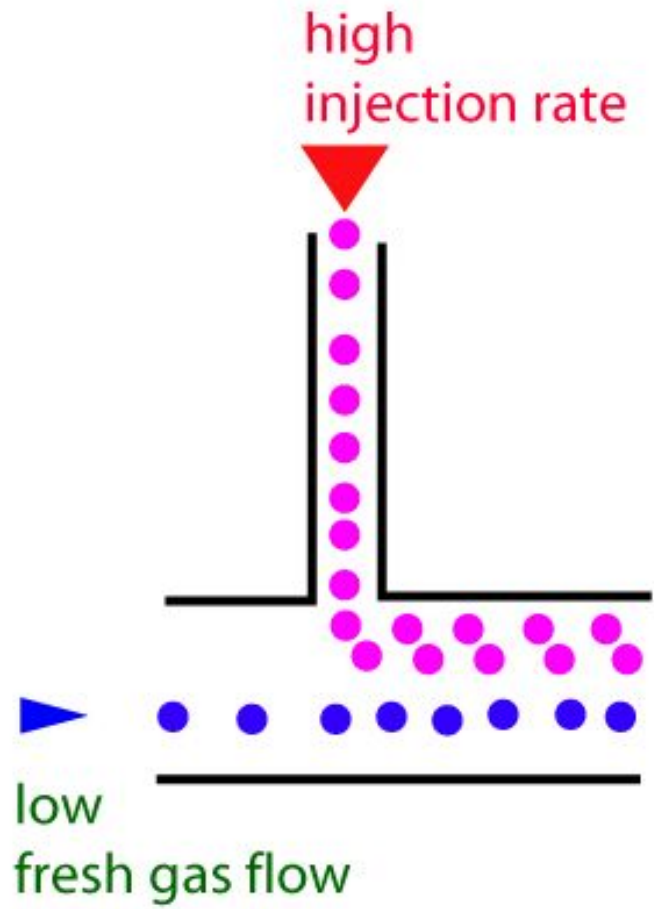
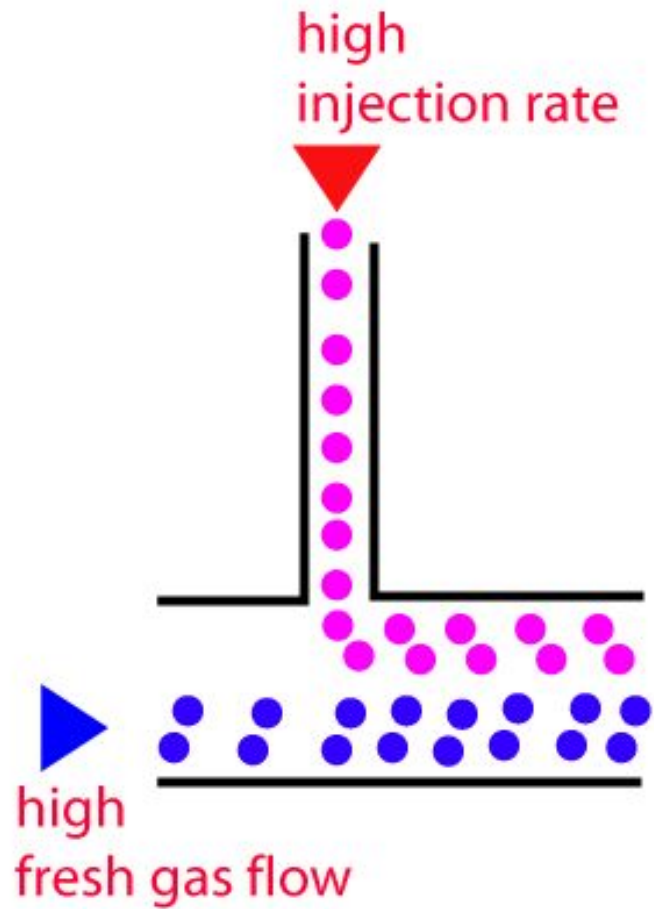


**Общая анестезия с НИЗКИМ  
ПОТОКОМ газонаркотической  
смеси**

# Определение НПА

- Это вид ингаляционного наркоза, при котором поток свежего газа менее 1 л/мин
- По сути, низкопоточный контур является одним из вариантов полузакрытого контура.



