

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

КАФЕДРА АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ

НИЗКОПОТОКОВАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Минск, БелМАПО
2023

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

КАФЕДРА АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ

НИЗКОПОТОКОВАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

Минск, БелМАПО
2023

УДК 616-089.5-032:611.2(075.9)

ББК 53.761я78

Н 61

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС Государственного учреждения образования
«Белорусская медицинская академия последипломного образования»
протокол № 5 от 02.06.2023

Авторы:

Канус И.И., профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д.м.н., профессор

Грачёв С.Ю., врач-анестезиолог-реаниматолог, к.м.н., доцент

Богомолов А.Н., заведующий отделением анестезиологии и реанимации с палатами для беременных, рожениц и гинекологических больных ГУ «Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», к.м.н., доцент

Римашевский В.В., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, д.м.н., доцент

Рецензенты:

Дзядзько А.М., заведующий отделом анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии», д.м.н., профессор, Заслуженный врач Республики Беларусь

Кафедра анестезиологии и реаниматологии УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Н 61 **Низкопоточковая** анестезия: учеб-метод. пособие / И.И. Канус, [и др.]. – Минск: БелМАПО, 2023. – 26 с.
ISBN 978-985-584-904-0

В издании для врачей освещены вопросы, касающиеся основ использования низкопоточковой ингаляционной анестезии. Изложены преимущества, технические аспекты, основные теоретические положения и клиническое применение низкопоточковой анестезии.

Учебно-методическое пособие предназначено для слушателей, осваивающих образовательные программы переподготовки по специальности «Анестезиология и реаниматология», повышения квалификации врачей-анестезиологов-реаниматологов.

УДК 616-089.5-032:611.2(075.9)
ББК 53.761я78

ISBN 978-985-584-904-0

© Канус И.И., [и др.], 2023
© Оформление БелМАПО, 2023

ВВЕДЕНИЕ

В последние 30 лет возрос интерес анестезиологов к применению в клинической практике низкопоточковых методик проведения ингаляционной анестезии. Это связано как со стремлением улучшить качество анестезиологической помощи, так и с возможностью снизить стоимость анестезий и уменьшить уровень загрязнения окружающей среды.

Реверсивные системы впервые были применены O.Snow более 100 лет назад, который использовал рециркуляционный контур при ингаляционной анестезии эфиром и хлороформом.

Закрытая однофазная (т.н. маятниковая) система с использованием натронной извести для абсорбции CO_2 впервые применена R.M.Waters и описана в 1924 г. Первая реверсивная (двухфазная) система была введена V.Sword в 1930 г.

Подобная закрытая циркуляционная система была идеальной при применении циклопропана, популярного в 1930-х годах, т.к. он обладал рядом неблагоприятных свойств (взрывоопасность, воспламеняемость, дороговизна), которые ограничивали его применение по полуоткрытому контуру.

В 1950-х годах появился галотан. Когда мониторинг концентраций анестетика было еще невозможным, данный невоспламеняемый, но мощный препарат мог быть использован только по методике с высоким потоком газов. Низкопоточковая циркуляционная система стала непопулярной.

В настоящее время, когда стало возможным мониторинг концентрации ингаляционных анестетиков, интерес к низкопоточковым циркуляционным системам вновь вырос как к методу, обеспечивающему безопасную эффективную анестезию и одновременно значительно снижающему ее стоимость

В данном практическом пособии мы изложили преимущества, технические аспекты, основные теоретические положения и клиническое применение низкопоточковой анестезии (НПА).

Глава 1. ЦИРКУЛЯТОРНЫЙ АНЕСТЕТИЧЕСКИЙ КОНТУР: ЕГО КОМПОНЕНТЫ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Циркуляционной называется такая система, в которой происходит циркуляция анестетических компонентов и газов. Отработанные газы или их избыток выводятся при помощи специального клапана. Оставшийся выдыхаемый газ очищается путем удаления CO_2 в абсорбере и затем возвращается в инспираторную часть анестетического контура, где смешивается со свежим газом и повторно вдыхается.

Основными компонентами циркуляционной системы являются:

- общий вход для свежего газа;
- инспираторная и экспираторная часть контура, каждая с однонаправленно действующим клапаном;
- система для спонтанной или ручной вентиляции, включающая дыхательный мешок;
- система для механической вентиляции, включающая дыхательный мех;
- система для абсорбции CO_2 ;
- регулируемый по давлению клапан для спонтанной или ручной вентиляции;
- регулируемый по давлению клапан для механической вентиляции;
- устройство для удаления отработанных газов.

Мониторирование дыхательных газов является важной чертой современных систем для анестезии. Проводится путем внедрения датчиков непосредственно в дыхательный контур. Современные мониторы гарантируют подачу пациенту точно заданной концентрации газов и анестетиков, так же как и постоянную информацию о содержании CO_2 на вдохе и выдохе. Такое мониторирование особенно важно, когда используется низкий поток свежего газа.

Современные мониторные системы должны включать в себя:

- кислородный сенсор в системе вдоха, который мониторирует доставку O_2 пациенту;
- анализаторы концентрации ингаляционных анестетиков, газов и CO_2 , которые забирают образцы для исследования через специально смонтированные катетеры и определяют концентрацию вышеуказанных веществ на вдохе и выдохе.

Применение анализаторов, определяющих концентрацию ингаляционных анестетиков, коренным образом изменило ситуацию при проведении НПА. Определение реальных уровней концентрации анестетиков во вдыхаемой и выдыхаемой смеси стало неотъемлемой частью дыхательного мониторинга. Это помогает переключить внимание анестезиолога с цифр, выставленных на ротаметре и испарителе, на реальную концентрацию во вдыхаемой и потребляемой пациентом смеси.

Принципы функционирования рециркуляционной системы. Во время выдоха клапан системы вдоха закрыт, и вдыхаемая смесь по шлангу выдоха попадает в резервуар или мех, вызывая его наполнение. Свежий газ продолжает проникать в дыхательный контур и вызывает смешивание газов в абсорбере, а также в резервуаре или мехе. Как только резервуар или мех заполняются, избыток газа выпускается из контура через регулируемый по

давлению клапан в систему выброса отработанных газов.

Во время вдоха клапан на шланге выдоха закрыт. Смесь газов проходит из резервуара или меха через абсорбер. К данной смеси присоединяется поток свежего газа и через шланг вдоха вновь образованная смесь попадает к пациенту.

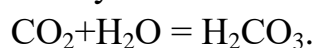
Система абсорбции CO_2 является одним из основных элементов циркуляционного дыхательного контура. Она обеспечивает очистку выдыхаемого газа от CO_2 для его повторного вдыхания.

