; если воспламеняющееся вещество может вспыхнуть в воздухе, то его горение будет поддерживаться и закисно-кислородной смесью. Особенно опасно скопление этих веществ под операционным бельем при операциях на голове и шее. При использовании пульсоксиметра нет никакой необходимости во всех случаях инсуффлировать кислород под операционное белье.

Раньше самой опасной причиной воспламенения было статическое электричество. Во многих больницах существовали инструкции, следование которым позволяло снизить риск воспламенения и взрыва в операционной: запрет на материалы, способствующие возникновению статического электричества (например, одежда из нейлона или шерсти); использование дыхательных контуров и полов из токопроводящих материалов; поддержание в операционных относительной влажности на уровне не менее 50 %. Сейчас большинством этих устаревших требований пренебрегают. Кроме того, полы из токопроводящих материалов повышают риск электротравмы. В настоящее время источником воспламенения чаще всего является электрическое оборудование, такое как электрохирургические приборы или лазеры. Вблизи от вздутого кишечника опасно использовать электрохирургический прибор, рядом с эндотрахеальной трубкой — лазер. Эндотрахеальную трубку можно частично защитить от лазера, обернув фольгой или заполнив манжетку физиологическим раствором. Применяются и лазероустойчивые трубки специального назначения. Последствия возгораний в операционной, как правило, трагичны.

**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