# История вопроса

- В 1850 г., всего через 4 года после проведения эфирного наркоза, J. Snow (1813-1858) с целью экономии чрезвычайно дорогого в то время эфира усовершенствовал свой эфирный ингалятор, представив его в виде реверсивного дыхательного контура маятникового типа.

- Интерес к НПА заметно усилился с приходом эры **циклопропана** (1933) в надежде предотвратить утечку этого чрезвычайно взрывоопасного газа в атмосферу операционной.
- Ощутить реальные достоинства НПА удалось только в начале 80-х годов, когда были синтезированы новые дорогостоящие ингаляционные анестетики, появились технически более совершенные наркозные аппараты и многофункциональные системы мониторинга

# Классификация дыхательных контуров в зависимости от величины газотока

## Газоток в контуре

## Название

Более 4 л/мин

высокий газоток  
high flow anesthesia

0,5-1,0 л/мин

низкий газоток  
*low flow anesthesia*

Менее 0,5 л/мин

минимальный газоток  
*minimal flow anesthesia*

Равен поглощению  
газов и анестетика

закрытый контур  
closed system anesthesia

# Виды дыхательных контуров

- Если поток свежего газа равен поглощению  $O_2$  и паров анестетика, то контур функционирует как **закрытый** (*полностью реверсивный контур*).
- Если поток свежего газа превышает поглощение  $O_2$  и паров анестетика, но ниже МВЛ, то циркуляционный контур функционирует как **полузакрытый** (*полуреверсивный контур*).
- Если поток свежего газа превышает МВЛ, то циркуляционный контур начинает функционировать как **полуоткрытый** (*нереверсивный контур*).

# Особенности наркозного аппарата для НПА

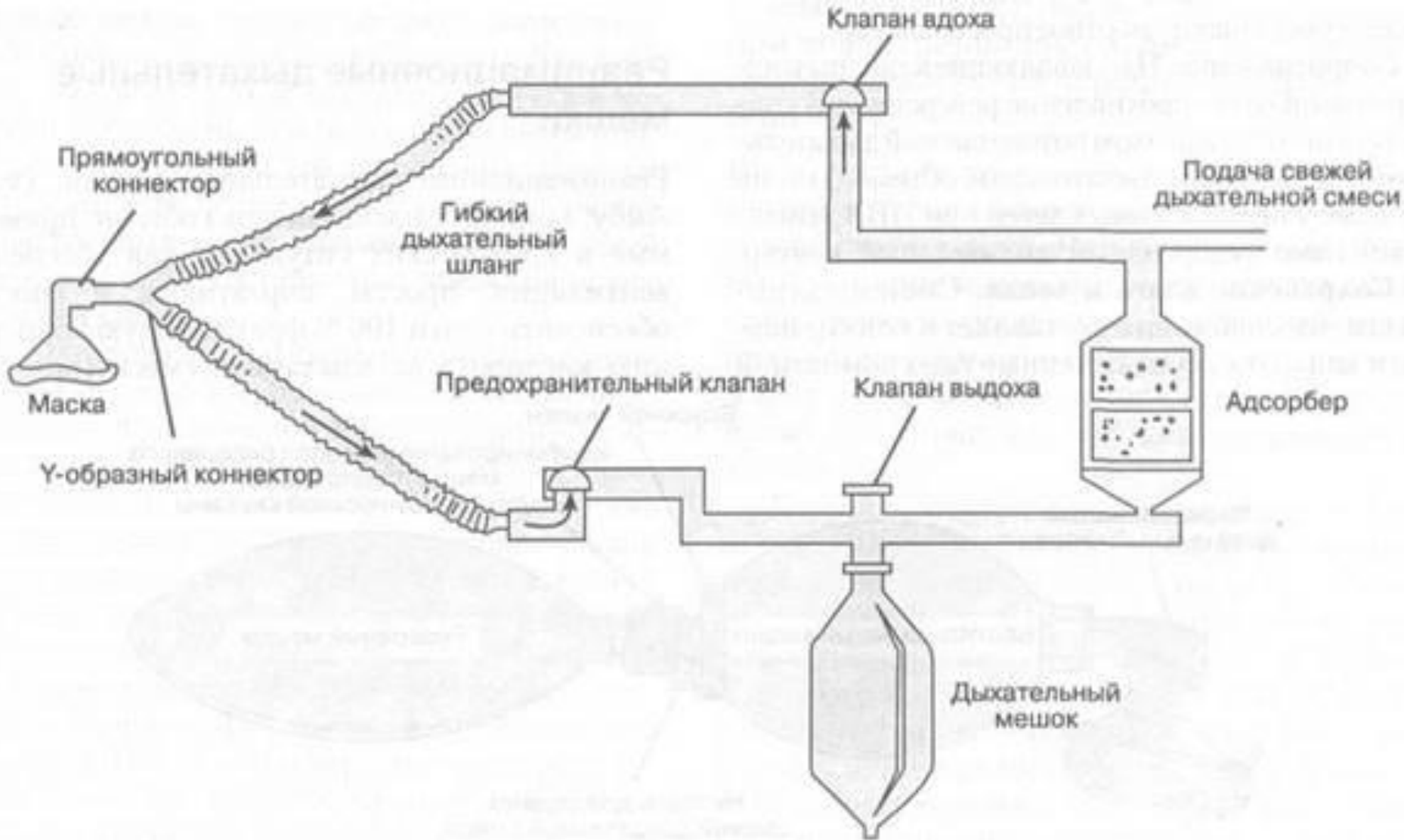
- Для проведения низкопоточной анестезии требуется реверсивный дыхательный контур. Особенность этих контуров состоит в том, что выдыхаемая газовая смесь, смешиваясь с поступающим в контур свежим газом, вновь попадает на линию вдоха, в связи с чем такие системы в обязательном порядке комплектуются адсорбером углекислого газа. К реверсивным дыхательным контурам относятся циркуляционный контур и маятниковый контур.





