

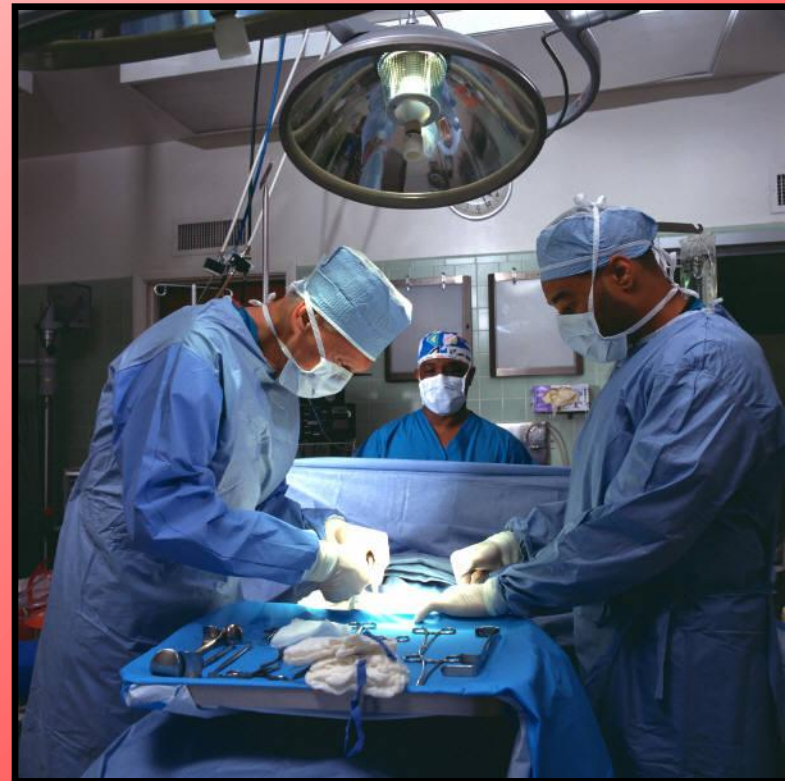
# **СОВРЕМЕННЫЕ ИНГАЛЯЦИОННЫЕ АНЕСТЕТИКИ**

- **“НЛА И ТОТАЛЬНАЯ ВНУТРИВЕННАЯ АНЕСТЕЗИЯ - ЭТО НЕ СЛИШКОМ УДАЧНАЯ ВЫДУМКА СТРАН, КОТОРЫЕ НЕ МОГУТ СЕБЕ ПОЗВОЛИТЬ УДОВОЛЬСТВИЕ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ДОРОГОСТОЯЩИМИ ГАЗОВЫМИ АНЕСТЕТИКАМИ”**

**I. Pichelmayer, 1985**

# Что такое идеальная анестезия?

- ✓ **Простота и удобство**
- ✓ **Легкая управляемость:**
  - Быстрая индукция
  - Возможность быстрого изменения глубины наркоза
  - Быстрое пробуждение
- ✓ **Стабильность гемодинамики**



# ЭВОЛЮЦИЯ ИНГАЛЯЦИОННЫХ АНЕСТЕТИКОВ (годы)

- 1844-1847 – закись азота, диэтиловый эфир, хлороформ
- 1894 – этилхлорид
- 1923 – этилен
- 1929 – циклопропан
- 1932 – виниловый эфир (винитен)
- 1956 – флюотан
- 1960 – метоксифлюран
- 1963-1965 – энфлюран, **изофлюран**
- 1971-1987 – **севофлюран**, десфлюран
- 90-е годы – ксенон

# Идеальный ингаляционный анестетик:

- быстрая индукция анестезии и восстановление после нее при хорошей переносимости;
- возможность быстрого изменения глубины анестезии;
- обеспечение достаточной мышечной релаксации;
- большая терапевтическая широта;
- отсутствие токсических или других неблагоприятных эффектов при применении в нормальных дозировках

# Параметры, определяющие уровень ингаляционной анестезии

- **МАК** – мощность ингаляционного анестетика
- **Растворимость** – скорость наступления анестезии

# Минимальная альвеолярная концентрация - МАК

- 1 МАК = минимальная альвеолярная концентрация анестетика, которая обеспечивает хирургический уровень анестезии у 50% пациентов (отсутствие движений в ответ на стандартный раздражитель, например разрез кожи) в равновесном состоянии
- Т.о. 1 МАК обеспечивает достаточную глубину наркоза только у 50% пациентов
- 1,3 МАК обеспечивает хирургический уровень анестезии у 90% пациентов
- при 0,3-0,4 МАК наступает пробуждение

# МАК

- **после наступления равновесия отражает концентрацию препарата в тканях**
- **значение МАК является достаточно постоянным для различных групп животных, что дает возможность использовать новые препараты, дозируя их с достаточной степенью уверенности на основании их физико-химических свойств**
- **можно сравнивать различные анестетики с точки зрения из анестетической силы.**
- **Цифровое значение МАК тесно коррелирует с растворимостью анестетика в липидах – чем выше жирорастворимость, тем ниже значение МАК, и соответственно – мощность анестетика**



# МАК в зависимости от возраста

Возраст	МАК в O <sub>2</sub> (%)	МАК в 65% N <sub>2</sub> O/35% O <sub>2</sub> (%)
0 - 1 мес* < 6	3.	-
0 мес - < 3	2.	2. †
дет 12	2.	0.
25T	5.	1.
40T	6.	4.
60T	1.	0.
80T	7.	8.
дет	4	7

\* МАК у недоношенных новорожденных не определен

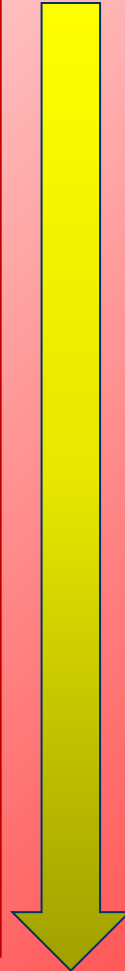
† 60% N<sub>2</sub>O/40% O<sub>2</sub> возраст 1 - < 3  
years

Data on file, Abbott Laboratories Inc.

# Факторы, влияющие на МАК



- Детский возраст
- Гипертермия
- Тиреотоксикоз
- Катехоламины и симпатомиметики
- Длительное применение опиоидов
- Алкоголизм
- Острое отравление амфетамином
- Гипернатриемия



- Неонатальный период
- Преклонный возраст
- Беременность
- Гипотензия
- Гипотермия
- Гипотиреоз
- $\alpha_2$ -агонисты
- Седативные ЛС
- Острая интоксикация опиоидами
- Острая алкогольная интоксикация
- Соли лития

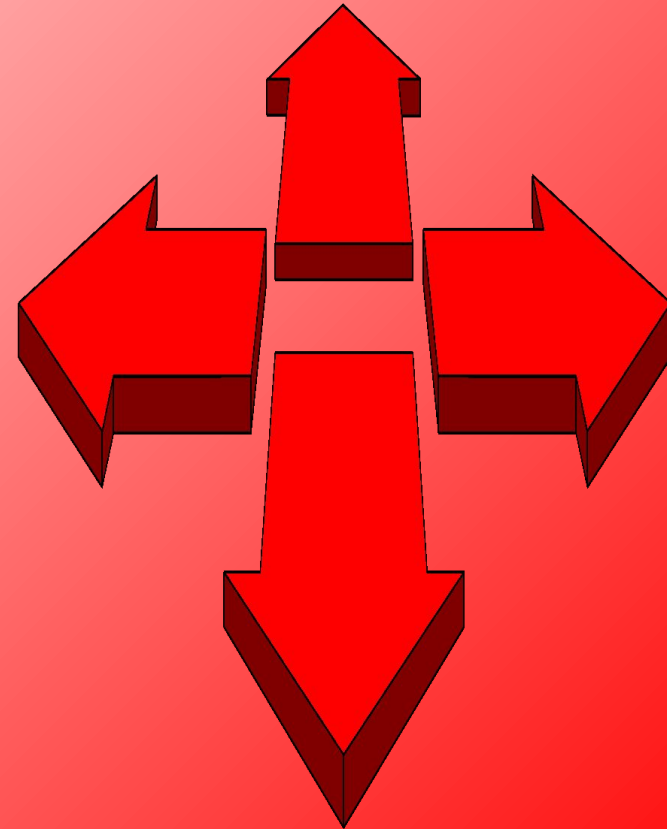
## Эффект второго газа – снижает МАК

	Галотан	Энфлюран	Изофлюран	Дезфлюран	Сево
100% O <sub>2</sub>	0.75	1.58	1.28	6	2.1
70% N <sub>2</sub> O	0.29	0.57	0.56	2.8	1.1