В настоящее время в циркуляционных системах для абсорбции CO_2 используется натронная известь (в основном) или гидроксид кальция. Раньше в качестве адсорбента часто использовался гидроксид бария. Однако при взаимодействии севофлурана с высохшим гидроксидом бария в ряде случаев были описаны случаи воспламенения газовой смеси в дыхательном контуре, а при взаимодействии с десфлураном – образование угарного газа, что привело к отказу от использования этого типа адсорбентов.

Гранулы адсорбента состоят из смеси гидроксида кальция с небольшим количеством гидроксида натрия (4% влажного веса) и гидроксидом калия (1%), которые являются активаторами реакции. Наличие влаги является необходимым, поскольку реакция происходит между ионами, которые функционируют только в присутствии воды. Поэтому в гранулах обязательно содержится и вода, которая обычно составляет от 14 до 19% влажного веса. Для придания гранулам определенного веса добавляется также небольшое количество кварца, что предотвращает или минимизирует образование щелочной пыли. Также добавляется один из кислотных индикаторов (например, этил-виолет) которые при истощении поглотительной способности натронной извести и сдвига рН в кислотную сторону изменяют свой цвет.

Во время процесса нейтрализации CO_2 происходят следующие химические реакции:

1. Чтобы начать химическую реакцию, двуокись углерода (CO_2) должна сначала раствориться в воде на поверхности гранулы и образовать углекислоту:



2. В выше приведенной реакции скорость, с которой CO_2 растворяется в воде, прямо пропорциональна скорости удаления H_2CO_3 из раствора путем реакции с гидроксильными ионами. Как показано ниже, скорость, с которой нейтрализуется H_2CO_3 , прямо зависит от наличия этих гидроксильных ионов:

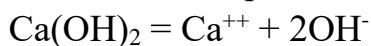


В этой реакции гидроксиды натрия и калия соединяются с углекислотой с образованием карбонатов этих металлов, с одновременным образованием воды и тепла. Эта реакция протекает очень быстро и количество ионов OH^-

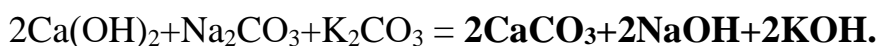
быстро истощается.

Следующие две реакции направлены на выработку дополнительных гидроксильных ионов для поддержания процесса абсорбции CO_2 и являются типичными химическими реакциями, зависящими от времени.

3. Гидроксид кальция растворяется в воде с образованием дополнительных гидроксильных ионов:



4. Наконец, карбонаты натрия и калия реагируют с гидроксидом кальция с образованием карбоната кальция и восстановлением гидроксидов натрия и калия:



Эта реакция протекает медленно и также сопровождается выделением тепла. Дополнительные гидроксильные ионы обеспечиваются при регенерации NaOH и KOH . Поэтому именно соотношение NaOH и KOH определяет скорость протекания реакций во всей системе.

Тепло и вода, образуемые при вышеописанных реакциях, присоединяются к теплу и влаге, накапливаемых в циркуляционной системе при рециркуляции газов.

Глава II. ПОНЯТИЕ О НИЗКОПОТОКОВОЙ И МИНИМАЛЬНОПОТОКОВОЙ (МПА) АНЕСТЕЗИИ. МЕТОДИКИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

НПА обеспечивается с помощью потока свежего газа (ПСГ), величина которого значительно меньше, чем минутный объем дыхания. Когда устанавливается такой низкий поток свежей газовой смеси, анестетические газы должны поступать к пациенту по закрытому или полузакрытому контуру. Объем повторно вдыхаемого газа увеличивается по мере снижения величины потока свежей газовой смеси, при этом соответственно снижается объем газа, удаляемого в атмосферу. При использовании закрытого контура ПСГ покрывает только объем, потребляемый пациентом, выброс вдыхаемого газа в атмосферу полностью отсутствует.

Анестезия, основанная на принципе малых потоков свежей газовой смеси, разделяется методически на три основных вида:

1. Низкопоточковая анестезия – когда поток свежей газовой смеси снижается до 1–2 л/мин (Foldes, 1954).

2. Минимальнопоточковая анестезия (МПА) – со снижением ПСГ до 0,5–1,0 л/мин (Virtue, 1974).

3. Анестезия по закрытому контуру (метаболический поток кислорода)

При проведении НПА ряд факторов может влиять на состав вдыхаемого

и выдыхаемого газов:

- поток свежего газа;
- доля каждого газа в этом потоке;
- концентрация ингаляционного анестетика, установленная на испарителе;
- поглощение и распределение газов и анестетиков в организме пациента;
- временная константа системы, которая зависит от объема контура.

Кислород постоянно потребляется из дыхательного контура пациентом в количестве, соответствующем уровню его основного обмена. Во время анестезии потребление O_2 может считаться величиной относительно постоянной. Эта величина может быть рассчитана по упрощенной формуле Brody:

$$VO_2 = 10 \times m \text{ (kg)}^{3/4} \text{ мл/мин}$$

или по формуле Orkin – 3,5 – 4 мл/кг/мин (200 – 300 мл/мин).

Потребление закиси азота, которая не метаболизируется, определяется в основном разницей альвеолярно-капиллярного парциальных давлений N_2O . Эта величина высока в начале анестезии, но с течением времени значительно уменьшается по мере насыщения тканей газом. Потребление закиси азота может быть приблизительно рассчитано для взрослого пациента среднего веса, используя экспоненциальное уравнение Severinghaus:

$$VN_2O = 1000xt^{-1/2} \text{ мл/мин,}$$

где t – время от начала ингаляции N_2O в минутах.

Так поглощение N_2O к концу первой минуты в среднем составляет 2000 мл. Поэтому поток N_2O должен быть не менее 2000 мл в течение первой минуты анестезии, иначе это приведет к дефициту объема газа в контуре.

Именно поэтому, на начальных этапах ингаляционной анестезии длительность применения высоких потоков должна минимум от 10 мин при НПА, до 15 мин при МПА.

Если состав газов в дыхательном контуре остается постоянным, потребление ингаляционного анестетика снижается линейно во время анестезии в соответствии с экспоненциальной функцией. Эта линейная зависимость пропорциональна желаемой концентрации анестетика, его растворимости и сердечному выбросу. В рециркуляционных системах, когда ПСГ меньше минутной вентиляции пациента, то очень небольшая часть дыхательной смеси удаляется из контура. В данном случае ПСГ будет определять степень рециркуляции и, в конечном итоге, состав смеси, вдыхаемой пациентом. Чем ниже ПСГ, тем выше степень рециркуляции и больше степень разведения свежего газового потока рециркулирующим

выдыхаемым газом. Поэтому в реверсивных системах концентрация газов во вдыхаемой смеси может существенно отличаться от той, которая установлена анестезиологом на ротаметрах и испарителе. Рециркулирующие газы могут рассматриваться как своего рода растворители, снижающие концентрацию анестетика по сравнению с таковой в ПСГ. Степень этого растворения увеличивается при снижении ПСГ (табл. 1).