- **Маятниковый контур** менее удобен для проведения анестезии с низким потоком. Анестезия может сопровождаться определенными негативными явлениями (*перегревание газовой смеси, ожоги лица крупинками натронной извести*)
- **Циркуляционный контур** - самый распространенный и практичный реверсивный дыхательный контур.

# Схема реверсивного циркуляционного контура



# Принципы проведения анестезии с НИЗКИМ ГАЗОТОКОМ

- На начальных этапах индукции в обязательном порядке выполняется **денитрогенизация (100% O<sub>2</sub>)**.
- Длительность денитрогенизации должна составлять **10-20 МИН**. К подаче анестетика в дыхательный контур приступают только по завершении денитрогенизации, т. е. не ранее **чем через 10-20 мин** от начала индукции.
- Ингаляцию газовой смеси на этапах индукции во всех случаях осуществляют по полуоткрытому контуру с высоким газотоком (**>4 л/мин**), т. к. это позволяет быстро достигнуть желаемой глубины анестезии.



- После завершения индукции проводят интубацию трахеи или вводят ларингеальную маску.
- Далее снижают газоток в контуре до отметки **0.5-1.0 л/мин** (*низкопоточная анестезия*) или **<0.5 л/мин** (*анестезия с минимальным газотоком*).
- В момент снижения газотока необходимо провести коррекцию потоков кислорода ( $O_2$ ) и закиси азота ( $N_2O$ ) по ротаметрам с поправкой на величину потребления  $O_2$ . В целом, в расчет принимают величину потребления кислорода, равную **4 мл/кг/мин**.
- Если концентрация кислорода на вдохе опускается ниже рекомендуемого безопасного уровня (**30% на вдохе**) **поток  $O_2$  по ротаметру увеличивают, одновременно уменьшая поток  $N_2O$ .**