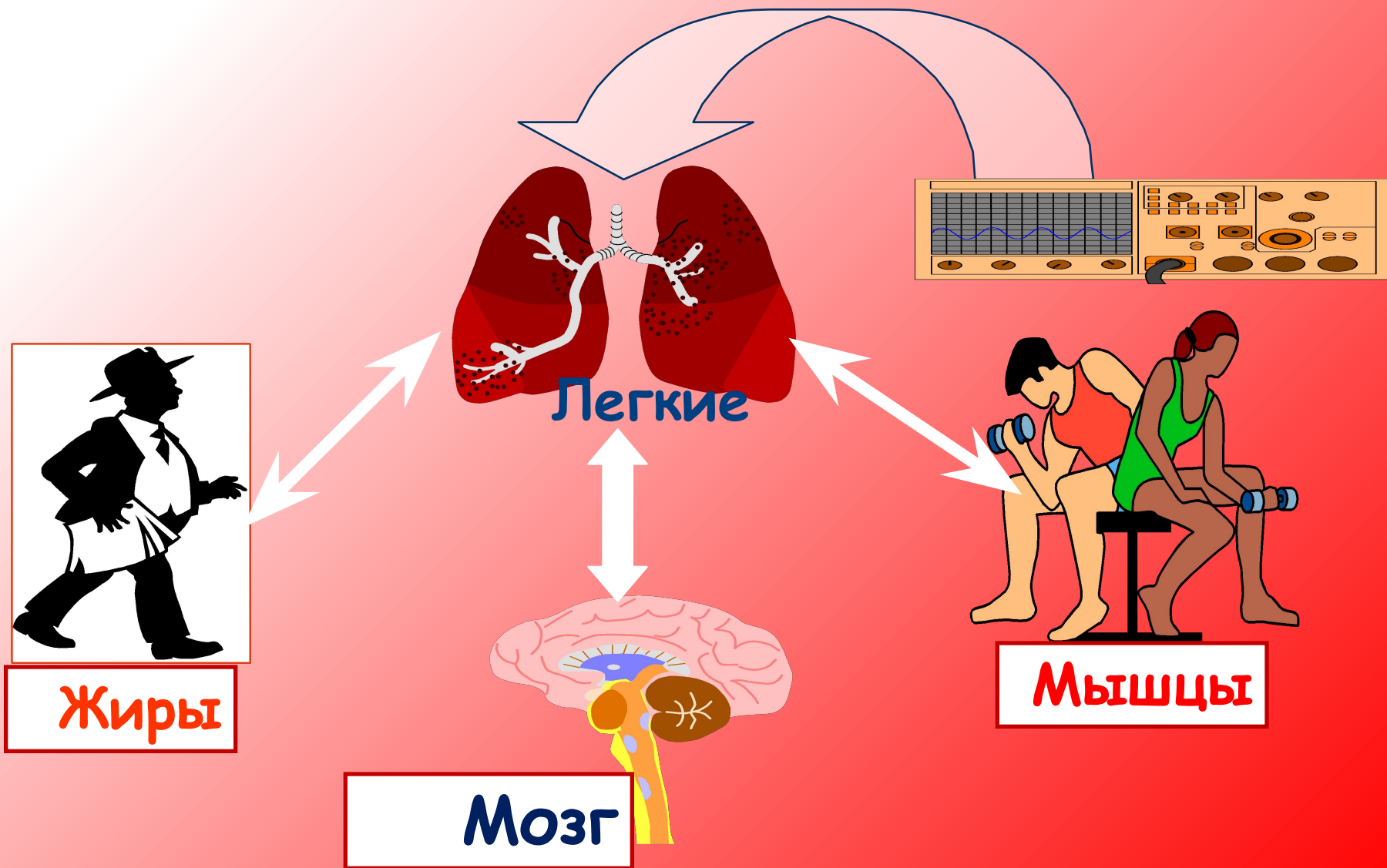
# Ингаляционные агенты

## Ключевые области различия

- Растворимость
- Метаболизм
- Физические свойства & Стабильность/Распад



# Растворимость влияет на потребление и распределение агента



# Коэффициенты распределения растворимости Ключевые области различий

Агент	Кровь \ газ	Мозг \ кровь	Жиры \ кровь	Мышцы \ кровь
<b>Галотан</b>	<b>2.54</b>	<b>1.9</b>	<b>51</b>	<b>3.4</b>
Энфлюран	1.8	1.3	36	1.7
Изофлюран	1.46	1.6	45	2.9
Десфлюран	0.42	1.3	27	2.0
Севофлюран	0.69	1.7	48	3.1

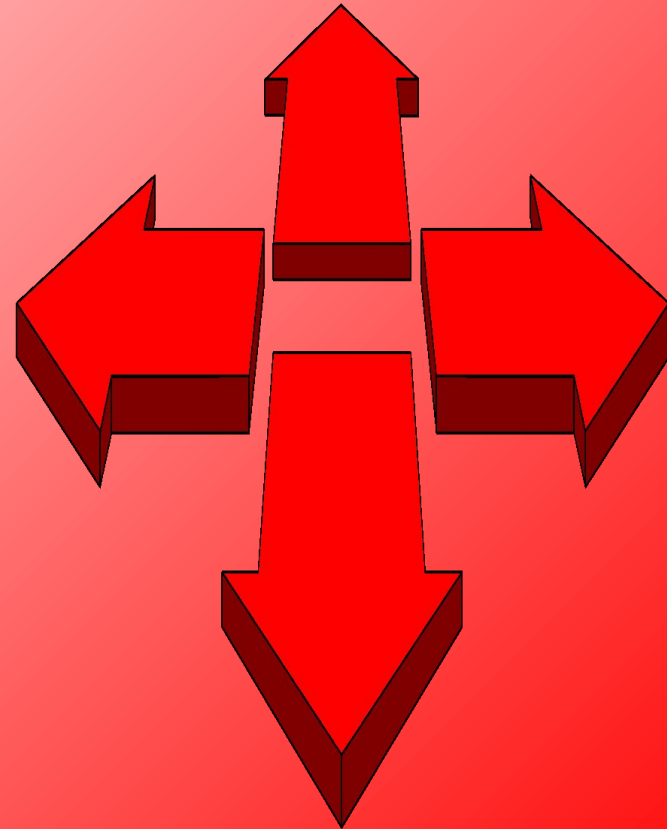
# РЕЗУЛЬТАТ НИЗКОЙ РАСТВОРИМОСТИ

- **Более быстрое всасывание**
- **Лучший контроль и точность анестезии**
- **Более быстрый выход из анестезии**
- **Потенциально увеличение экономии благодаря более быстрому восстановлению**
- **Большая эффективность использования низкочастотной анестезии**

# ИНГАЛЯЦИОННЫЕ АГЕНТЫ

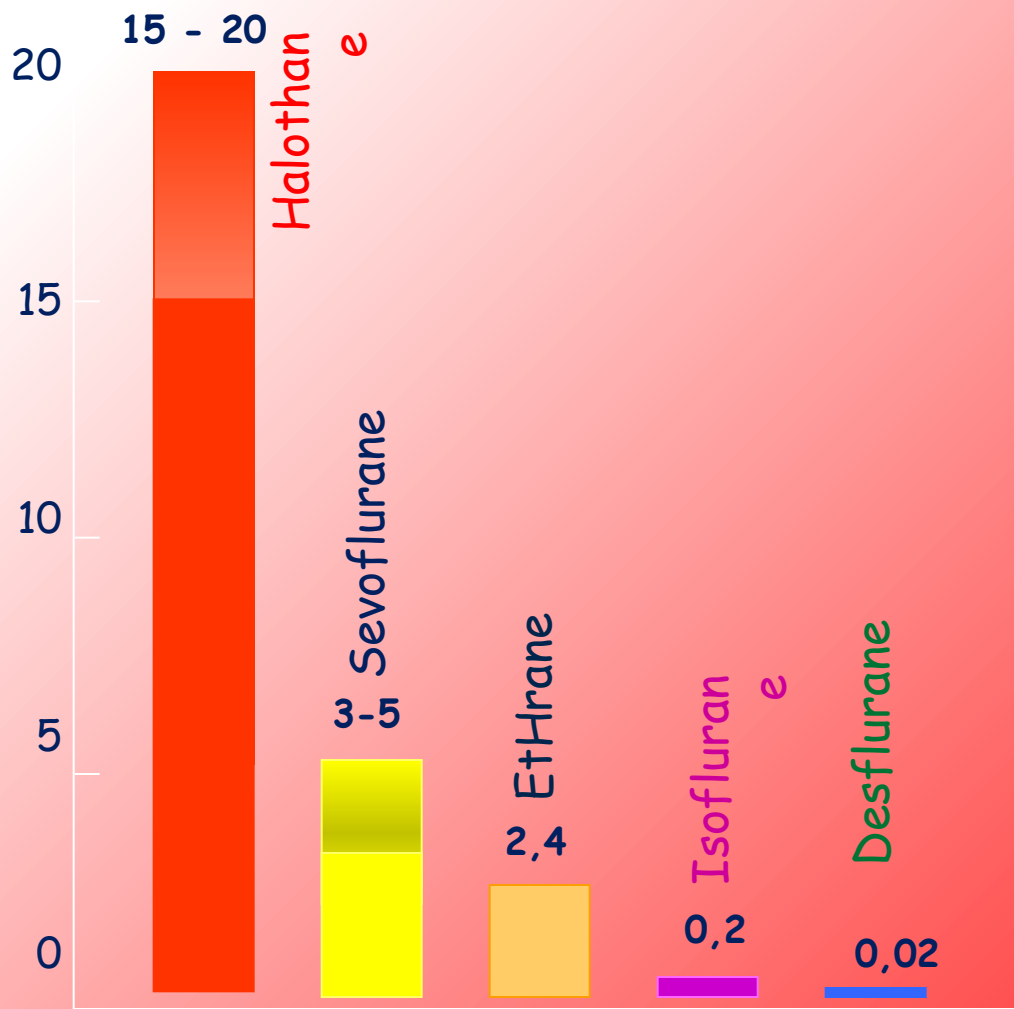
## КЛЮЧЕВЫЕ ОБЛАСТИ РАЗЛИЧИЯ

- Растворимость
- **Метаболизм**
- Физические свойства & Стабильность/Распад





# Ингаляционные агенты: метаболизм и распад



- Низкая нефротоксичность
- Низкая гепатотоксичность

**ОБЗОР**

**ИНГАЛЯЦИОННЫХ**

**АНЕСТЕТИКОВ**

# ФТОРОТАН (ГАЛОТАН)

- **мощный летучий анестетик**
- **Ввод в наркоз и выход из него наступают быстро, глубина наркоза легко контролируется**
- **не раздражает дыхательный тракт**
- **депрессия сердечно-сосудистой системы(брадикардия, снижение сердечного выброса, снижением артериального давления)**
- **потенцирует эффект недеполяризующих мышечных релаксантов**
- **вызывает расслабление гладкой мускулатуры (в том числе и матки)**

# ГАЛОТАН

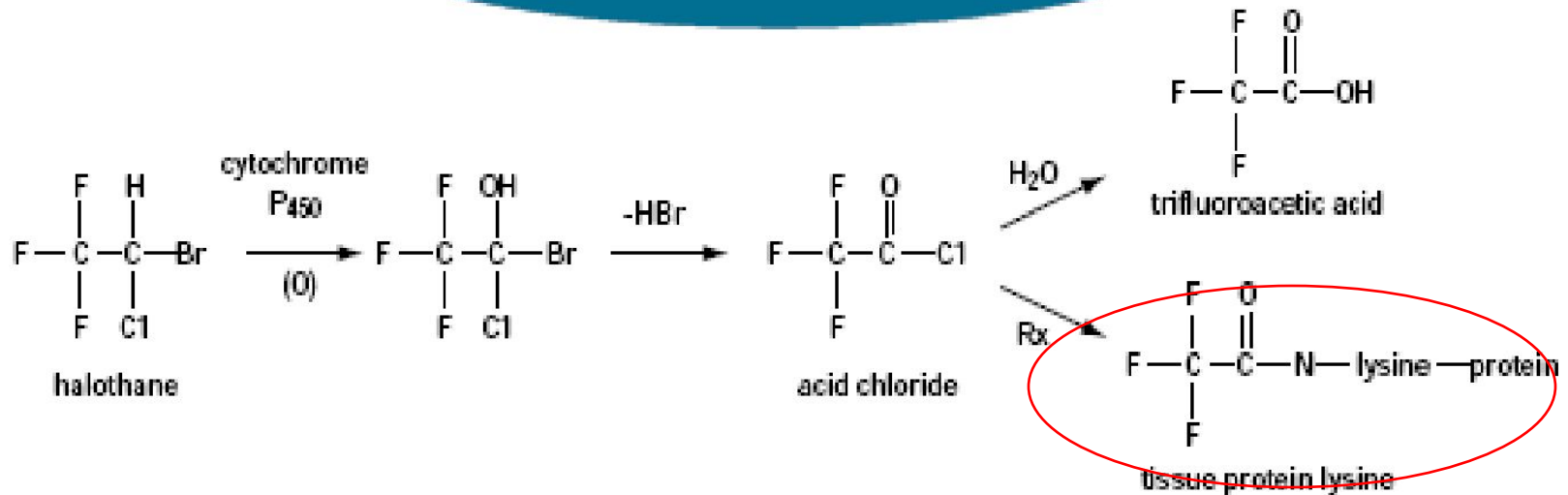
- ❑ **Первый невоспламеняемый, относительно нетоксичный агент**
- ❑ **Повышает чувствительность сердца к катехоламинам**
- ❑ **Высокий метаболизм (15-20%) и опасность токсичности**
- ❑ **У пациентов может развиваться повреждение печени, которое ведет к гепатиту и печеночной недостаточности**

- **Значительное количество фторотана подвергается метаболизму (20 - 45%) и окисляется до трифторацетиловой кислоты и ионов хлора и брома**
- **Хлор и Бром медленно выделяются с мочой (особенно ионы брома) и могут быть обнаружены в организме в течение нескольких недель после наркоза, причем в первое время достаточных, чтобы вызвать умеренную седацию (ионы брома)**

# Гепатотоксичность: уроки применения Галотана

- БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ГАЛОТАНА С ОБРАЗОВАНИЕМ МЕТАБОЛИТОВ, СПОСОБНЫХ СВЯЗЫВАТЬСЯ С БЕЛКАМИ ПЕЧЕНИ – причина «галотановых гепатитов» (частота 1:35000 анестезий)

## Biotransformation of Halothane to Metabolites Capable of Liver Protein Binding



# ГАЛОТАН И ПЕЧЕНЬ

- Галотан
  - Трифторацетат адсорбируется мембранами гепатоцитов
  - Аутоантиген, приводящий к синтезу антител
  - Острый некроз печени
- 

# ГАЛОТАН И ПЕЧЕНЬ: ПРОБЛЕМЫ

- Часто развитие печеночной недостаточности связано с латентно протекающим гепатитом
- Часто развитие токсического гепатита у анестезиологического штата
- Остается непонятным отсутствие этой проблемы у детей ??? Или почти отсутствие ??? 1:82 000 анестезий...