Таблица 1

Процент рециркулирующего газа (ПРГ) при различном ПСГ

ПСГ л/мин	МОВ л/мин	МОВ – ПСГ л/мин	ПРГ %
5	5	0	0
3	5	2	40
2	5	3	60
1	5	4	80

Степень снижения концентрации анестетиков в реверсивной системе определяется также их поглощением и потреблением организмом пациента. Поскольку пациент поглощает ингаляционный анестетик, выдыхаемая или альвеолярная концентрация его и, соответственно, концентрация в рециркулирующей смеси, будет ниже, чем установленная на испарителе и вдыхаемая. Независимо от применяемого анестетика, в начале анестезии поглощение всегда высоко. Поэтому разница между концентрацией ингаляционного анестетика во вдыхаемой и выдыхаемой смеси первоначально большая. Эта фаза высокого поглощения обычно компенсируется подачей высоких концентраций анестетика, т.н. техника “вытеснения”. Через 10 мин поглощение снижается, поскольку парциальное давление в альвеолах, крови и хорошо васкуляризированных тканях (включая мозг) выравнивается.

В этот период также выравниваются и концентрации анестетика, но вдыхаемой и выдыхаемой смеси.

Быстрота нарастания альвеолярной концентрации анестетика зависит также от его растворимости в газах и крови. Чем меньше растворимость анестетика, тем быстрее достигается его альвеолярная концентрация, близкая ко вдыхаемой. Чем более растворим анестетик, тем медленнее будет нарастать его альвеолярная концентрация из-за большего его поглощения кровью.

Потребление кислорода во время анестезии является фактически постоянным. Однако поскольку N_2O имеет очень низкую растворимость в крови и газах, она абсорбируется пациентом вначале очень значительно, но затем поглощение закиси азота быстро падает. Вследствие этого потребление O_2 начинает превышать поглощение N_2O . В связи со снижением поглощения N_2O пациентом, все меньше и меньше N_2O уходит из контура. Поэтому

концентрация N_2O в контуре постепенно растет с одновременным падением концентрации O_2 , которая снижается в течение первого часа анестезии до достижения определенного уровня равновесия. Этот процесс известен как феномен снижения концентрации кислорода.

Уровень поглощения N_2O никогда не достигает нуля, поскольку всегда имеются потери через открытую хирургическую рану и утечки через шланги дыхательного контура. Однако поглощение N_2O через 40 мин от начала анестезии можно считать незначительным. Начиная с этого момента, поступление N_2O в дыхательный контур необходимо в основном для того, чтобы предотвратить обратное выделение N_2O из тканей организма больного в дыхательный контур.

При снижении общего потока свежей газовой смеси увеличивается количество газа, повторно вдыхаемого пациентом и содержащего меньшее количество кислорода. Следовательно, концентрация O_2 в подаваемой свежей дыхательной смеси должна быть увеличена. Традиционное соотношение O_2 и N_2O как 1:2 не должно использоваться при снижении общего потока, иначе концентрация кислорода во вдыхаемой смеси (FiO_2) вскоре упадет ниже 30%. При НПА концентрация O_2 в ПСГ увеличивается до 40 – 50%, во время МПА – до 50 – 60%. Концентрация кислорода на вдохе должна постоянно мониторироваться, не допуская снижения FiO_2 : менее 30%. Как только достигается минимально возможный уровень FiO_2 (29– 30%), поток кислорода увеличивается на 100 мл/мин при НПА и на 50 мл/мин во время МПА, поток закиси азота должен быть снижен на те же величины (табл. 2).

НПА и МПА можно проводить без закиси азота, однако существует ряд преимуществ использования N_2O . К ним относят: снижение потребности в опиоидах и жидких ингаляционных анестетиках, быстрое начало и пробуждение, меньшие гемодинамические эффекты жидких анестетиков на сердечно-сосудистую систему.

Таблица 2

Концентрация кислорода и закиси азота в ПСГ. Различия между концентрацией кислорода в ПСГ и FiO_2 в процессе НПА

Время от начала анестезии	ПСГ, л/мин	Концентрация O_2 , в ПСГ, %	FiO_2 , %
0 – 10	3	33	32
10 – 60	1	50	40 – 45
Более 60	1	50	35 – 40

Следует помнить о противопоказаниях к применению N_2O . К ним относят: наличие воздуха в тканях или полых пространствах, большое

количество газа в кишечнике, кишечная непроходимость, дефицит витамина В₁₂, иммунодефицит, депрессия костного мозга, тяжелое истощение, тяжелая сердечная недостаточность, ранние сроки беременности, ЭКО. В тоже время, закись азота остается самым токсичным анестетиком для медперсонала операционной.

При проведении НПА без N₂O можно выделить ряд преимуществ:

- нет необходимости в длительной фазе высокого потока
- меньше риск развития дефицита объема газа в контуре
- меньше контаминация воздуха операционной
- стабильное давление во всех воздухоносодержащих полостях

Методика проведения. Премедикация выполняется в обычном режиме. Введение в наркоз проводится ингаляционными анестетиками либо внутривенным введением анестетических препаратов, что выбирается анестезиологом в каждом конкретном случае. После интубации трахеи пациент подключается к дыхательному контуру.

Во время начальной фазы, продолжающейся 10 – 15 мин, устанавливается относительно высокий поток свежей газовой смеси на наркозном аппарате – 4 – 5 л/мин (например, 1,4 л/мин и 3 л/мин N₂O). Регулятор испарителя устанавливается индивидуально в зависимости от хирургических потребностей и анестетика: 1.0 – 1,5 об.% при использовании изофлурана, 2.0-2.5 об.% – севофлурана. С течением времени испаритель регулируется таким образом, чтобы концентрация анестетика на выдохе соответствовала приблизительно 0,8 МАК соответствующего анестетического агента, хотя могут быть отклонения в каждом конкретном случае, зависящие от веса тела. В течение начальной фазы должна быть завершена денитрогенизация, дыхательный контур наполнен газовой смесью желаемого состава и достигнут уровень адекватной анестезии. Кроме того, временная установка относительно большого объема избыточного газа гарантирует, что дыхательный контур адекватно заполнен газовой смесью. Если поток снижать слишком быстро, может развиваться объемный дисбаланс, когда объем подаваемой свежей газовой смеси будет меньше, чем потери газа (через индивидуальное потребление или утечки и контуре). В таком случае наступает нехватка газа в дыхательном анестетическом контуре. Когда проводится НПА, начальная фаза до снижения потока должна продолжаться около 10 мин. При МПА эта фаза длится около 15 мин. но у атлетически сложенных пациентов с высоким общим потреблением газа она может длиться и более 20 мин.