# Практическая задача

- Например, у 30-кг ребенка (потребление кислорода  $4 \times 30 = 120$  мл/мин) изначально выбран поток свежего газа **9 л/мин** с соотношением **6 л/мин  $N_2O$**  и **3 л/мин  $O_2$**  ( $N_2O:O_2 = 2:1$ ).
- После 10-кратного уменьшения газотока до **0.9 л/мин** (900 мл/мин, низкопоточная анестезия) из дыхательного контура каждую минуту будет экстрагироваться 120 мл  $O_2$ . Таким образом, количество газовой смеси, циркулирующей в контуре, составит  $900 - 120 = 780$  мл/мин. При соотношении  $N_2O:O_2 = 2:1$  это составляет **520 мл/мин** (2/3 от 780 мл/мин) для  $N_2O$  и **260 мл/мин** (1/3 от 780 мл/мин) для  $O_2$ . В связи с этим при потоке 900 мл/мин, чтобы сохранить соотношение  $N_2O:O_2 = 2:1$  постоянным, следует вводить в контур **520 мл/мин  $N_2O$**  и **260 + 120 = 380 мл/мин  $O_2$** .
- Подобные расчеты представляются достаточно громоздкими, поэтому для удобства практикующих анестезиологов выведены математические константы, которые позволяют быстро рассчитать потоки  $N_2O$  и  $O_2$  при уменьшении газотока в контуре.

- За 5 мин до запланированного окончания анестезии газоток в контуре повышают, а затем прекращают подачу всех летучих анестетиков и приступают к ингаляции чистого кислорода. После восстановления адекватного самостоятельного дыхания, мышечного тонуса и рефлексов герметизирующую манжетку сдувают и выполняют экстубацию трахеи (удаляют ларингеальную маску).

# Преимущества НПА

- Уменьшается вероятность передозировки галогенсодержащих анестетиков
- Снижается риск интраоперационного пробуждения пациента по причине внезапного прекращения подачи в контур  $N_2O$  и/или паров анестетика
- Поддержание оптимальной температуры и влажности в дыхательном контуре.
- Снижение расхода медицинских газов и стоимости анестезии.
- Снижение загрязнения окружающей среды.

# Повышение температуры и влажности в дыхательном контуре

- Микроклимат в дыхательном контуре оптимален, если абсолютная влажность вдыхаемой газовой смеси составляет не менее **17 мг  $\text{H}_2\text{O}$ /л**, а температура в пределах **28-32 °C**
- Аппаратная ИВЛ с высоким газотоком без использования увлажнителя с подогревом в эпителии дыхательных путей вызывает обструкцию бронхиол и микроателектазирование.

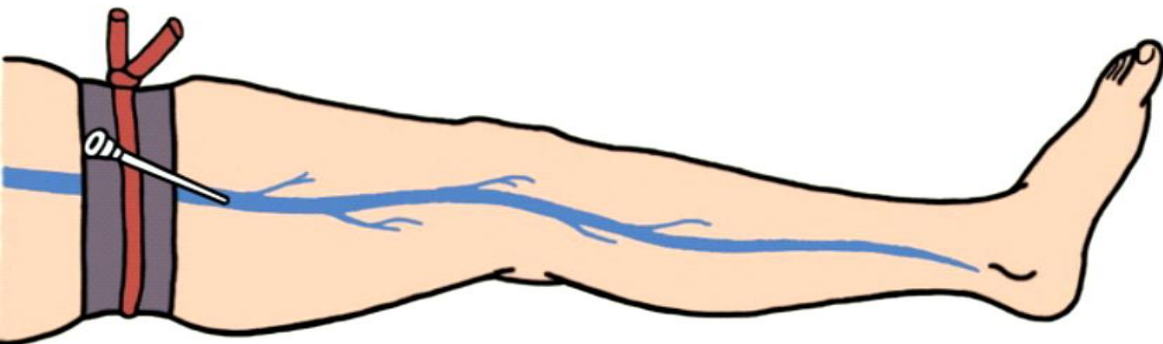




- Прохождение газовой смеси через шланг вдоха сопровождается существенными потерями тепла, вследствие чего температура газа в проксимальной части линии вдоха понижается до **28-30 °C** с начальных **36-41 °C** (на адсорбере).
- Исходя из результатов многих исследований был сделан вывод о том, что проведение анестезии с низким и минимальным газотоком в большинстве случаев **позволяет избежать дополнительные способы кондиционирования газовой смеси** (использование увлажнителей с подогревом)