- В 1986 ГОДУ FDA ИЗДАНЫ РЕКОМЕНДАЦИИ, В КОТОРЫХ РЕКОМЕНДОВАНО ПРИМЕНЯТЬ ГАЛОТАН С ИНТЕРВАЛОМ ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ В 3 МЕСЯЦА**
- НАЛИЧИЕ В АНАМНЕЗЕ ЖЕЛТУХИ И ГИПЕРТЕРМИИ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛОТАНА ЯВЛЯЕТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЕМ К ПРИМЕНЕНИЮ**

# ИНГАЛЯЦИОННЫЕ АНЕСТЕТИКИ И ПЕЧЕНЬ

- **Последующие поколения** галогенсодержащих анестетиков при биodeградации **трифторацетат не образуют** и, таким образом, даже теоретически не в состоянии вызвать острый некроз печени

# Недостатки фторотана

- **сенсibilизация миокарда к катехоламинам**
- **Гепатотоксичность**
- **Злокачественная гипертермия**

# ОБЗОР ИНГАЛЯЦИОННЫХ АНЕСТЕТИКОВ



*В течение 60-х годов Росс Террел (Ohio Medical) синтезировал более 700 фтористых соединений с целью произвести лучший анестетик, в результате чего был синтезирован:*

**ИЗОФЛУРАН**

# ИЗОФЛУРАН (АЕРРАН)

- Флаконы по 100 мл
- Парообразующий ингаляционный анестетик с мягко острым эфирным запахом, изомер энфлурана
- Не воспламеняется

# Нейроанестезиология

## «ЗОЛОТОЙ СТАНДАРТ» ???

- сохранение ауторегуляции гемодинамики в головном мозге
- адекватность метаболизма в головном мозге
- стабильность внутричерепного давления
- сохранность сенсорных вызванных потенциалов
- снижение судорожных эффектов

# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

## Использование в педиатрической практике:

- в кардиоанестезиологии (снижение общего периферического сопротивления при постоянном уровне минутного объема сердца)
- в нейроанестезиологии (стабильный мозговой кровоток)
- при абдоминальных операциях (хорошая релаксация, низкая потребность в недеполяризующих релаксантах, легкое восстановление после окончания операции)
- при пластиках расщепленного неба, тонзилэктомиях, хирургии сколеоза (снижение адреналин индуцированных аритмий, быстрое пробуждение)

# Хирургия одного дня и у взрослых и у детей

- быстрый, гладкий и без осложнений период пробуждения
- снижение количества аритмий, особенно в стоматологии



# Использование у пациентов с ХПН и при трансплантации почки

- почечный кровоток сохраняется пропорциональным сердечному выбросу
- отсутствие побочных эффектов на трансплантируемые почки
- функция почек остается удовлетворительной после длительных операций

# Использование изофлюрана у пациентов с бронхоспастическим синдромом и при однолегочной вентиляции

- вызывает бронходилатацию и используется при лечении астматического статуса
- удовлетворительное применение при однолегочной вентиляции

# Fast-Track Anesthesia: при использовании АЕРРАНА

## Fast-Track Anesthesia

- Уменьшение времени периоперационного периода, включая более быстрый вывод из:
  - операционной
  - палаты пробуждения или реанимации
  - Второй стадии восстановления

## Fast-Track Cardiac Anesthesia

- Быстрая экстубация, сокращение времени пребывания в реанимации
- Преимущества использования короткодействующих агентов сокращает затраты на лечение<sup>9,10</sup>

1. Chung and Macario; 2. Beaussier et al; 3. Bennett et al; 4. Dupont et al; 5. Ghouri et al; 6. Juvin et al; 7. Smiley et al; 8. Tsai et al; 9. Apfelbaum et al; 10. Wolf et al.

# ИЗОФЛУРАН-ПРЕИМУЩЕСТВА

- Минимальный кардиодепрессивный эффект
- Отсутствие аритмогенного эффекта
- Только 0.17% метаболизируется vs 20% у галотана
  - Лучше для пациента
  - Лучше для анестезиологической бригады
- Меньше случаев постоперационной тошноты и рвоты, чем при использовании галотана (16% vs 46%)
- В 3 раза более эффективен, чем галотан в усилении нейромышечной блокады
- Меньше увеличивает церебральный кровоток, чем галотан

# Противопоказания, предостережения и токсические эффекты

- Противопоказаниями являются повышенная чувствительность к изофлюрану и злокачественная гипертермия в анамнезе
- Имеет слабый раздражающий запах эфира (Не рекомендуется для масочной индукции в педиатрии)
- Операции у беременных
- Использование ингибиторов MAO

# Низкий поток с ISO

- 1.5 l/min O<sub>2</sub>+1.5 l/min N<sub>2</sub>O for 5-15 min
  - 1 l/min O<sub>2</sub>+1 l/min N<sub>2</sub>O for 5-15 min
  - 0.5 l/min O<sub>2</sub>+0.5 l/min N<sub>2</sub>O
- 
- Потребление ISO очень высоко в первые несколько мин
  - По мере ↑ C в крови потребление ↓, но высокорастворимый ISO продолжает идти в мышцы и жировой сектор
  - При газотоке 3 л/мин доставка ISO превышает потребление и более 80% уходит в атмосферу !!!

# СЕВОРАН (СЕВОФЛЮРАН)

- галогенированный фторсодержащий эфир
- Имеет низкую растворимость в крови (0,65)
- медленно поглощается кровью, а парциальное давление газа в альвеолярном воздухе растет быстрее, что позволяет достичь быстрого фармакологического эффекта при использовании низких доз препарата
- Отсутствие резкого запаха и быстрое возрастание фракционной альвеолярной концентрации
- Высокая скорость элиминации препарата гарантирует быстрое и предсказуемое пробуждение после подачи анестетика

# ФАРМАКОДИНАМИКА

- Выводится большей частью через легкие.
- В печени метаболизируется 1-5 % поглощенной дозы севорана при помощи системы цитохрома P 450 с образованием гексафторизопропанола и неорганического иона фтора, после чего глюкуронируется и элиминируется через почки. При взаимодействии с сорбентами углекислоты образуется **олефан, так называемое вещество «А»**.

Может накапливаться в больших количествах при:

- высокой температуре дыхательных газов
- низкочастотной анестезии
- высокой концентрации севорана и его длительной экспозиции
- при использовании пересушенного поглотителя углекислоты

**NB!** Не рекомендуется использовать поток свежего газа меньше 2 литров/минуту.

Хотя в ходе исследований было установлено, что даже при использовании Minimal flow анестезии (0,5 л/мин), содержание вещества «А» не увеличивается и не отмечено значимых эффектов на функцию почек



# ФАРМАКОДИНАМИКА

- Компаунд А
- Порог нефротоксичности – 50 мкмоль/л
- При высоком потоке – 4 мкмоль/л
- При потоке в 1 л через 4 часа от начала анестезии
- **Бариевая известь** – 20,3 мкмоль/л
- **Натронная известь** – 8,2 мкмоль/л

**NB!** Не рекомендуется использовать поток свежего газа меньше 2 литров/минуту.

Хотя в ходе исследований было установлено, что даже при использовании Minimal flow анестезии (0,5 л/мин), содержание вещества «А» не увеличивается и не отмечено значимых эффектов на функцию почек

- В Японии несколько миллионов анестезий – ни одного случая нефротоксичности.  
Канада, США, некоторые страны Евросоюза ограничивают

# ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНЫ И СИСТЕМЫ

## Нервная система

- дозозависимое повышение ВЧД, но в сравнении с другими влияет на мозговой кровоток незначительно
- В условиях умеренной гипервентиляции и гипокапнии не оказывает негативного влияния на мозговой кровоток
- Т.о., севоран позволяет поддерживать стабильность ВЧД, сохраняет ауторегуляцию мозгового кровотока и адекватность метаболизма в головном мозге (снижение потребности в кислороде и глюкозе), снижает судорожные эффекты

# СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

гемодинамическая и кардиоваскулярная стабильность

1. не влияет на ЧСС
  2. умеренно снижает АД
  3. не вызывает повреждения миокарда
  4. уменьшает повреждающее действие ишемии (прекондиционирование)
  5. нет синдрома обкрадывания и улучшает сократительную способность сердца
- не изменяет чувствительность миокарда к адреналину

В дозе менее 5 мкг/кг нарушений ритма нет, в большей дозе только у 4 из 15 пациентов возникла желудочковая экстрасистолия

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

- Вызывает незначительное раздражение дыхательных путей и не вызывает кашля
- Подавляет гипоксическую вазоконстрикцию и сокращение гладкой мускулатуры трахеи
- При МАК более 1 севоран вызывает более глубокое дозозависимое угнетение вентиляции, чем энфлуран или галотан
- При анестезии севораном возможно выполнение интубации трахеи без введения миорелаксантов, что позволяет рекомендовать использовать препарат при сложной интубации с сохраненной спонтанной дыхательной активностью. Для ЛМ 2 об%.