Начальная фаза может быть укорочена только следующим образом:

- усилив денитрогенизацию при помощи очень высокого потока свежей дыхательной смеси (4 – 6 л/мин);

- выбрав наиболее подходящий ингаляционным анестетик с высокой мощностью и малой растворимостью в крови (изофлуран);
- изменив подход к желаемой глубине анестезии путем увеличения концентрации летучего анестетика в свежей дыхательной смеси (например, изофлуран – 3 – 4 об.%);
- снижая поток поступления свежего газа ступенчато (например, снизить поток до 2-х л/мин через 5 минут, до 1 л/мин через 10 минут, и до 0,5 л/мин через 15 минут).

Поддержание анестезии. Приблизительно через 10 минут после начала анестезии поток свежего газа обычно снижают, до 1 л/мин, сохраняя соотношение N₂O в смеси 50:50. В этот период начинает устанавливаться равновесие между парциальным давлением в альвеолах, крови и мозге. Поглощение анестетика начинает снижаться, и концентрация анестетика в ПСГ (выставленная на испарителе) приближается к его количеству, поглощаемому пациентом.

Снижение ПСГ до 1 л/мин совпадает с завершением фазы “вытеснения”. Это означает, что в этот период не требуется изменений в положении регулятора испарителя, т.к. концентрация анестетика во вдыхаемой смеси будет снижаться при снижении ПСГ. Например, при снижении ПСГ до 1 л/мин во время анестезии энфлураном, вдыхаемая концентрация анестетика составляет 50-70% от выставленной на испарителе. Эта взаимосвязь может варьировать от веса пациента, степени поглощения анестетика данным пациентом и растворимости анестетика в крови и газах. Таким образом, концентрация анестетика в дыхательном контуре может быть предсказуема с достаточной степенью точности как при высоких, так и низких потоках. Преимущества НПА максимальны при потоке 1 л/мин, т.к. при этом сохраняется возможность легко изменять концентрацию анестетика в контуре

Однако конкретные значения концентрации ингаляционного анестетика не столь важны, как клинические данные. Во время любой ингаляционной анестезии концентрация вдыхаемого анестетика регулируется до достижения необходимой глубины анестезии в зависимости от потребностей каждого пациента и вида оперативного вмешательства

Изменения глубины анестезии. Во время поддержания НПА может возникнуть необходимость изменения ее глубины. Безусловно, желаемого эффекта можно быстро достигнуть путем внутривенного введения анальгетических и седативных препаратов. Однако существуют специфические методы изменения глубины анестезии, характерные для НПА:

- изменение концентрации ингаляционного анестетика путем регулировки испарителя;

- изменение ПСГ;
- одновременное изменение двух вышеуказанных **параметров**.

Изменения концентрации анестетиков во вдыхаемой смеси происходят не сразу, а с определенной задержкой во времени, определяемой как временная константа системы. Временная константа системы отражает время, необходимое для достижения изменений в составе вдыхаемой смеси на 63% после соответствующих изменений состава свежего газа на ротаметрах или испарителе. Временная константа системы (ВКС или T) определяется по формуле Conway как объем дыхательной системы (вентилятор плюс объем легких – V_s), деленный на разницу между потоком свежего газа V_f и потоком (объемом) газа V_u , потребляемым пациентом:

$$T = V_s (V_f - V_u).$$

Чем больше объем контура, тем большее время потребуется для изменения концентрации ингредиентов вдыхаемой смеси. При очень высоких потоках свежего газа изменения происходят быстрее. При низких потоках изменения потребуют большего времени. Высокий уровень поглощения анестетика пациентом приводит к более медленному изменению концентрации составных частей вдыхаемой смеси после изменения показателей ротаметров и испарителя, а значит - увеличению временной константы.

При потоке 1 л/мин изменение концентрации на испарителе вызывает незначительное изменение во вдыхаемой концентрации из-за большого эффекта разведения рециркулирующими газами. Увеличение или уменьшение показателей концентрации на испарителе вызывает медленный подъем или снижение концентрации во вдыхаемой смеси в течение нескольких минут до достижения нового уровня равновесия. После стабилизации возникает приблизительно та же процентная разница в новых показателях испарителя и новой концентрации во вдыхаемой смеси, что и была ранее. Этот метод позволяет постепенно изменить глубину анестезии.

Если возникает необходимость быстрого изменения концентрации анестетика во вдыхаемой смеси, это может быть достигнуто путем изменения ПСГ без изменения показателей Испарителя. Если ПСГ резко возрастает до высокого уровня - например, до 6 л/мин, система начинает функционировать как нерезициркуляционная. Свежий газ уже не разводится выдыхаемой смесью, и вдыхаемая концентрация анестетика быстро растет, приближаясь к установленной на испарителе.

Во время наиболее травматических этапов хирургического вмешательства возникает необходимость в еще более быстром увеличении концентрации анестетика во вдыхаемой смеси. В этой ситуации применяется методика одновременного увеличения потока и концентрации анестетика,

выставленной на испарителе, но на непродолжительное время (3 – 5 мин).

При необходимости постепенного уменьшения глубины анестезии во время НПА достаточно снизить концентрацию ингаляционного анестетика на испарителе до желаемой величины. Быстрое уменьшение глубины анестезии достигается путем быстрого увеличения ПСГ с более низкой номинальной концентрацией анестетика на испарителе.

Выведение из анестезии. Подача ингаляционного анестетика может быть прекращена значительно раньше времени окончания операции. Время, требуемое для вымывания ингаляционного анестетика из дыхательного контура, увеличивается соответственно степени снижения потока и общей длительности анестезии. Во время НПА испаритель выключается за 10 – 15 минут до окончания операции, или за 15 – 20 минут при длительной анестезии. Затем постепенно переходят на спонтанное дыхание через ручную вспомогательную вентиляцию, сохраняя низкий поток свежего газа. Не открывая дыхательного контура, за 5 – 10 минут до предполагаемой экстубации прекращается поступление закиси азота, увеличивается поток воздушно-кислородной смеси до 5 – 6 л/мин для удаления из контура всех анестетических газов.

Особенности вентиляции легких при НПА. Выраженность изменений вентиляции легких может зависеть, прежде всего от вида наркозных аппаратов, применяемых для проведения НПА.

1. Наркозные аппараты без инспираторного разделения потоков свежего газа, оборудованные анестетическим вентилятором и мехом, раздувающимся во время выдоха пациента. Дыхательный объем, подаваемый пациенту с каждым механическим вдохом, производится за счет установленного на аппарате объема меха, расширяющегося во время выдоха, плюс дополнительного объема свежего газа, подаваемого в дыхательный контур во время вдоха. Любое снижение объема свежего газа, следовательно, приведет к снижению минутного объема вентиляции. В связи с этим во время НПА реальный минутный объем, доставляемый пациенту, будет ниже, чем установленный на вентиляторе, прежде всего за счет уменьшения реального дыхательного объема. Это снижение будет пропорционально степени снижения ПСГ, что требует постоянного контроля за реальным дыхательным объемом (на выдохе) с целью своевременной его коррекции. В случае нехватки объема газа в дыхательном контуре, например, когда поток свежего газа ниже, чем объем газа, поглощаемый пациентом, либо вследствие утечки, вентиляционные характеристики меняются со снижением пикового давления в дыхательных путях и минутного объема.

