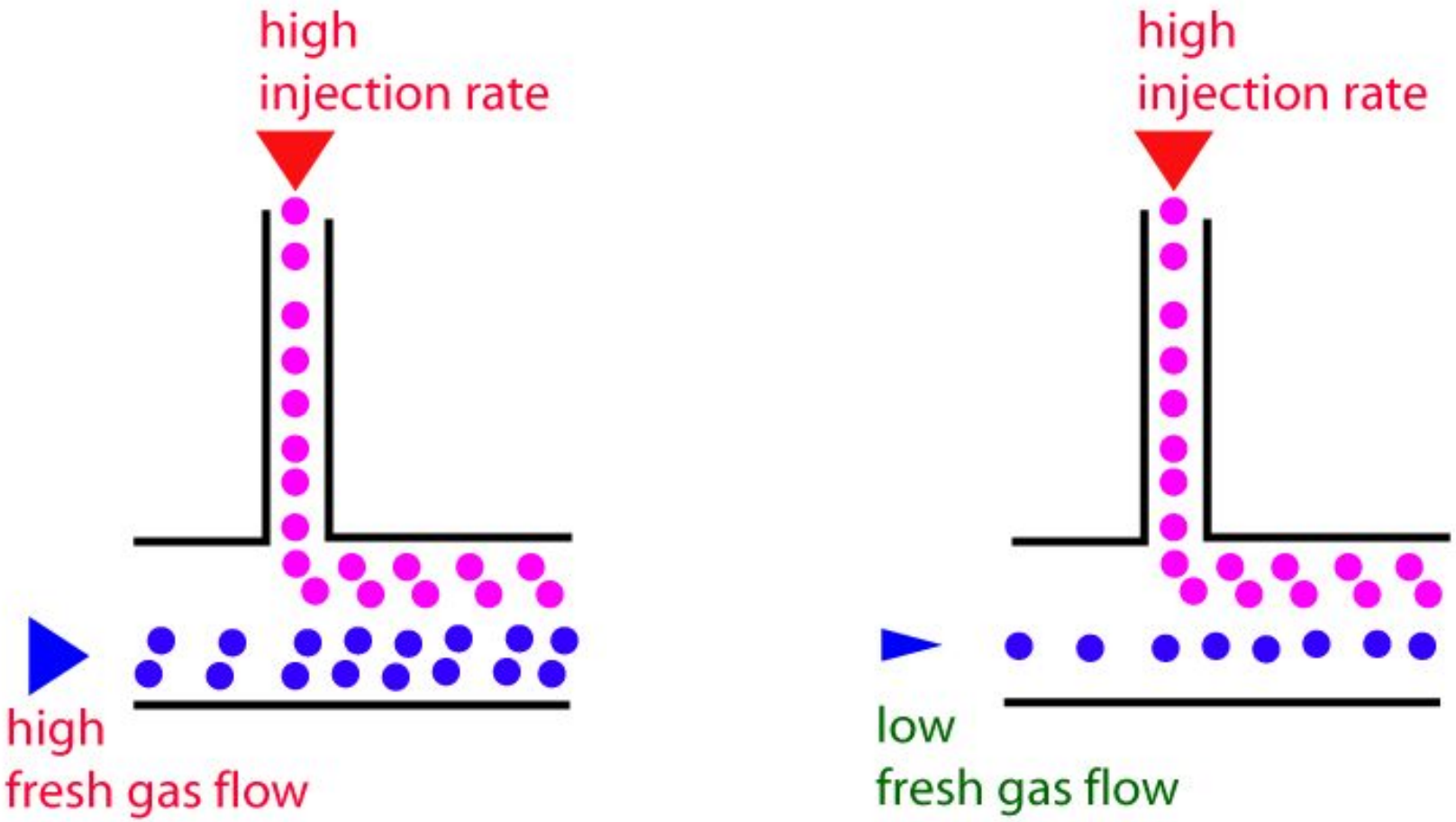
Общая анестезия с низким потоком газонаркотической смеси

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.