- Севофлюран незначительно снижает почечный кровоток
- Снижает кровоток в портальной вене и увеличивает в печеночной артерии, таким образом обеспечивая достаточный общий кровоток и доставку кислорода к печени

## Взаимодействие севорана с другими препаратами:

- Закись азота и опиоиды снижают МАК севорана (у детей снижение МАК не пропорционально концентрации закиси азота)
- потенцирует фармакологическую активность миорелаксантов
- синергизм с лидокаином и прокаинамидом

## ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:

- повышенная чувствительность к севорану или другим галогенированным препаратам
- подтвержденная или подозреваемая генетическая предрасположенность к развитию злокачественной гипертермии
- осторожно при ХПН, ОПН и угрозе повышения ВЧД

# ЛЕГКАЯ УПРАВЛЯЕМОСТЬ

## Быстрая индукция

- Скорость индукции Севораном сопоставима с действием внутривенных анестетиков. При этом: спонтанное дыхание сохраняется в 4 раза чаще, чем при индукции пропофолом
- Для того, чтобы провести вводный наркоз Севораном, необходимо: заполнить контур смесью газов, содержащей 8% Севорана, и 2 мин. проводить ингаляцию на форсированном или спокойном дыхании





# МЕТОДИКИ ИНДУКЦИИ

- Индукция с предварительным заполнением контура наркозного аппарата смесью, содержащей 6-8% Севорана
  - индукция, инициированная быстрым насыщением ЖЕЛ смесью, содержащей 6-8% Севорана («болюсная»)
  - Индукция смесью, содержащей 6-8% Севорана при спокойном дыхании пациента
- Индукция без предварительного заполнения контура наркозного аппарата смесью Севорана
  - индукция смесью, содержащей 8% Севорана
  - ступенчатая индукция

# ИНДУКЦИЯ «ОДНИМ ПОЛНЫМ ВДОХОМ»

- 2-4 л дыхательный мешок
- Предварительное заполнение контура (45 – 60 сек)
- Инструктировать пациента
  - Выдох «наружу»
  - Глубокий вдох (х3)
  - Задержать дыхание

# ПРОБЛЕМЫ

- Необходимость помощи пациента
- Технические трудности:
  - Выдох «в сторону»
  - Плохое прилегание лицевой маски
  - Невозможность выполнить полный вдох
  - Невозможность задержать дыхание
- Ограниченные возможности для коррекции

# НАЧАЛО ИНДУКЦИИ

- **Ключевые моменты**
  - Пациент или анестезиолог прижимают маску к лицу
  - Убедиться в герметичности
  - начало 5 L/min O<sub>2</sub>, 8% sevo
  - Убедитесь, что запах «не раздражает»
  - Просить дышать глубже

# ПОСЛЕ ПОТЕРИ СОЗНАНИЯ

- **Ключевые моменты**
  - **Убедиться, что пациент потерял сознание**
  - **«перехватить» маску, убедиться в герметичности**
  - **«переразогнуть» шею, обеспечив проходимость дыхательных путей**
  - **При необходимости, использовать вспомогательную вентиляцию**

# ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА

- **Индукция по выбору**
- **Поддержание SEVO O<sub>2</sub>+воздух**
- **Избегайте опиоидов, если возможно**
- **Упреждающая анальгезия (кетонал)**

# НИЗКИЙ ПОТОК С СЕВОРАНОМ

- 2 l/min O<sub>2</sub> 8 % SEVO
- 1l/min O<sub>2</sub> 1l/min воздух 8% SEVO
- 0.5 l/min O<sub>2</sub> 0.5 l/min air 8% SEVO
- 0.5 l/min O<sub>2</sub> 0.5 l/min воздуха 5%-4% SEVO

# КАК ЗАКОНЧИТЬ АНЕСТЕЗИЮ

**5-8 мин до конца операции:**

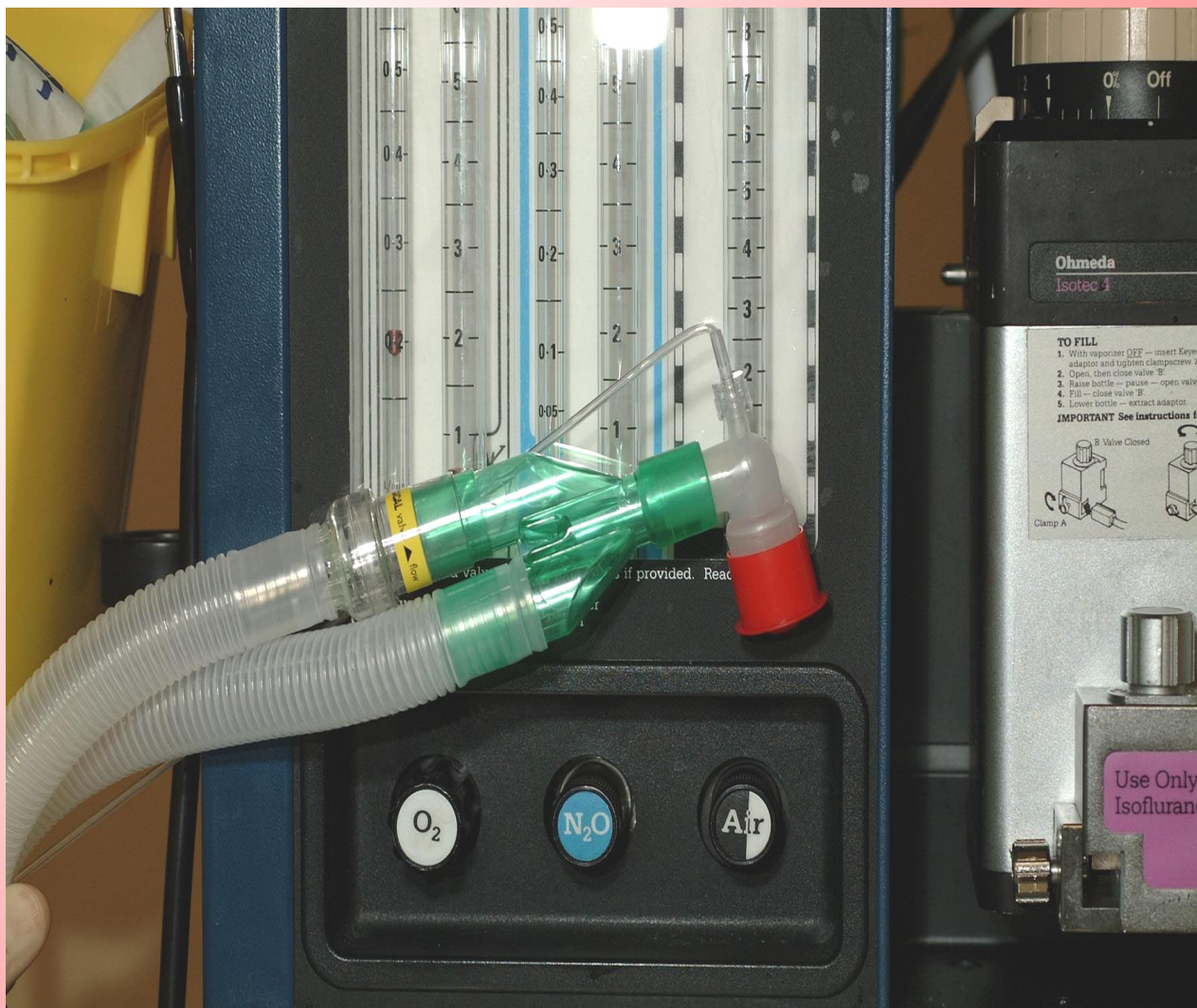
- Выключите SEVO
- Закройте воздух Air
- Только O<sub>2</sub> 0.5 l/min
- ET SEVO снижается медленно и плавно



# КОНЦЕПЦИЯ СЭНДВИЧ-АНЕСТЕЗИИ

- Индукция: севоран или внутривенный агент
- Поддержание: аерран
- Выход: севоран

# Закройте контур между наркозами!



- O<sub>2</sub> 200ml/min
- Контур частично остаётся заполненным SEVO
- Целевая ET SEVO достигается ещё быстрее у следующего больного

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

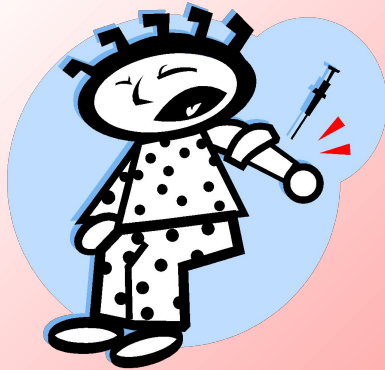
- «С» анестетика в контуре около 50% от установки на испарителе у растворимых (ISO) и ближе к истинному у SEVO & DES
- Если требуется срочное изменение глубины – увеличение газотока
- Выключите за 10-15 мин до конца
- Если контур открывается - ↑ газоток для повторной денитрогенизации
- Настройки вентилятора (ДО и МОВ)
- Свежий сорбент
- Каждые 3-4 часа продувка контура

# Как предупредить загрязнение атмосферы операционной ингаляционными анестетиками?

- ✓ Применение систем активной аспирации медицинских газов
- ✓ Наличие ламинарного потока над операционным столом
- ✓ Хорошая приточно-отточная вентиляция
- ✓ Проведение эндотрахеального наркоза с низкопоточной вентиляцией
- ✓ Выключение потока свежего газа во время интубации

# Какие пациенты нуждаются в лучшей управляемости и органопротекции

- Дети



- Нейрохирургические пациенты

- Пациенты с сердечно-сосудистым риском



# ПРЕИМУЩЕСТВА СЕВОРАНА:

- По сравнению с пропофолом
  - возможность масочной индукции;
  - контроль глубины анестезии;
  - синергия в отношении опиоидов и миорелаксантов
- По сравнению с галотаном
  - безопасность для печени и сердца;
  - фармакокинетика;
- По сравнению с изофлураном
  - хорошая переносимость со стороны дыхательных путей;
  - быстрое восстановление;
- Клинический профиль Севофлюрана позволяет использовать концепцию анестезии «одним препаратом»

# СЕВОРАН БЛИЗОК ПО СВОИМ СВОЙСТВАМ К ИДЕАЛЬНОМУ АНЕСТЕТИКУ

- **Низкая растворимость:** быстрая индукция и восстановление, лучший контроль глубины анестезии;
- **Гемодинамическая стабильность:** стабильность ЧСС и АД, минимальная активация симпатической нервной системы;
- **Предпочтительный профиль для системы дыхания:** не едкий, минимальное раздражение дыхательных путей, идеален для масочной индукции;
- **Безопасность:** нет повышенного риска возникновения гепато- и нефротоксичности
- В ряде случаев способен вызывать развитие послеоперационной ажитации

# Способы уменьшения посленаркозного возбуждения при анестезии севофлюраном

- Кеторолак 0,25 мг/кг незадолго до окончания анестезии
- Морфин 0,25 мг/кг плюс диазепам 0,25 мг/кг в качестве премедикации
- Использование каудального блока



# ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ 1 ЧАСА АНЕСТЕЗИИ СЕВОФЛЮРАНОМ

- Стоимость =  $\frac{60 \text{ (мин)} * \text{ПСГ (мл/мин)} * \text{об.}\% \text{ сево} * \text{цена флакона}}{(100\% - \text{об.}\% \text{ сево}) * \text{объем флакона (мл)}} * 182,7$

182,7 – константа для севорана: из 1 мл жидкости образуется 182,7 мл газа

**ФОРМУЛА РАСХОДА АНЕСТЕТИКА** для быстрого и приблизительного расчета.

- $3 \times \text{FGF} \times \text{об.}\% = \text{расход анестетика (мл/час)}$

*3 — коэффициент; FGF — fresh gas flow (поток свежего газа), л/мин; об.% — объемный процент на испарителе*