2. Наркозные аппараты с отдельной подачей свежего газа в дыхательный контур и анестетический резервуар. При использовании этих

аппаратов любое изменение ПСГ сразу не влияет на минутный объем вентиляции, т.к. во время вдоха к пациенту подается заданный объем дыхательной смеси только из меха вентилятора. При этом свежий газ накапливается в анестетическом резервуаре (мешке для ручной вентиляции (decoupling system)). Только в начале следующего выдоха этот резервуар открывается в дыхательный контур. Пока резервуар наполнен, дисбаланс в вентиляции не наблюдается. Снижение минутного объема может произойти только при опустошенном резервуаре (вследствие выраженного уменьшения ПСГ или утечки газа из контура), при этом появляется соответствующая информация на экране дыхательного монитора современных наркозных аппаратов.

В конечном итоге, во всех наркозных аппаратах слишком низкий ПСГ приведет к снижению минутного объема вентиляции, пикового и платового давлений в дыхательных путях. Если уровень тревоги дисконнекции (низкого давления в контуре) установлен близко к пиковому давлению (3 – 5 см H₂O ниже, чем пиковое давление), то тревога при недостаточном ПСГ включается на ранней стадии. В аппаратах с восходящим пневмоприводом одним из ранних признаков недостаточного ПСГ является то, что мех не достигает верхней точки купола анестетического вентилятора.

Особенности мониторинга при проведении НПА. Необходимость мониторинга определяется рядом особенностей НПА, которые особенно важны с точки зрения безопасности пациента:

- если объем подаваемой газовой смеси меньше, чем поглощается пациентом либо теряется вследствие утечки, результатом является изменение параметров вентиляции, со снижением пикового и платового давлений в дыхательных путях, а также минутного объема вентиляции;

- различие между концентрацией кислорода в ПСГ и дыхательном контуре увеличивается со степенью снижения величины потока. В отличие от анестезии с высоким ПСГ, концентрация O₂ во время НПА продолжает изменяться, на что в значительной степени влияет индивидуальное потребление кислорода;

- различие между концентрацией анестетического агента в ПСГ и дыхательном контуре увеличивается со степенью снижения потока. При достаточно низком ПСГ (<1,5 л/мин) требуются более высокие значения концентрации летучего анестетика, устанавливаемые на испарителе, чем при анестезии с высоким ПСГ. Если величину концентрации на испарителе не уменьшить при повышении потока свежей смеси, возникает опасность передозировки анестетика.

Таким образом, абсолютно необходимым для безопасного проведения НПА является постоянный мониторинг следующих параметров: давления в

дыхательных путях, минутный объем вентиляции и концентрация кислорода во вдыхаемой смеси (F_iO_2). При снижении ПСГ менее 1,5 л/мин следует обязательно мониторировать концентрацию анестетического агента во вдыхаемой смеси. Специфические осложнения, связанные со снижением ПСГ, могут быть обнаружены на ранних стадиях путем мониторинга тех параметров, которые дают информацию, касающуюся работы наркозного аппарата и доставки анестетического газа. Эти параметры касаются вентиляции и состава дыхательной смеси, и должны измеряться непосредственно в дыхательном контуре, то есть в месте доставки газов к пациенту. В связи с этим, мониторинг ряда параметров не является специфичным именно для НПА: ЭКГ, АД, температура, пульсоксиметрия, капнография. Например, изменение величины степени насыщения гемоглобина кислородом могут быть связаны как с наркозным аппаратом, так и с пациентом, и наступают уже после снижения параметров вентиляции и SpO_2 . Таким образом, пульсоксиметрия не является специфическим мониторингом для обеспечения безопасности именно НПА. То же касается измерения содержания CO_2 в конце выдоха. Изменения вентиляции, которые могут случиться во время НПА, обнаруживаются более быстро путем мониторинга вентиляционных объемов и давлений. Капнография является более существенной для мониторинга поглотительной способности абсорбера, особенно если НПА выполняется без регулярной замены натронной извести или без двойного абсорбера. Когда применяются традиционные наркозные аппараты без резервуара анестетических газов, могут наблюдаться специфические изменения капнографической кривой при снижении ПСГ: снижение объема газа, циркулирующего в дыхательном контуре, вызывает начальное отрицательное давление в контуре во время выдоха, которое сохраняется до достижения мехом максимального расширения. Это может вести к добавлению в систему выдоха вдыхаемой смеси через тройной коннектор, соединяющий шланги вдоха и выдоха с эндотрахеальной трубкой, с соответствующими типичными изменениями капнограммы.

Методика проведения НПА предусматривает соблюдение ряда правил, касающихся безопасности пациентов:

- наркозная аппаратура должна регулярно проверяться на предмет адекватной работы, включать контроль газопотока в режиме НПА;
- системы мониторинга F_iO_2 , давлений и объемов вентиляции должны калиброваться и проверяться непосредственно перед проведением анестезии, при этом следует правильно устанавливать границы предельных значений тревог;
- поток свежей газовой смеси должен уменьшаться постепенно до

уровня, определяемого особенностями данного наркозного аппарата; при этом можно своевременно распознать ограничительные возможности того или иного наркозного аппарата в отношении максимального снижения ПСГ

- вследствие большого различия между концентрацией анестетического агента в свежем газе и дыхательном контуре, анестезия со снижением ПСГ менее 1,5 л/мин не должна выполняться без возможности мониторинга концентрации анестетика в дыхательной смеси;

- накопление опыта проведения НПА должно осуществляться в плановой хирургии у компенсированных больных без сопутствующих заболеваний и осложнений. В этих случаях анестезиолог может в большей степени сконцентрироваться на особенностях выполнения самой методики анестезии;

- анестезиологи с небольшим стажем работы должны проводить НПА только под наблюдением опытного специалиста.

Глава III. ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ НПА

Преимущества НПА выражаются в снижении стоимости анестезии, уменьшении загрязнения окружающей среды и в улучшении качества подаваемой пациенту газовой смеси.

При применении высоких потоков (5 – 6 л/мин) более 80% анестетических агентов и газов выбрасываются в атмосферу. Использование МПА или НПА может существенно снизить расход и, соответственно, затраты на приобретение ингаляционных анестетиков. В среднем переход с традиционного потока 6 л/мин на НПА (1,0 – 1,5 л/мин) дает экономию ингаляционных анестетиков на 70%.

Экономия в результате снижения потребления анестетических газов зависит от следующих факторов:

- экономия увеличивается с увеличением продолжительности анестезии;

- экономия увеличивается с ростом стоимости ингаляционных анестетиков: энфлуран < изофлуран < севофлуран < дезфлуран >

- экономия увеличивается с увеличением пропорции длительных хирургических вмешательств;

- экономия увеличивается со степенью снижения потоков;

- однако стоит помнить, что значительное снижение ПСГ, приводит к увеличению износа адсорбента и увеличению стоимости анестезии.