high
injection rate
high
fresh gas flow
high
injection rate
low
fresh gas flow

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

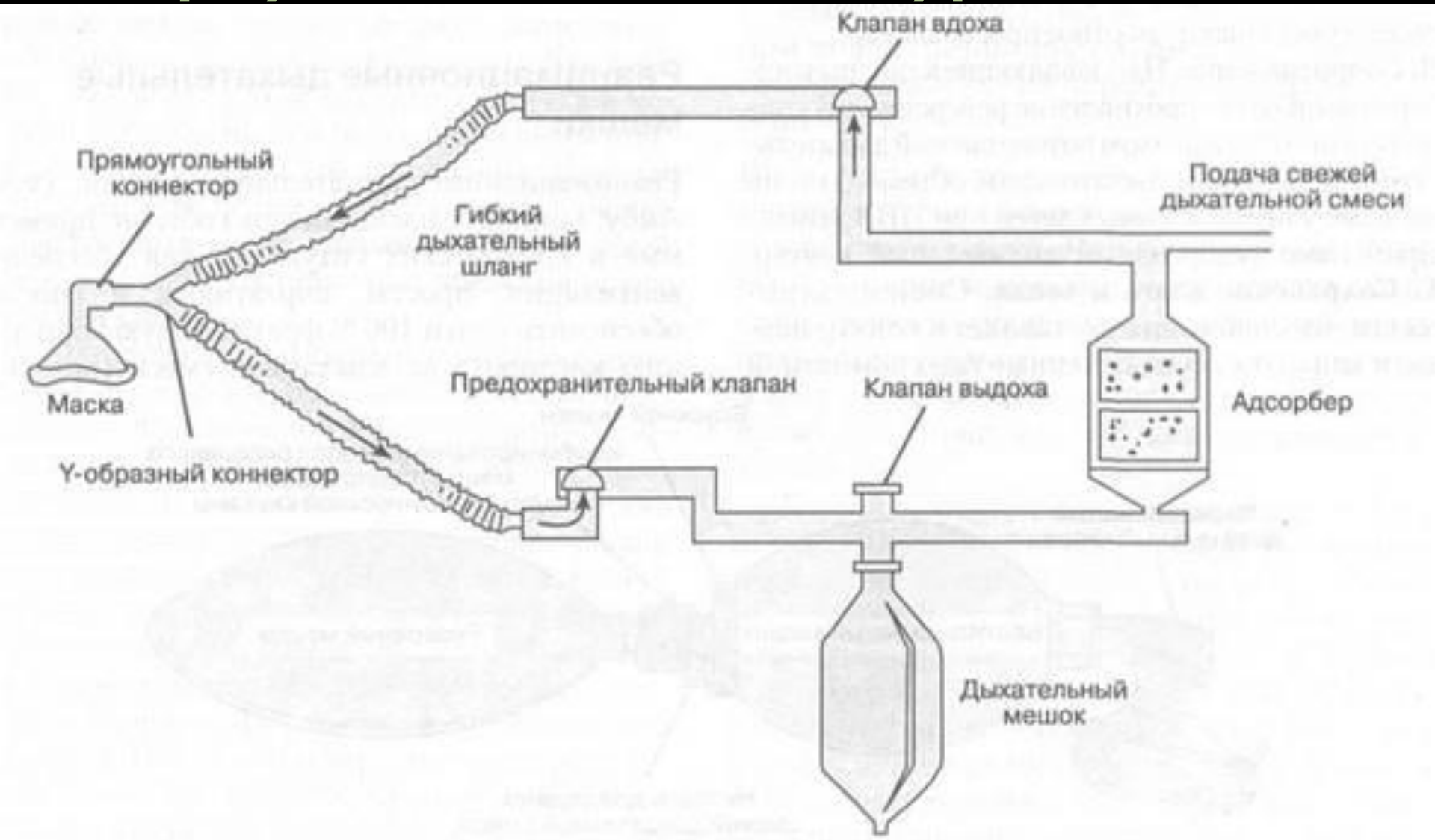
- Если поток свежего газа равен поглощению O_2 и паров анестетика, то контур функционирует как **закрытый** (*полностью реверсивный контур*).
- Если поток свежего газа превышает поглощение O_2 и паров анестетика, но ниже МВЛ, то циркуляционный контур функционирует как **полузакрытый** *(полуреверсивный 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_2*).
- 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 × 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.

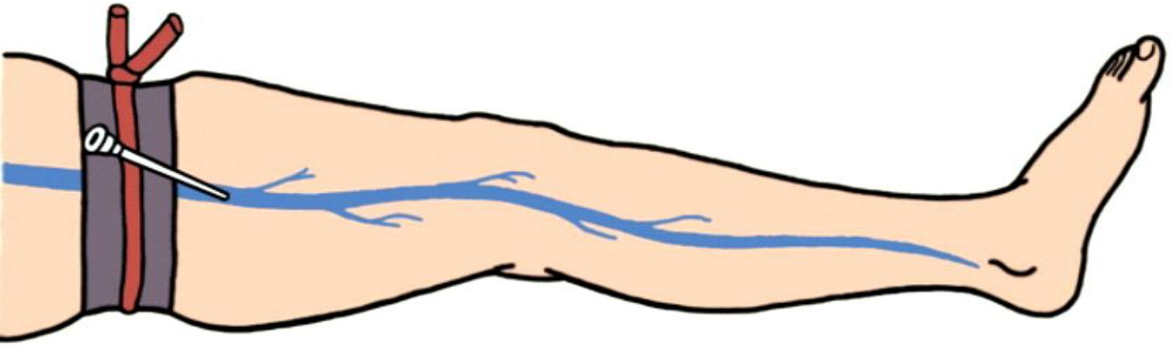
Повышение температуры и влажности в дыхательном контур

- Микроклимат в дыхательном контуре оптимален, если абсолютная влажность вдыхаемой газовой смеси составляет не менее **17 мг H_2O/л**, а температура в пределах **28-32 °С**
- 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 °С* с начальных *36-41 °С* (*на адсорбере*).
- Исходя из результатов многих исследованийбыл 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 длятся **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 350×10^6 л кислорода (0.5 млн. US$), 1×10^9 л закиси азота (12.2 млн. US$), 33×10^3 л жидкого изофлюрана (31.8 млн. US$) и 46×10^3 л жидкого энфлюрана (20.9 млн. US$) 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 ppm**, при потоке **0.5 л/мин** - **29 ppm**, а при потоке **0.2 л/мин** - всего **15 ppm**

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 низкопоточной 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 COHb составляет 0.5-1.5%, у заядлых курильщиков она может достигать **10%**. Повышенные концентрации COHb 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 полузакрытому контуру может затруднить элиминацию CO 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 (Хе) - ***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 полузакрытому контуру с минимальным или низким потоком свежего газа

Спасибо за внимание!