- Примеры:

- *Средний расход севофлурана при общей анестезии:  $3 \times 1 \times 4 = 12$  мл/час*

- *Средний расход десфлурана:  $3 \times 1 \times 8 = 24$  мл/час*

- *Средний расход изофлурана:  $3 \times 1 \times 2 = 6$  мл/час*

# ДЕСФЛЮРАН

- Оказывает раздражающее действие на дыхательные пути (кашель, ларингоспазм, апноэ)
- При резком увеличении концентрации оказывает выраженное влияние на гемодинамику (тахикардия, гипертензия, синдром обкрадывания)
- Не рекомендуется для индукции в анестезию
- Имеет наименьшую растворимость в органах и тканях по сравнению с изофлюраном и севофлюраном (быстрое пробуждение после окончания анестезии)
- Не обладает гепатотоксичностью
- Обладает кардиопротективным действием
- Экологически безопасен
- Относительно высокая стоимость, сравнимая с севофлюраном

# Ингаляционные анестетики: сходства и различия

	Галотан	Изофлуран	Десфлуран	Севофлуран
Индукция	++	+	0	+++
Гемодинамическая стабильность	+	++	++	+++
Раздражение дыхательных путей	+++	++	+	+++
Возможность титрации	0	+	+++	++
Период восстановления	0	+	+++	++

**НИЗКОПОТОЧНАЯ**

**АНЕСТЕЗИЯ**

# ИСТОРИЯ ВОПРОСА

- **D. Jackson (1879-1980)**
    - 1915 г. закрытый циркуляционный контур, эфир, закись азота, кислород
  - **R. Waters (1883-1979)**
    - 1924 г. он разработал простую, надежную и недорогую маятниковую систему с адсорбером
- 1933г. циклопропан**

# Схема наркозно-дыхательного аппарата

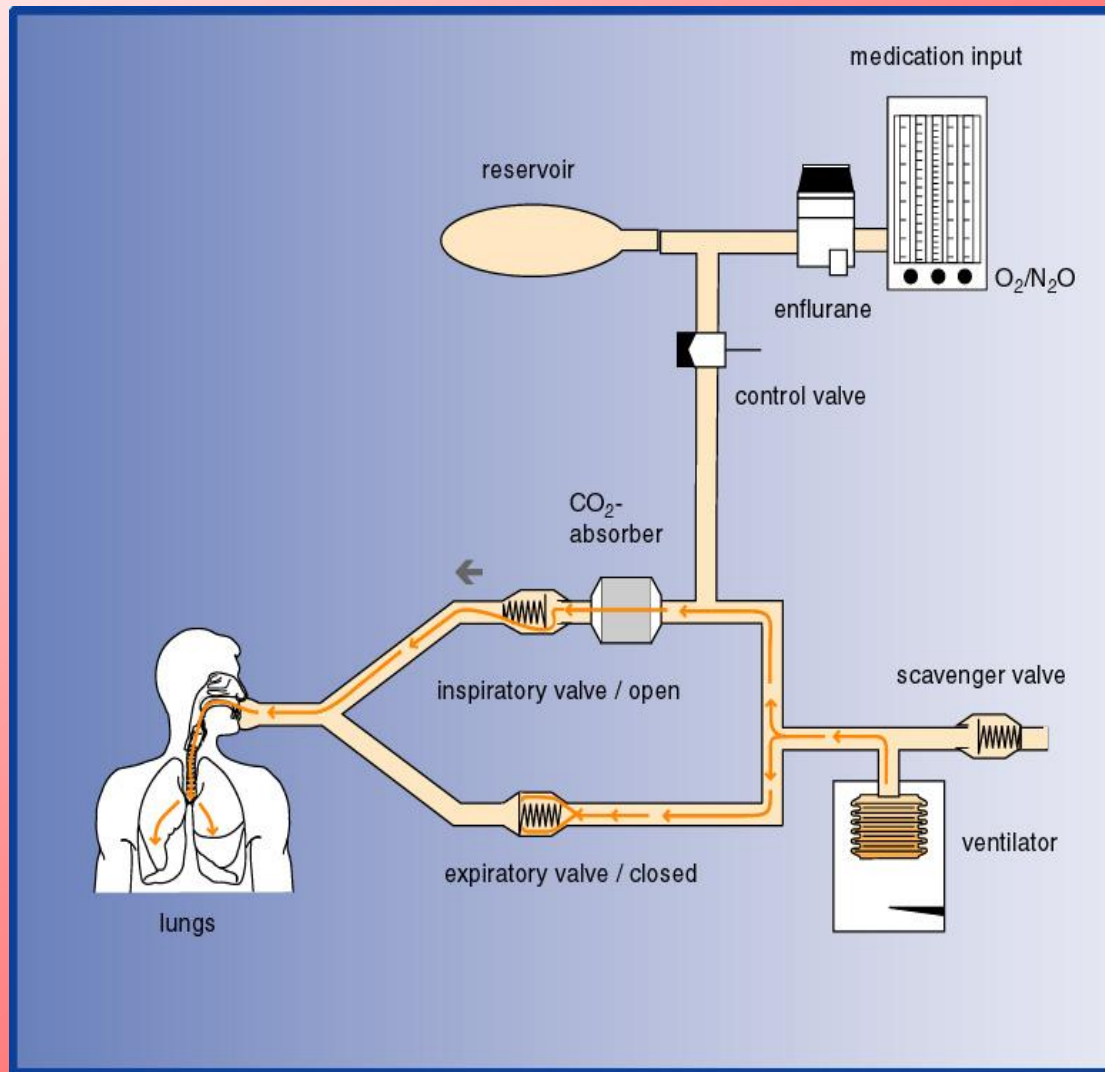
Дыхательный контур

Испаритель

CO<sub>2</sub> адсорбер

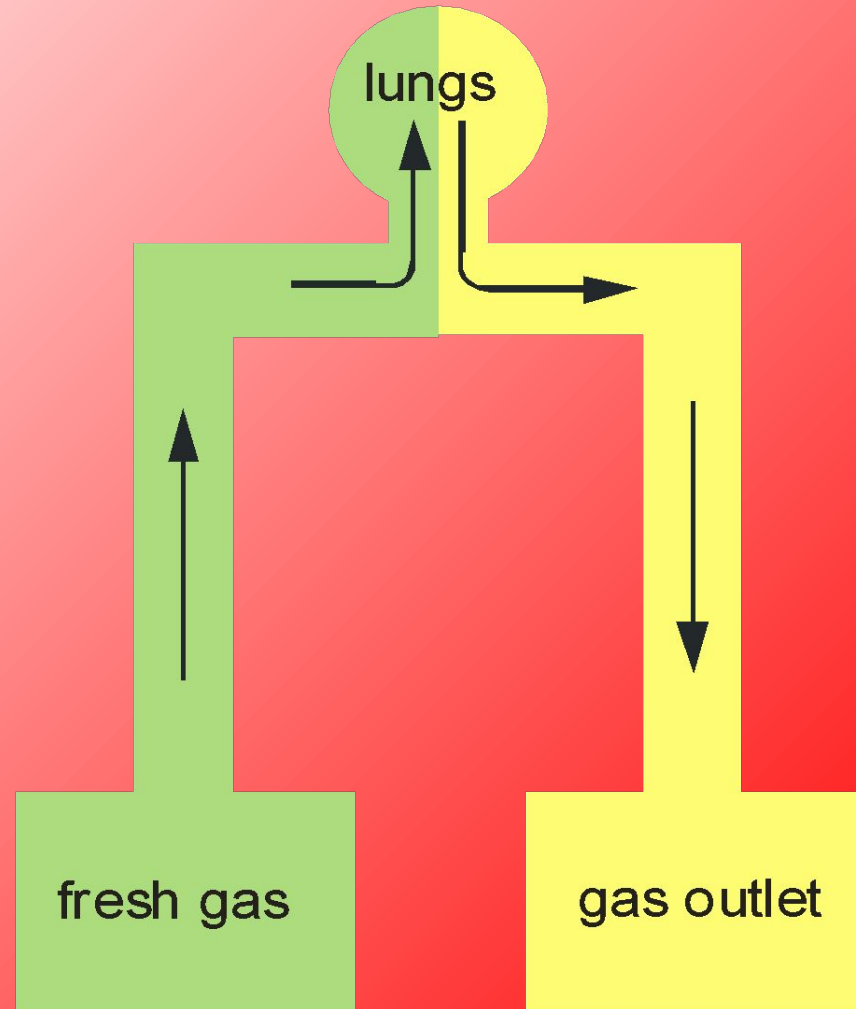
• Вентилятор

• Монитор



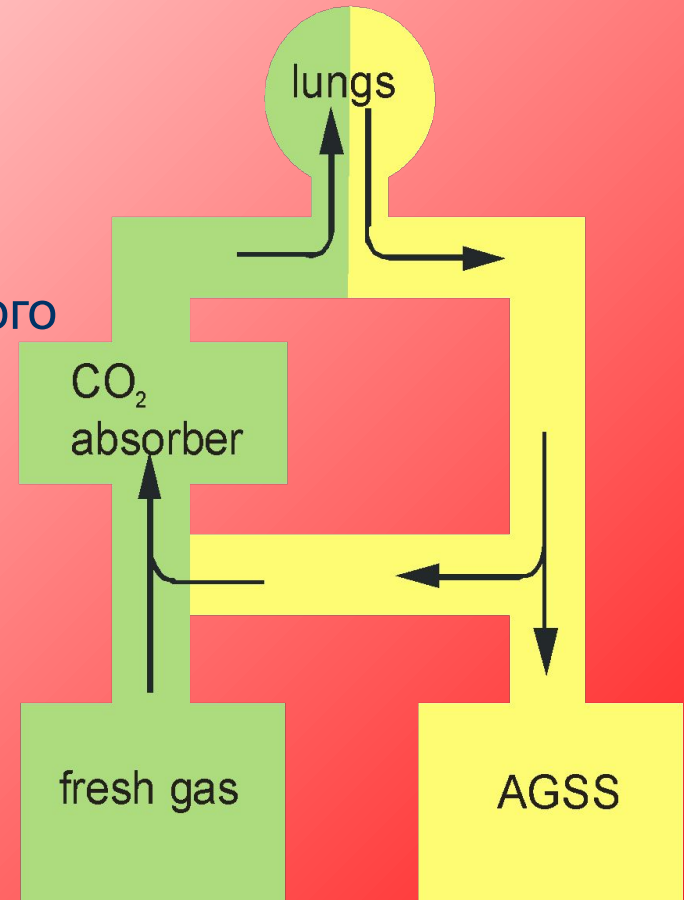
# Полуоткрытый дыхательный контур

- Вдыхаемый и выдыхаемый газ отделены
- Скорость потока свежего газа выше минутного объема дыхания



# Полузакрытый дыхательный контур

- Освобождение выдыхаемой смеси от CO<sub>2</sub>
- Скорость потока свежего газа ниже минутного объема дыхания
- Снижение стоимости анестезии