В клинической практике при относительно большом количестве

недлительных хирургических вмешательств (например, в гинекологии), финансовая экономия от снижения потребления анестетических газов составляет приблизительно 55 – 65%. При относительно большом количестве длительных вмешательств экономия может достигать 75 – 80%.'

Последние научные исследования продемонстрировали, что ингаляционные анестетики, такие как изофлуран, севофлуран и дезфлуран не наносят большого ущерба окружающей среде. Хотя они имеют определенное химическое сродство с соединениями, разрушающими озон, они менее стабильны и почти полностью разрушаются до достижения ими стратосферы.

Однако закись азота превращается в стратосфере в **окись азота**, что дает серьезный озоноразрушающий эффект. Закись азота принимает также участие в развитии так называемого “парникового эффекта”, отражая тепло из атмосферы вновь на поверхность земли, что может привести к глобальному потеплению в ближайшие несколько десятилетий. Установлено, что закись азота отвечает приблизительно за 10% тех изменений, которые приводят к “парниковому эффекту”, из них 1% приходится на закись азота, применяемую в анестезиологии.

Снижая выброс отработанных газов в атмосферу, НПА играет важную роль в снижении загрязнения окружающей среды. Регулярное применение рециркуляционных систем с потоком N_2O , сниженным до 0,5 л/мин (НПА) или до 0,2 л/мин (МПА) значительно снижает концентрацию закиси азота в операционной. Уменьшение концентрации анестетических газов путем снижения выделения их в атмосферу особенно полезно в тех клиниках, где нет централизованной системы удаления отработанных газов.

Общепризнанно, что очень важным является адекватное увлажнение и согревание вдыхаемой газовой смеси для **поддержания функции цилиарного эпителия и мукоцилиарного очищения дыхательных путей**. После 3-х часов ИВЛ сухим газом наблюдается значительное повреждение эпителия дыхательных путей, задержка мокроты, обструкция бронхиол и тенденция к микроателектазированию. Во время анестезии во вдыхаемой смеси должны поддерживаться абсолютная влажность **17 – 30 мг H_2O /л** и температура **28 – 30°C**. **Доказано, что температура и абсолютная влажность анестетических газов оптимизируются, когда анестезия выполняется со сниженным ПСГ. При использовании ПСГ 0,6 – 1,0 л/мин, температура 28° достигается через 25-30 минут, а абсолютная влажность 17 – 20 мг H_2O /л – не позднее, чем через 60 минут от начала анестезии без активного согревания и увлажнения дыхательной смеси. Нагревание и увлажнение анестетических газов также снижает энергетические теплотери через дыхательные пути. Даже если эти потери составляют только 10% от общих энергетических потерь, оцениваемых в 150 ккал/час у**

необогреваемого анестезированного больного, лучшее кондиционирование дыхательного газа, тем не менее, способствует поддержанию температуры тела и предотвращению послеоперационной гипотермии.

Потенциальные опасности НПА. К потенциальным опасностям при проведении НПА и МПА относятся: возможность накопления азота в циркуляционной системе, бактериальное загрязнение, избыточное накопление воды, а также накопление ряда нежелательных газов в дыхательном контуре.

Аккумуляция азота. В организме взрослого человека весом 70 кг находится приблизительно 3 литра азота (при дыхании воздухом под нормальным барометрическим давлением, т.е., на уровне моря). Большая часть этого азота находится в функциональной остаточной емкости (ФОЕ) легких, что составляет около 2-х литров. Остальная часть находится в жидких средах и жировой ткани. Если этот азот не принимать во внимание до начала анестезии, он может оказать влияние на концентрацию газов в контуре. Однако азот менее растворим в крови, чем закись азота и быстро вымывается из организма.

До перехода на низкий поток, как правило, проводят вентиляцию легких, используя высокие потоки (3 – 6 л/мин) в течение 5–10 минут либо чистым кислородом, либо смесью O_2 и N_2O . Если используется этот режим вымывания азота, большая часть его удаляется как из ФОЕ легких, так и из дыхательного контура, а общее количество азота существенно снижается. Легочная денитрогенизация обычно происходит в течение 2 – 5 минут.

При дыхании воздухом парциальное давление азота во всех секторах организма одинаково. Как только азот вымывается из легких, органы начинают перфорироваться артериальной кровью с более низкой его концентрацией. В результате азот из тканей будет диффундировать в кровь, возвращаться в легкие и затем – в дыхательный контур. Полная денитрогенизация (вымывание азота) требует нескольких часов, поскольку те сектора организма, в которых содержится более 70% т.н. общего периферического азота перфузируются только десятью процентами сердечного выброса.

В связи с вышеизложенным, некоторые анестезиологи опасаются возможного повышения концентрации азота в контуре, особенно при использовании закрытого контура. Доказано, что после адекватной легочной денитрогенизации концентрация азота в закрытых системах повышается только на 4% в течение первого часа работы. Практически, даже если весь азот, растворенный в тканях организма, перейдет в выдыхаемую смесь,

концентрация азота не сможет превысить 10%, если расценивать общий объем системы (легкие плюс дыхательный контур) в 10 литров.

Во время поддержания анестезии при использовании потоков 3 л/мин и больше азот не накапливается в контуре, т.к. полностью вымывается. Однако при использовании потока 1 л/мин небольшое количество азота будет накапливаться в контуре до уровня, не имеющего клинического значения. Это количество азота может быть легко элиминировано периодическим повышением ПСГ.

Таким образом, ведущим фактором, способствующим повышению накопления азота в дыхательном контуре, является недостаточная денитрогенизация вследствие слишком раннего снижения ПСГ.

Бактериальное загрязнение. Распространение инфекции через дыхательный контур постоянно обсуждается с момента внедрения современных наркозных аппаратов. Однако данная возможность никогда не была подтверждена серьезными клиническими исследованиями. В исследовании, проведенном du Moulin и Sauberman в 1977 г. доказано, что независимо от предсуществующей колонизации верхних дыхательных путей и длительности анестезии, пациенты редко обсеменяют наркозные аппараты до значительного уровня. Исследователи не смогли выявить никакого существенного бактериального загрязнения абсорбера в системе вдоха после заражения контуру путем введения в систему выдоха двух штаммов грамотрицательных микроорганизмов. Большинство сообщений свидетельствует о негативных результатах при попытках перекрестного заражения. Это неудивительно, т.к. условия в циркуляционной системе, вероятно, не способствуют выживанию бактерий. Возможные причины этого включают высушивание потоком холодного сухого анестетического газа, бактериостатические свойства резины и металла, из которых сделан контур, наличие высоко щелочного конденсата на дне абсорбера, через который проходят газы.