# Снижение расхода медицинских газов и стоимости анестезии

- Примером экономичности НПА служит исследование, проведенное на базе одного из бельгийских стационаров. С 1984 г. в этом лечебном учреждении low-flow метод анестезии стал использоваться в рутинном порядке. Несмотря на 25% увеличение количества анестезий, годовой **расход** закиси азота в клинике снизился на 40%, а расход такого дорогостоящего анестетика, как изофлюран, - на **90%**



- В Великобритании и Германии каждый год проводится примерно **8.5 млн.** анестезиологических пособий, причем около **60%** из них приходится на долю ингаляционных методов анестезии. Согласно статистике, в **50%** случаев при этом используется **энфлюран**, а в остальных **50%** - **изофлюран**; **50%** анестезий делятся **менее 1 часа**, **33%** - **от 1 до 2 часов** и **17%** - **более 2 часов**.
- Было подсчитано, что рутинное использование метода low-flow (**1 л/мин**) при таких условиях позволило бы сэкономить за один год  **$350 \times 10^6$  л кислорода** (0.5 млн. US\$),  **$1 \times 10^9$  л закиси азота** (12.2 млн. US\$),  **$33 \times 10^3$  л жидкого изофлюрана** (31.8 млн. US\$) и  **$46 \times 10^3$  л жидкого энфлюрана** (20.9 млн. US\$) только в этих двух странах. В итоге было сэкономлено **65,4 млн. US\$**.
- Единственная дополнительная статья расходов при проведении НПА - **использование адсорбента**

# Снижение загрязнения окружающей среды



- R. Virtue указывает, что при потоке  $N_2O$  2.5 л/мин ее концентрация на рабочем месте составляет в среднем 122 ppт, при потоке 0.5 л/мин - **29 ppт**, а при потоке 0.2 л/мин - всего 15 ppт

# Частные вопросы

- В случаях экзогенной интоксикации этанолом значительное его количество выводится через легкие, поэтому проведение низкопоточной анестезии у пациентов в состоянии алкогольного опьянения может затруднить процесс элиминации этого вещества через легкие. В связи с этим рекомендуется воздерживаться от проведения анестезии в режиме low-flow у пациентов с острой или хронической алкогольной интоксикацией

- Ацетон является продуктом метаболизма свободных жирных кислот. По данным литературы, увеличение концентрации ацетона в сыворотке до уровня **50 мг/л** и более замедляет процесс выхода из анестезии и повышает вероятность возникновения рвоты в послеоперационном периоде.
- Многие авторы не рекомендуют использовать метод низкпоточной анестезии у пациентов с повышенной концентрацией ацетона в сыворотке (**декомпенсированный сахарный диабет, длительное голодание, эссенциальная ацетонемия и т. п.**).

- Окись углерода соединяясь с гемоглобином, он образует карбоксигемоглобин. В нормальных условиях эндогенная окись углерода образуется в организме в небольших количествах (0.42 ± 0.07 мл/ч). Физиологическая норма концентрации СОНб составляет 0.5-1.5%, у заядлых курильщиков она может достигать 10%. Повышенные концентрации СОНб отмечаются у **злостных курильщиков, больных с тяжелыми формами гемолитической анемии и порфирии.**
- В связи с этим многие авторы не рекомендуют использовать метод low-flow у данной категории пациентов, поскольку проведение анестезии по полужакрытому контуру может затруднить элиминацию СО из организма.

**Необходимо  
тщательное  
мониторирование  
жизненных функций  
пациента!**



# Перспективы развития метода НПА

- В последнее время были разработаны новые, метаболически более инертные, менее токсичные и экологически безопасные ингаляционные анестетики нового поколения - **дезфлюран**, **ксенон**. Как указывают многие авторы, данные анестетики (в особенности ксенон) обладают такими физико-химическими свойствами, которые позволяют отнести их к категории **“идеальных анестетиков”**. Единственный недостаток дезфлюрана и ксенона (Xe) - ***их дороговизна***. Так, стоимость 1 л ксенона составляет **10-15 US\$**. Экономичный режим дозирования указанных анестетиков может быть достигнут лишь в том случае, если анестезиологическое пособие проводится по закрытому или полужакрытому контуру с минимальным или низким потоком свежего газа



---

**Спасибо за внимание!**