# CO<sub>2</sub> адсорбер

- обязательный компонент реверсивных систем
- задача:  
связать CO<sub>2</sub>, а так же  
нагреть и увлажнить газ
- два типа:
  - A: Натронная известь (в Европе)  
NaOH = катализатор
  - B: Барийная известь (в США)  
Ba(OH)<sub>2</sub> = катализатор



# ДЫХАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

- **Функция любого дыхательного контура в подаче кислорода и анестетиков и элиминации углекислоты (или с помощью высокого газотока или с помощью натронной извести)**

# КЛАССИФИКАЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ

(Международная Комиссия по стандартизации (ISO))

## 1. В зависимости от особенностей конструкции:

- Реверсивные
- Нереверсивные
- Системы без газового резервуара;

## 2. В зависимости от функциональных особенностей:

- Закрытые
- Полузакрытые
- Полуоткрытые
- Открытые

# Классификация дыхательных контуров в зависимости от величины газотока

газоток в контуре	название
>4 л/мин	<b>высокий газоток</b> <b>high flow anesthesia</b>
0,5-1.0 л/мин	<b>низкий газоток</b> <b>low flow anesthesia</b>
< / = 0.5 л/мин	<b>минимальный газоток</b> <b>minimal flow anesthesia</b>
Равен поглощению газов и паров анестетика в данный момент времени	<b>закрытый контур</b> <b>closed system anesthesia</b>

# Классификация потока

SIMIONESCU 1986 (Модификация Baker AB 1994)

- **ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ ПОТОК** - > 4 л/мин
- **ВЫСОКИЙ ПОТОК** - 2- 4
- **СРЕДНИЙ ПОТОК** - 1-2
- **НИЗКИЙ ПОТОК** - 500- 1000 мл/мин
- **МИНИМАЛЬНЫЙ ПОТОК** - 250-500
- **МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПОТОК** - 250

- **Низкопоточная анестезия** –  
анестезия с потоком свежего газа  
значительно ниже МВЛ и вариацией в  
пределах 0.5-1 л/мин (вариант  
полузакрытого контура)

# Преимущества низкопоточной анестезии

- Повышение температуры и влажности в дыхательном контуре
- Снижение расхода медицинских газов и стоимости анестезии
- Снижение загрязнения окружающей среды (Снижение загрязненности воздуха в операционной и улучшение общей экологической обстановки)

# ОБЩИЙ ПРИНЦИП

- Чем ниже газоток, тем меньшее количество газа уходит из дыхательного контура в виде избытка и тем больше пропорция повторного вдыхания газов.
- Термин «Анестезия низким потоком» относится к методике анестезии в полужакрытом контуре, когда не менее 50% выдыхаемой газовой смеси возвращается назад пациенту после абсорбции CO<sub>2</sub>
- То есть, используя современные круговые дыхательные контуры этого можно достичь при снижении газотока как минимум до 2 л/мин



# ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ

## ■ **Респираторы.**


В зависимости от особенностей конструкции:

- респираторы с непрерывной подачей свежего газа-свежий газ поступает непрерывно на протяжении всего дыхательного цикла. Чем ниже газоток, тем выраженнее снижение ДО,МВЛ и давления в дыхательных путях.
- респираторы с прерываемой подачей свежего газа-свежий газ поступает только в экспираторную фазу дыхательного цикла и параметры ИВЛ не зависят от потока свежего газа.

■ **Герметичность дыхательного контура.** Разгерметизация ведет к дефициту газа в дыхательном контуре. Утечка не более 100 мл/мин.

■ **Испарители.** Должны быть точно откалиброваны. Ограничение пропускной способности с целью повышения безопасности пациента от передозировки.

# ИСПАРИТЕЛИ

- **Устройства для доставки безопасной концентрации летучего анестетика в дыхательный контур**
- **Анестетик заливается в испаритель в жидкой форме и выходит в виде пара в концентрации, установленной анестезиологом**
- **У всех испарителей есть общие черты:**
  -  **Камера испарения**
  -  **Обходной канал**
  -  **Современные созданы под конкретный препарат**

# Испаритель



# ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ИСПАРИТЕЛЯ

- Камера Испарения и Устройство Разделения Газотока
  - Анестетик доставляется больному газом через дыхательный контур
  - Анестетик нельзя просто подлить к контур, т.к. конечная концентрация будет слишком высока, что может вызвать передозировку
  - Испаритель нужен для безопасной, предсказуемой и управляемой концентрации газа в дыхательном контуре
  - Разделение газотока на 2 потока
    - Один через Камеру Испарения
    - Второй через Обходной Канал сразу в контур
- «СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ» - ЭТИМ И УПРАВЛЯЕТ АНЕСТЕЗИОЛОГ**
- После испарителя в контуре эти 2 потока смешиваются

# КАЛИБРОВКА ИСПАРИТЕЛЯ

- Это термин для описания точности работы испарителя в определенных границах
- Производители могут предоставить данные сравнения выхода анестетика с идеальными условиями
- Пример: Испаритель может быть откалиброван выдавать  $\pm 10\%$  от установки при газотоке от 2 до 10 л/мин
- За этими границами выход менее предсказуем

# БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПАРИТЕЛЕЙ

- Индивидуальные насадки снижают риск использования не того анестетика
- Индикаторы уровня анестетика
- Интерлок предотвращает одновременное включение нескольких испарителей
- Мониторинг концентрации анестетика



# Особенности фармакокинетики кислорода и ингаляционных анестетиков в дыхательном контуре с НИЗКИМ ГАЗОТОКОМ

## Фармакокинетика кислорода

- $V_{O_2}$ , мл/мин =  $m_T * 4$  (М. Kleiber )

## Фармакокинетика закиси азота

- $V_{N_2O}$ , мл/мин =  $1000 * t^{-1/2}$ ,  
где  $t$  - время от начала подачи  $N_2O$  в дыхательный контур, минуты (Severinghaus)

## Фармакокинетика галогенсодержащих анестетиков

- $V_{an} = (1.3 - Fi_{N_2O}) * МАК * I_{B/G} * 2 * m_T^{3/4} * t^{-1/2}$   
где  $V_{an}$  - скорость поглощения анестетика, мл/мин; МАК - минимальная альвеолярная концентрация;  $I_{B/G}$  - коэффициент растворимости кровь/газ;  $t$  - время от начала подачи анестетика в контур, минуты

# Дефицит газа в дыхательном контуре с НИЗКИМ ГАЗОТОКОМ

- дефицит газа в системе развивается в тех случаях, когда скорость поступления закиси азота в контур ( $V_{fg_{N_2O}}$ ) не соответствует интенсивности ее поглощения организмом в данный момент времени ( $V_{fg_{N_2O}} < V_{N_2O}$ )  
F. Foldes



# Коррекция потоков O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O при проведении низкопоточной анестезии

- чем выше  $V_{O_2}$ , тем больше кислорода экстрагируется организмом из системы с низким газотоком и тем ниже  $F_{iO_2}$  при одних и тех же значениях  $F_{gO_2}$
- Соотношение N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub>, установленное по ротаметрам наркозного аппарата, в дыхательном контуре с низким газотоком изменяется в сторону **снижения  $F_{iO_2}$**
- Данное обстоятельство определяет необходимость в осуществлении коррекции соотношения N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub> в контуре с учетом величины потребления кислорода. С этой целью в момент снижения газотока следует увеличить поток O<sub>2</sub> и снизить поток N<sub>2</sub>O по ротаметрам

- повторная коррекция потоков  $N_2O$  и  $O_2$  должна осуществляться в том случае, если  $Fi_{O_2}$  во время анестезии с низким газотоком достигнет отметки  $<30\%$
- поток  $O_2$  следует увеличить на  $10\%$  от суммарного потока  $O_2+N_2O$ , снизив одновременно с этим поток  $N_2O$  на такую же величину. Согласно R. Virtue, поток  $O_2$  у взрослых должен быть увеличен не менее, чем на  $15\%$  от суммарного потока  $O_2+N_2O$

J. Baum и R. Virtue

- Потребление  $O_2$  постоянно –  $3 \cdot 4$  ml/kg
- $N_2O$  снижается со временем
  - 0.5л/мин- 15-20 мин
  - 0.4 -15-20мин
  - 0.3-30мин
  - 0.2-30мин для достижения  $FiO_2$  выше 30%

# Концентрация галогенсодержащих анестетиков в дыхательном контуре с НИЗКИМ ГАЗОТОКОМ

- при снижении газотока до отметки  $<1.5$  л/мин мониторинг концентрации галогенсодержащих анестетиков в контуре должен проводиться в обязательном порядке
- в течение первых 15-20 мин от начала ингаляции парообразующего анестетика происходит его интенсивное поглощение тканями организма, в связи с этим снижать газоток в системе необходимо не ранее, чем через 20 мин от начала подачи галогенсодержащего анестетика в контур

В. Ваер и Т. Таммисто

# СТРАТЕГИЯ АНЕСТЕЗИИ НИЗКОГО ПОТОКА

- **Добавлять в контур только количество анестетика, потребляемого больным, таким образом уменьшая выброс его в атмосферу и излишний расход**

# ДРУГИЕ ГАЗЫ В КОНТУРЕ

- **АЗОТ** (2-2.5л в ФОЁЛ, 4л в контуре) и медленное вымывание (0.7л) из всего организма. Может вести к небольшому накапливанию в контуре
- **МЕТАН** Вырабатывается кишечной флорой. Может аккумулировать после 14h до % поддерживающего горение (5.4% в  $O_2$ )
- **АЦЕТОН** Печеночный метаболизм. Вызывает ПОТР (PONV), замедление пробуждения. Важно у больных с диабетом, циррозом и длительном предоперационном голодании

# Факторы, влияющие на фармакокинетику в/в анестетиков

- Длительность введения препарата
- Период полувыведения
- Объем распределения
- Клиренс

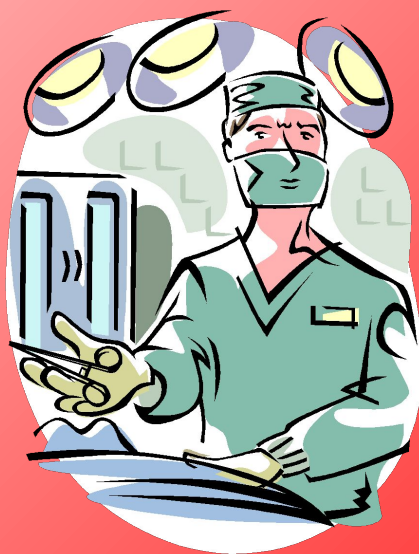


*Ни один из этих факторов не контролируется анестезиологом*

# Факторы, влияющие на фармакокинетику ингаляционных анестетиков

- Концентрация препарата
- Поток свежего газа
- Альвеолярная вентиляция
- Сердечный выброс