Однако сохраняются опасения, что бактериальное загрязнение может увеличиться во время НПА из-за высокой степени рециркуляции газов и повышении температуры и влажности внутри циркуляционной системы. Это также опровергнуто последними исследованиями, которые утверждают, что НПА, очевидно, не увеличивает риск микробного загрязнения. Никаких патогенных микроорганизмов не было обнаружено в системе вдоха вне зависимости от потока свежего газа. Применение бактериальных фильтров предупреждает микробное загрязнение как пациента, так и аппарата.

Избыточное накопление воды. Чем ниже поток и длительнее анестезия, тем большее количество воды накапливается в

циркуляционной системе. Однако вода становится проблемой только тогда, когда она накапливается в таких количествах, что заполняет нижележащие отделы шлангов дыхательного контура. Проблема эта может быть легко разрешена путем разъединения шлангов, эвакуации воды и повторной сборки контура.

Необходимо заметить, что вода является важной частью химической реакции между натронной известью и выдыхаемой CO₂. Более того, она увеличивает влажность рециркулирующих анестетических газов.

При увеличении потребности в кислороде проведение МПА не рекомендовано. Например, при сепсисе, гипертиреозе, гипертермии. Так как невозможно рассчитать потребление кислорода

При работе газоанализатора в постоянном режиме, ежеминутно происходит отбор газа в количестве 200 мл. Поэтому при проведении НПА и МПА необходимо учитывать газ, забираемый газоанализатором. Для проведения безопасной НПА и МПА необходимо, чтобы этот объем возвращался в контур, иначе может возникнуть дефицит свежего газа. Так в современных аппаратах происходит автоматический возврат газа в контур, либо газ сбрасывается из модуля газоанализатора в атмосферу, в связи с чем необходима линия возврата газа в контур.

Накопление нежелательных метаболитов и газов. Любое испаряющееся соединение или газ может вымываться из тканей организма, из мест их продукции тканями или бактериальной флорой кишечника, загрязняя поток свежего газа. Также возможно попадание в контур выделений из материалов наркозного аппарата.

Накопление нежелательных газов может стать проблемой при низком ПСГ из-за незначительного удаления выдыхаемых газов из контура. Однако существенная аккумуляция обычно связана с применением закрытого контура или МПА, но не НПА. Возможно накопление в контуре таких газов, как водород, метан, окись углерода, ацетон и этанол.

В настоящее время нет научно подтвержденных сведений, что водород и метан могут накапливаться в количествах, опасных для пациента. Тем не менее, периодическое промывание контура потоком свежего газа высокоэффективно для снижения концентрации таких не растворимых в воде газов, как азот, метан и водород, особенно при работе с закрытым контуром.

Когда имеется риск накопления ацетона или этанола – например, у пациента в состоянии алкогольного опьянения или у пациента с декомпенсированным сахарным диабетом – поток не должен снижаться менее 1 л/мин, чтобы обеспечить постоянное удаление этих газов из контура.

Аналогично при полностью закрытой системе возможно накопление оксида углерода. Поэтому рекомендуется при использовании закрытого контура периодически открывать систему и промывать ее, чтобы предотвратить накопление окиси углерода. Часовые интервалы достаточны для обычных пациентов, но у пациентов с низкой толерантностью к карбоксигемоглобину или повышенной эндогенной продукцией CO₂ (пациенты с гемолитической анемией, недавно перенесшие гемотрансфузии или злостные курильщики) частота промывания контура потоком свежего газа должна быть увеличена, а в ряде случаев необходимо отказаться от применения закрытого контура.

V.S.Venturella, 1990 обнаружил, что смесь углерода может образовываться в абсорберах после взаимодействия с фторсодержащими анестетиками. Однако в данном исследовании измеряли уровень CO₂ внутри емкостей, содержащих натронную известь, в аппаратах, которые не использовались в течение длительного времени. Кроме того, данные емкости длительное время оставались подключенными к аппаратам, что повышало вероятность накопления в них CO₂.

В другом исследовании тех же авторов установлено, что клинических случаев высокого уровня CO₂ и появления карбоксигемоглобина можно избежать путем промывания системы кислородом, если предполагается, что аппарат не будет использоваться в течение какого-либо времени. Та же процедура повторяется перед первой анестезией после простоя. Считается, что промывание системы потоком 5 л/мин в течение 5 мин вполне достаточно.

Глава IV. НАРКОЗНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НПА И МПА

Все современные наркозные аппараты должны быть пригодны для проведения НПА без специальных технических доработок, при условии правильной эксплуатации и регулярном техническом обслуживании. Традиционные наркозные аппараты с раздувающимся мехом и постоянным ПСГ вдыхательный контур могут адекватно функционировать при снижении ПСГ до 1 – 1,5 л/мин, если нет существенной утечки. При проведении НПА утечка из дыхательного контура не должна превышать 100 мл/мин при внутривенном давлении в системе 20 см H₂O. Снижению утечки in дыхательного контура способствуют следующие меры:

- регулярная проверка пластиковых деталей на целостность и своевременная их замена в случае повреждения;
- регулярная очистка уплотнительных колец;
- точное и плотное соединение между собой металлических

коннекторов;

- смазывание компонентов клапана, регулирующего давление. специальной смазкой, устойчивой к действию кислорода;
- тщательное, но не чрезмерное, закручивание всех резьбовых соединений;
- уменьшение количества соединяющихся частей дыхательного контура;
- тщательная плотная установка абсорбера в дыхательный юнтур после смены сорбента.

В новом поколении наркозных аппаратов, оборудованных анестетическим резервуаром, свежий газ поступает в дыхательный контур не постоянно, а только в фазу выдоха. Если установлен слишком **низкий ПСГ, минутный объем вентиляции (МОВ) не снижается до тех пор, пока полностью не опустошится газовый резервуар. Кроме того, компактный дыхательный контур этих наркозных аппаратов наименее подвержен утечкам и является наиболее подходящим для проведения МПА с потоком свежей смеси 0,5–1,0 л/мин.**

Поскольку частота бактериального загрязнения дыхательного контура не увеличивается со снижением ПСГ, повышением температуры и влажности дыхательной смеси, в повседневной практике проведения НПА нет специфических требований для стерилизации и дезинфекции. Наркозные аппараты, которые регулярно используются для НПА, должны очищаться и дезинфицироваться в соответствии с общепринятыми правилами. Гели применяются повторно используемые бактериальные фильтры, их следует стерилизовать после каждого рабочего дня.

Полезное время абсорбера наркозных аппаратов (время от наполнения абсорбера свежей натронной известью до ее замены) уменьшается со снижением ПСГ и увеличением степени рециркуляции выдыхаемой смеси. При регулярном применении НПА со снижением ПСГ до 1,0 – 1,5 л/мин и менее, потребление натронной извести увеличивается в 3,5 – 4 раза.