*Анестезиолог  
может влиять  
на эти 2 фактора*





# **БЕЗОПАСНОСТЬ ПАЦИЕНТА ПРИ НИЗКОПОТОЧНОЙ АНЕСТЕЗИИ**

**Мониторинг концентрации кислорода,**

**углекислоты и ингаляционных  
анестетиков**

**в дыхательном контуре обязателен!**

# ? ЧЕМУ ОТДАТЬ ПРЕДПОЧТЕНИЕ ?

## ИНГАЛЯЦИОННАЯ

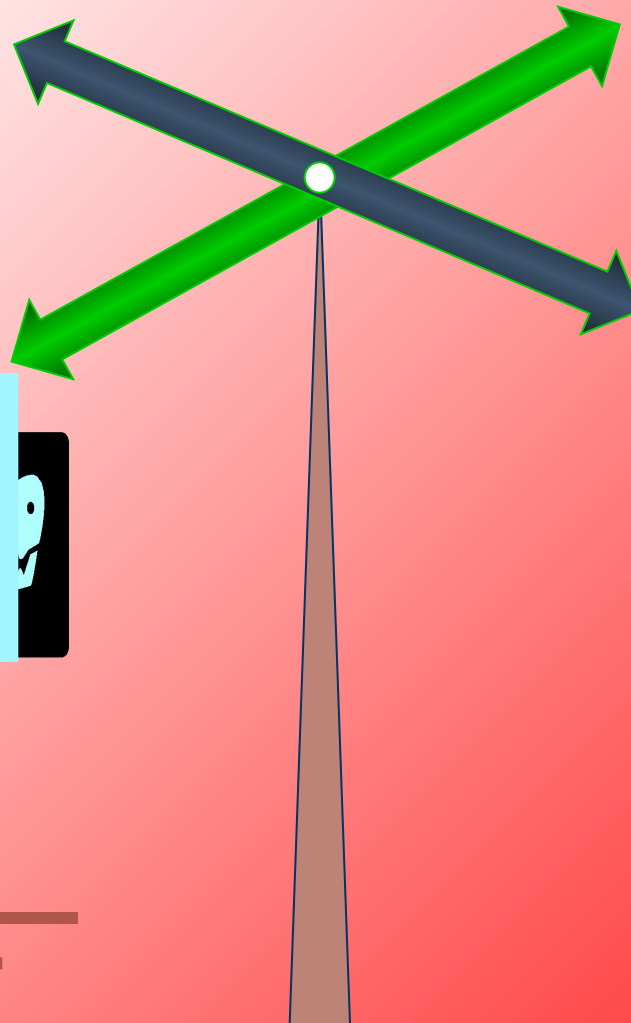
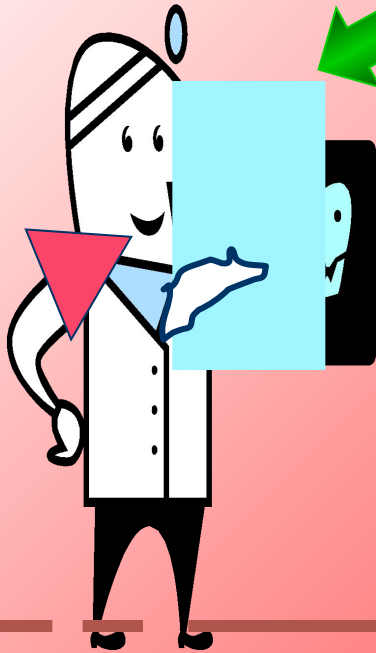
ГАЛОТАН  
ЭТРАН  
АЕРРАН  
СЕВОРАН

## РЕГИОНАЛЬНАЯ

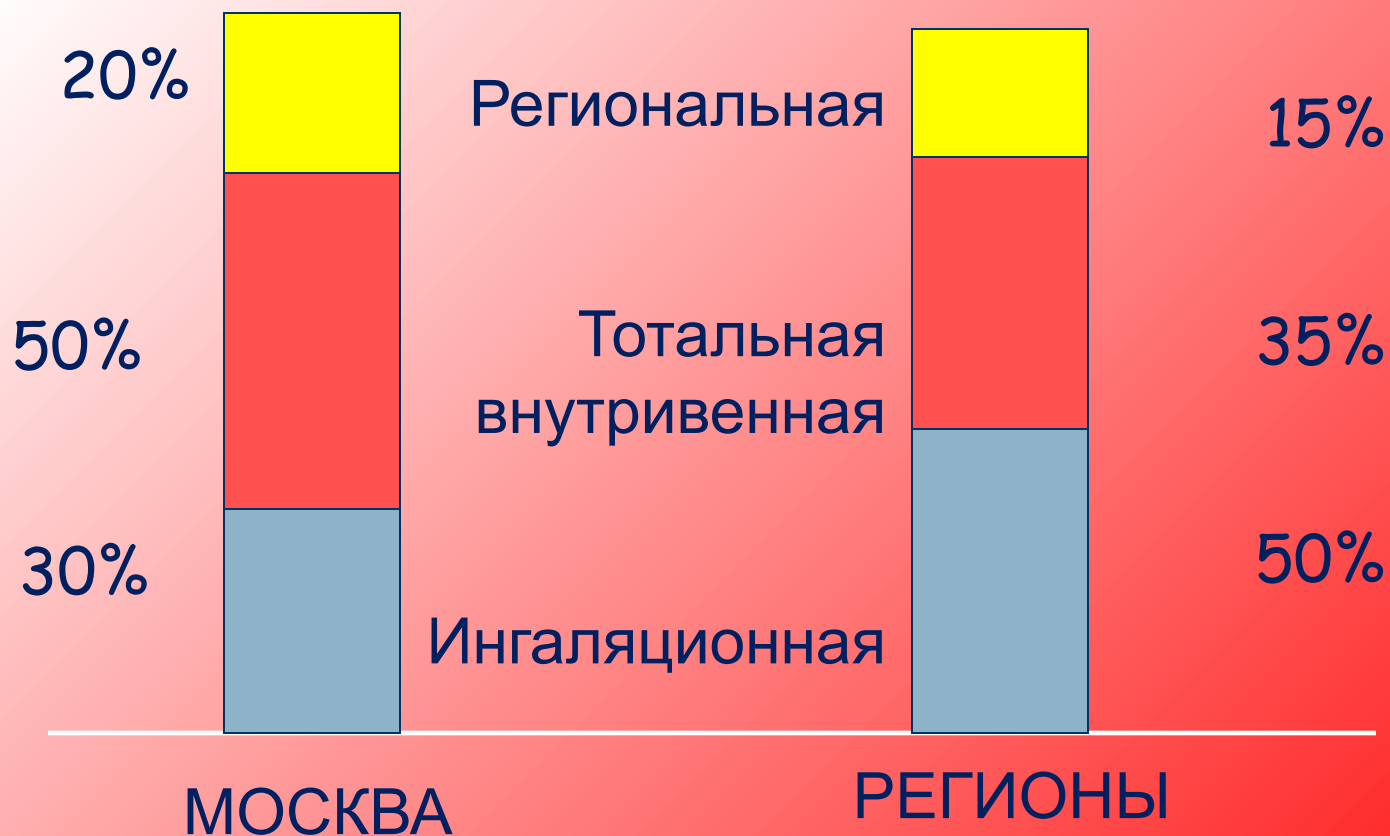
НОВОКАИН  
ЛИДОКАИН  
БУТТИВАКАИН  
НАРОПТИН

## ТОТАЛЬНАЯ ВНУТРИВЕННАЯ

ПРОПОФОЛ  
КЕТАМИН  
ДРОТЕРИДОЛ  
ФЕНТАНИЛ  
ДОРМИКУМ  
МИОРЕЛАКСАНТЫ



# Доля различных видов анестезии в РФ



# ОСНОВА ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ КОМБИНИРОВАННОЙ АНЕСТЕЗИИ

## Периоперационная эпидуральная анальгезия

по H.Breivik и G.Niemi:

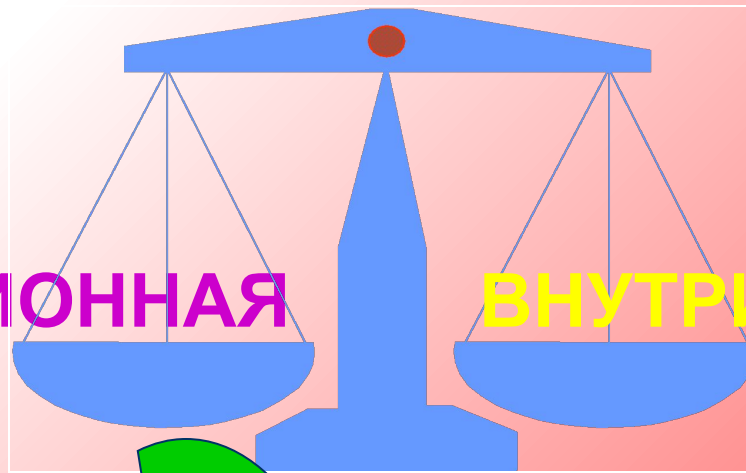
**наропин** 2 мг/мл

**адреналин** 2 мкг/мл

**фентанил** 2 мкг/мл

3-12 (15) мл/час

Поверхностная ингаляционная анестезия  
севофлюраном или изофлюраном



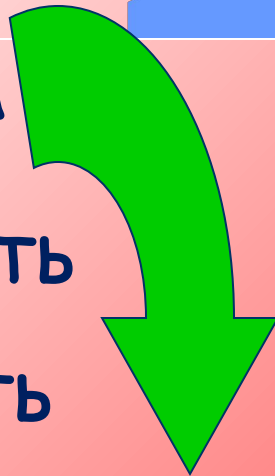
**ИНГАЛЯЦИОННАЯ**

**ВНУТРИВЕННАЯ**

? **АППАРАТУРА**

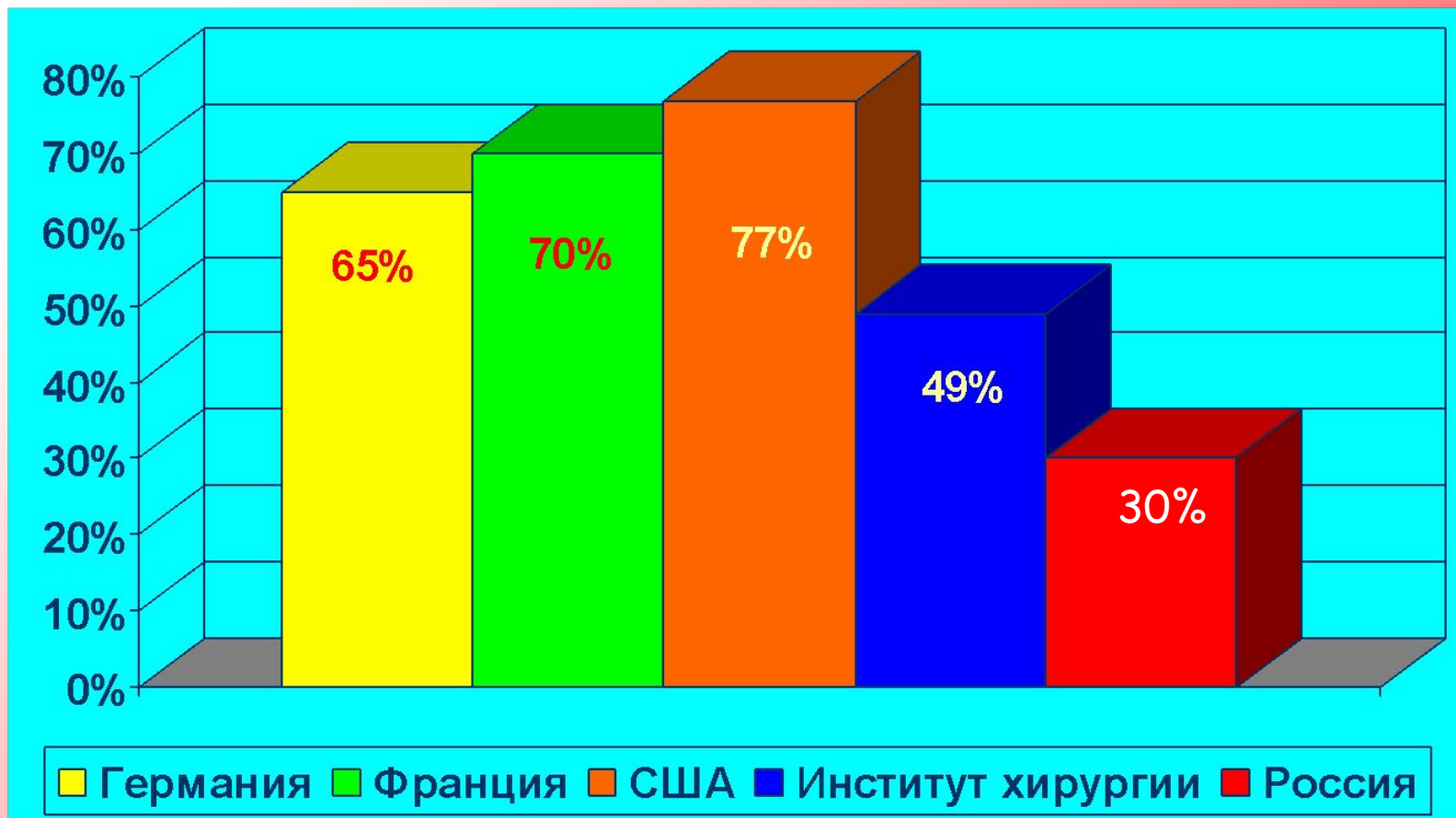
? **ТОКСИЧНОСТЬ**

? **СТОИМОСТЬ**



**КАЧЕСТВО АНЕСТЕЗИИ**

# Востребованность ингаляционной анестезии в мире



**? ? ? ВОПРОС:**

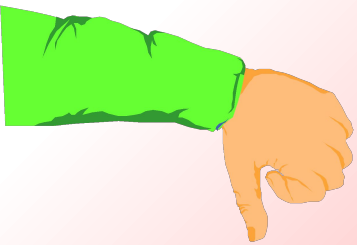
**Так что же вызывает столь страстную  
любовь приверженцев и такое же  
стойкое неприятие противников  
ингаляционной анестезии?**

# ЗА

- **Исключительная надежность**
- **Быстрота** наступления эффекта и быстрая элиминация
- **Точность дозировки:** МАК тот уникальный критерий, равный которому постоянно стремятся выработать, но так и не могут найти при в/в анестезии



# Причины падения интереса к ингаляционной анестезии в нашей стране



- Токсичность для пациента и персонала в операционной (галотан)
- Дорогостоящие наркозно - дыхательные аппараты и испарители
- Высокая стоимость самого анестетика
- Сложившееся стойкое предубеждение против ингаляционной анестезии

# Фармакокинетика внутривенных анестетиков

- Распределение ( $T_{1/2\alpha}$ ) и элиминация ( $T_{1/2\beta}$ ) в виде полувремени является характеристикой кинетики
- Распределение – короткое: мин
- \* Элиминация – более длительная : часы

**ПРИМЕР:**

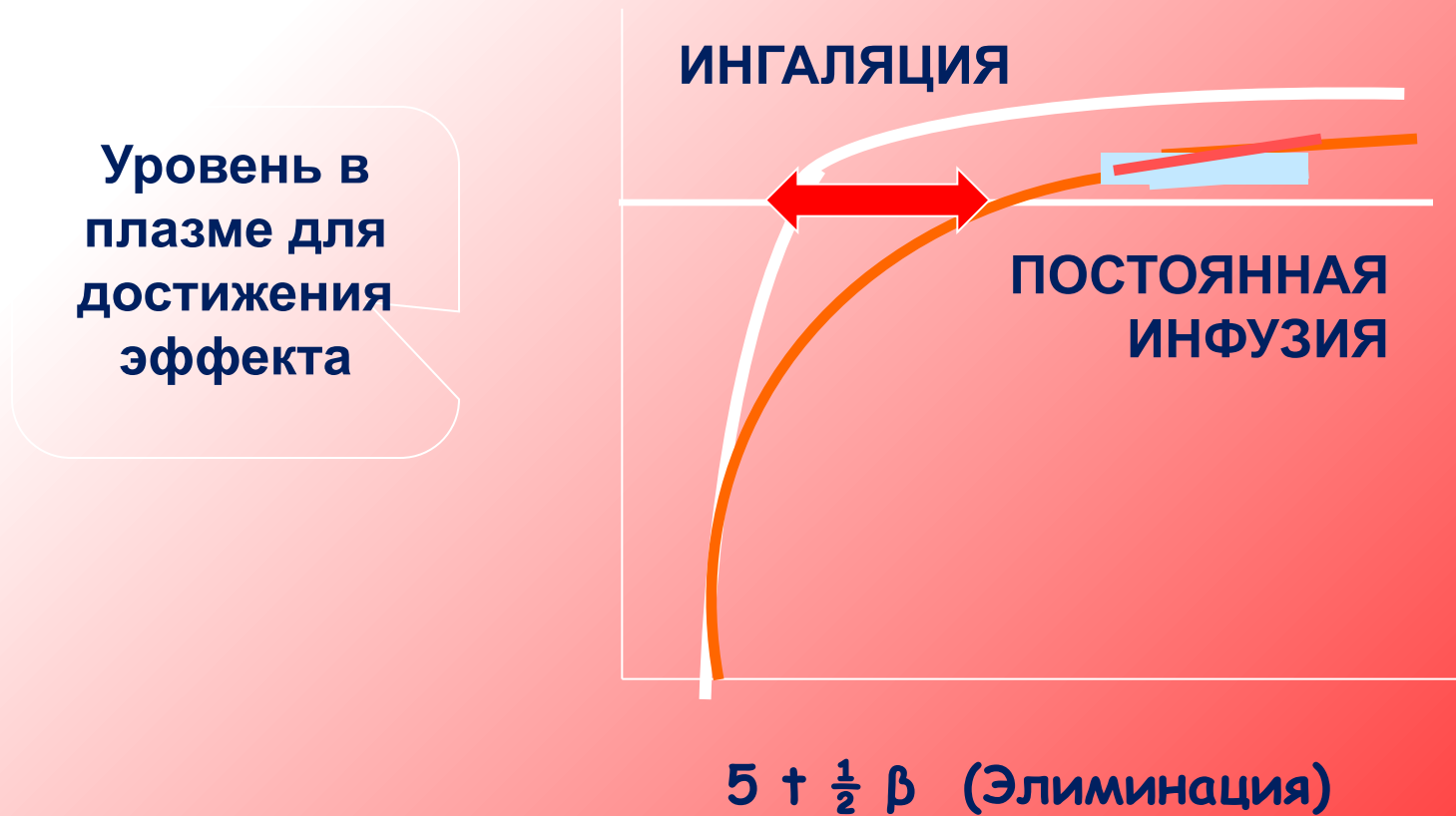
ПРОПОФОЛ

$$\begin{aligned} T_{1/2\alpha} &= 2 \text{ мин} \\ T_{1/2\beta} &= 52 \text{ мин} \end{aligned}$$

ТИОПЕНТАЛ

$$\begin{aligned} T_{1/2\alpha} &= 8,5 \text{ мин} \\ T_{1/2\beta} &= 694 \text{ мин} \end{aligned}$$

# ПОСТОЯННАЯ ИНФУЗИЯ В СРАВНЕНИИ С ИНГАЛЯЦИЕЙ



Плато достигается быстрее при ингаляции

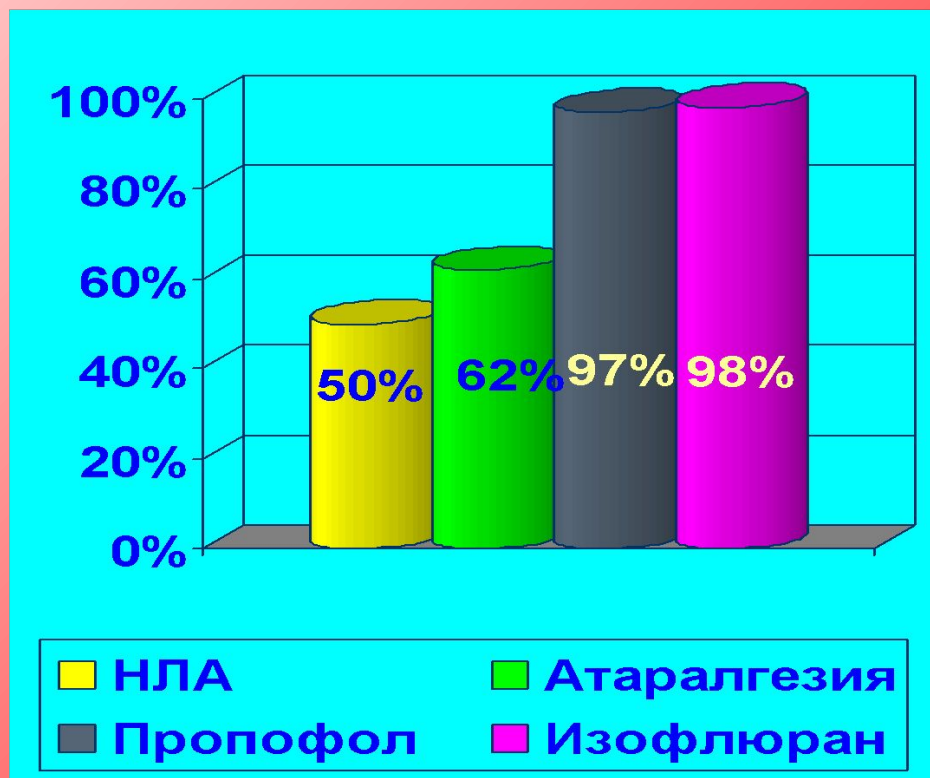
# ЧАСТОТА ИНТРАНАРКОЗНОГО ПРОБУЖДЕНИЯ



- Клинический анализ и ретроспективный опрос
- Мониторинг ВП головного мозга
- Информационный и биспектральный мониторинг ЭЭГ

# Способность к самообслуживанию (в % к общему числу больных этой группы) через 12 ч п/о

- Продолжительность операции 5 - 6 часов
- Неосложненное течение п/о периода



# Тошнота и рвота в п/о периоде (в % к общему кол. больных данной группы)

- Продолжительность операции 2 - 3 ч
- Операции «не затрагивающие» брюшную полость: торакальные, пластические



**? ЧЕМУ ОТДАТЬ ПРЕДПОЧТЕНИЕ ?**

**SUUM QUIQUE !!!**

**КАЖДОМУ СВОЕ !!!**

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**