Глава V. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ НПА

Проведение НПА не показано в следующих ситуациях:

- масочная ингаляционная анестезия;
- вмешательства, при которых не достигается необходимый уровень герметизации дыхательных путей (например, бронхоскопия);
- применение оборудования с относительно большой утечкой газов из дыхательного контура;
- неадекватный мониторинг.

В то же время НПА может быть проведена без существенных проблем при использовании ларингеальной маски, ларингеальной трубки, которые, при правильном положении и раздутой манжетке, не допускает утечки из дыхательного контура.

Глава VI. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ НПА И МПА

- Премедикация – обычным способом.
- Вводная анестезия:
- преоксигенация;
- внутривенный анестетик;
- релаксации и интубация трахеи или применение ларингеальной маски;

- присоединение пациента к дыхательному контуру.

Алгоритм НПА или МПА с использованием закиси азота

Начальная фаза основной анестезии:

- продолжительность – 10–15 мин;
- поток кислорода – 1,5–2,0 л/мин;
- поток закиси азота – 3,0–4,0 л/мин;
- показатели испарителя:
- изофлуран – 1,5–2,0 об.%;
- севофлюран – 2,0–2,5 об.%.

Мониторинг;

- нижняя граница тревоги F_iO_2 , – 29-30%;
- тревога разгерметизации дыхательного контура – на 5 mbar (см H₂O) ниже пикового давления вдыхательных путях;

- нижняя граница тревоги МОВ (минутного объема вентиляции) – на 0,5 л ниже реальной величины МОВ;

- верхняя граница тревоги концентрации анестетического агента в дыхательном контуре – 2,0 об.%.

Уровни потока.

- поток кислорода – 0,3 – 0,4 л/мин для МПА и 0,5–0,7 л/мин для НПА;
- поток закиси азота – 0,2 – 0,3 л/мин при МПА и 0,5 – 1,0 л/мин для НПА;

- установка показателей испарителя:
- изофлуран – 2,0 – 2,5 об.%;
- севофлюран – 2,5 – 3,0 об.%;

Методики изменения величин потока свежего газа:

Концентрация кислорода во вдыхаемой смеси снижается до нижней границы тревоги:

- увеличить поток O₂ на 50 мл/мин при МПА и на 100 мл/мин при НПА;
- снизить поток закиси азота на 50 мл/мин при МПА и на 100 мл/мин при НПА.

Постепенное углубление уровня анестезии:

- ПСГ оставить на уровне 1,0 – 1,5 л/мин;
- показания на испарителе увеличить на 0,5 – 1,0 об.%;
- когда достигнута желаемая глубина анестезии, снизить показатель испарителя до величины на 0,4 – 0,5 об.% превышающей начальную.

Постепенное снижение глубины анестезии:

- оставить ПСГ на уровне 1,0 – 1,5 л/мин;
- снизить величину показателя испарителя на 0,5 – 1,0 об.%;
- когда достигнута желаемая глубина анестезии, регулятор испарителя устанавливается на значение 0,8 – 1,2 об.%.

Быстрое увеличение или снижение глубины анестезии:

- установить регулятор испарителя на желаемую величину;
- увеличить ПСГ до 5 – 6 л/мин (1,5 – 2,0 л/мин O₂, 3 – 4 л/мин N₂O);
- когда достигнута желаемая глубина анестезии (как правило через 5 мин), вновь снизить ПСГ до 1,0 – 1,5 л/мин;
- установить регулятор испарителя до значения, превышающего на 0,5 об.% или менее на 0,5 об.% начальной величины, соответственно;
- альтернативный метод быстрого углубления уровня анестезии - внутривенное введение анальгетических и седативных препаратов.

Недостаточное количество газа в дыхательном контуре, падение пикового давления в дыхательных путях и МОВ:

- наполнить резервный мешок кратковременным увеличением ПСГ до 4 – 5 мин;
- проверить дыхательный контур на утечку;
- если сохраняется утечка: увеличить ПСГ на 500 мл/мин.

6. Окончание анестезии: выключить испаритель за 15 – 20 мин до предполагаемого окончания оперативного вмешательства;

- **поддерживать ПСГ на уровне 1,0 – 1,5 л/мин**
- перейти на ручную вентиляцию дыхательным мешком наркозного аппарата;
- за 5 – 10 мин до предполагаемой экстубации прекратить подачу закиси азота и перевести пациента на спонтанное дыхание воздушно-кислородной смесью с FiO₂ не менее 35% и потоком свежего газа 5 – 6 л/мин;

- послеоперационное наблюдение по общепринятым правилам.

Алгоритм МПА без использования закиси азота

Начальная фаза высокого потока – продолжительность 10 минут

- 1.0 л/мин кислород
- 3.0 л/мин воздух
- Изофлюран 2.0 – 2.5 об%
- Севофлюран 3.0-3.5 об%

Уменьшение потока свежего газа

- 0.3 л/мин кислород
- 0.2 л/мин воздух
- Изофлюран 5.0 об%
- Севофлюран 5.0 об%

Выход из анестезии

- выключить испаритель за 10 минут до окончания операции
- поддерживать поток свежего газа 0.5 л/мин
- перевод пациента на спонтанное дыхание
- вымыть анестетические газы при помощи кислорода 5 л/мин за 5

минут до экстубации

Изменение состава свежего газа

При снижении концентрации кислорода ниже границы тревог – увеличить поток кислорода на 100 мл/мин.

Медленное увеличение глубины анестезии

- при использовании изофлюрана или севофлюрана дальнейшее увеличение концентрации анестетика в свежем газе невозможно. Чтобы увеличить количество анестетика, доставляемого в контур, необходимо увеличить поток свежего газа до 0.5 или даже до 1.0 л/мин.

- при достижении желаемой глубины анестезии концентрация анестетика на испарителе не изменяется, но поток свежего газа вновь уменьшается до 0.2-0.3 л/мин.

Медленное уменьшение глубины анестезии

- поддерживать поток свежего газа на уровне 0.2-0.3 л/мин
- при использовании изофлюрана или севофлюрана полностью закрыть испаритель
- при достижении желаемой глубины анестезии установите испаритель на соответствующее значение.

Все приведенные данные, касающиеся потока газов и концентраций ингаляционных анестетиков подвержены клинической практикой, однако они должны быть адаптированы в каждом конкретном случае в зависимости от индивидуальных реакций пациента и особенностей хирургического вмешательства.

Учебное пособие

Канус Иван Иванович
Грачёв Сергей Юрьевич
Богомолов Александр Николаевич
Римашевский Владислав Викторович

НИЗКОПОТОКОВАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 19.07.2023. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 1,63. Уч.- изд. л. 1,24. Тираж 70 экз. Заказ 155.

Издатель и полиграфическое исполнение –
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская
академия последипломного образования».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, корп.3.

ISBN 978-985-584-904-0



9 789855 849040