

# Дыхательные контуры наркозно – дыхательной аппаратуры. Испарители.

*Anaesthetic circuits*

Лоскутов О.А.

**Course :** 1

**Year :** 2008

**Language :** Ukrainian

**Country :** Ukraine

**City :** Kiev

**Weight :** 1688 kb

**Related text :** no



<http://www.feea.net>



**Уинстон Черчилль :** «Чем глубже вы заглядываете в прошлое, тем больше сможете увидеть в будущем»

### **Средний возраст жизни людей во времена Древнего Рима**

| <b>Местонахождение захоронения</b> | <b>Средний возраст жизни (лет)</b> |
|------------------------------------|------------------------------------|
| г. Рим                             | 29,9                               |
| Иберия                             | 31,4                               |
| Британия                           | 32,5                               |
| Германия                           | 35,0                               |
| Северная Африка                    | 46                                 |

**Если учесть, что около 10 млрд. когда-либо живших на Земле людей доживали в среднем до 40 лет, и 5% своей жизни (т.е. ~ 200 трлн. часов) они провели в мучениях, вызванных болезнью или физической болью, то можно сказать, что человечество дорого заплатило в борьбе за продолжительность жизни**



*«... Когда все прибыли, я на минуту удалился в свою комнату, с благоговением преклонил колени в молитве, а затем вернулся к хирургам и провел их в помещение, где все было готово.*

*Меня крепко привязали к столу. Когда ввели щипцы, началась сильная боль. Она росла с каждым движением инструмента, нащупывающим камень.*

*..... я был в твердом и здоровом уме, хотя и в смятении ... и даже был в состоянии понимать, что происходит»*

**(операция по удалению камня из мочевого пузыря, сделанная Генри Клайном, хирургом больницы св. Фомы 30 декабря 1811 г.)**



## **Арнольд де Вилланова (1235-1311):**

*«... чтобы привести больного в состояние такого глубокого сна, чтобы он был, как мертвый, и не чувствовал, как его режут, возьмите в равных частях опий, кору мандрагоры и корни белены, измельчите их и смешайте все с водой. Когда вам нужно наложить швы и разрезать плоть человека, намочите тряпицу в этой смеси и приложите ее к его лбу и ноздрям. Он вскоре уснет так глубоко, что вы сможете делать, что хотите. Чтобы его разбудить, смочите тряпицу крепким уксусом»*



**12 ноября 1846 г. – Регистрация в Бюро патентов  
эфирного наркоза**



*На имя Чарльза Т. Джексона и Уильяма  
Т.Г.Мортон* был выдан патент № 4848



**Хэмфри Дейви (1778-1829) описал  
результаты вдыхания закиси  
азота:**

*«... все были заняты потягиванием  
газа из пузыря.*

*По мере действия газа, кто-то  
начинал прыгать через столы и  
стулья, некоторые вставали в позу,  
чтобы произнести речь, другие  
намеревались начать драку, а один  
юный господин настойчиво лез к  
дамам целоваться»*

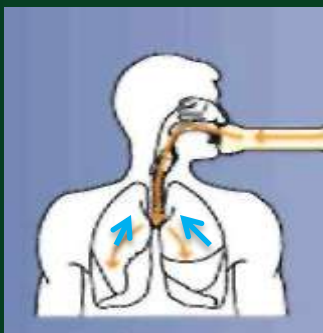




# Дыхательные контуры - системы, доставляющие газы от наркозного аппарата к больному

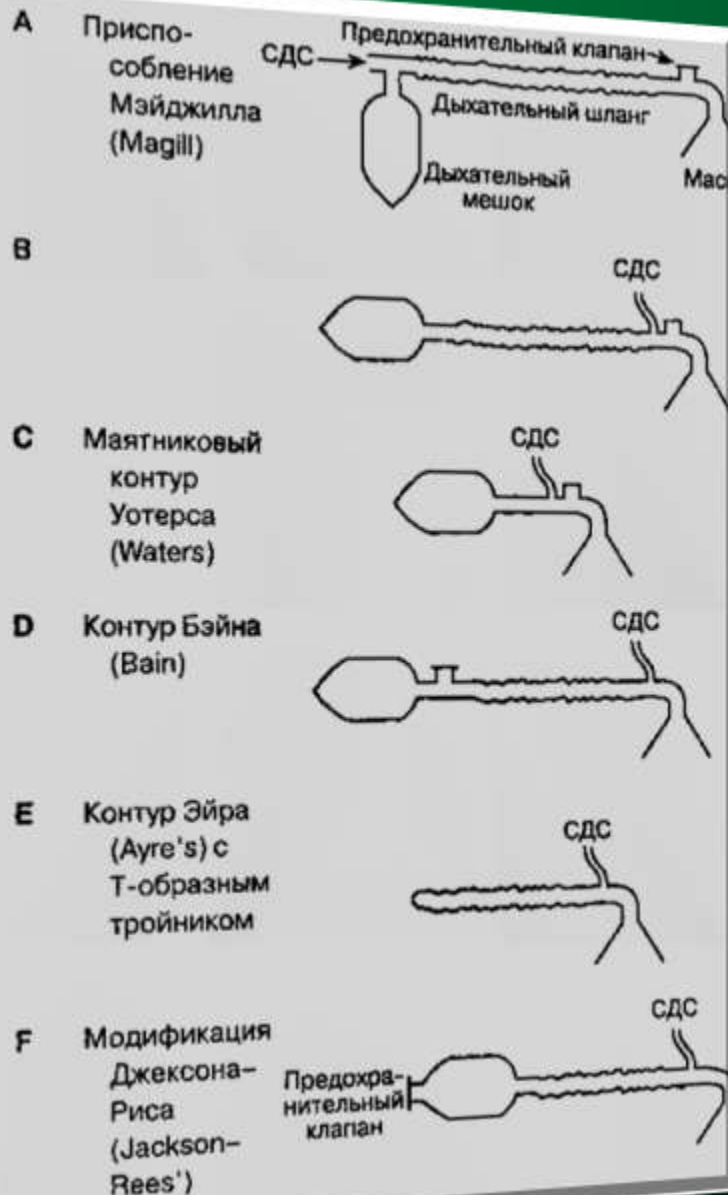


## Нереверсивный контур



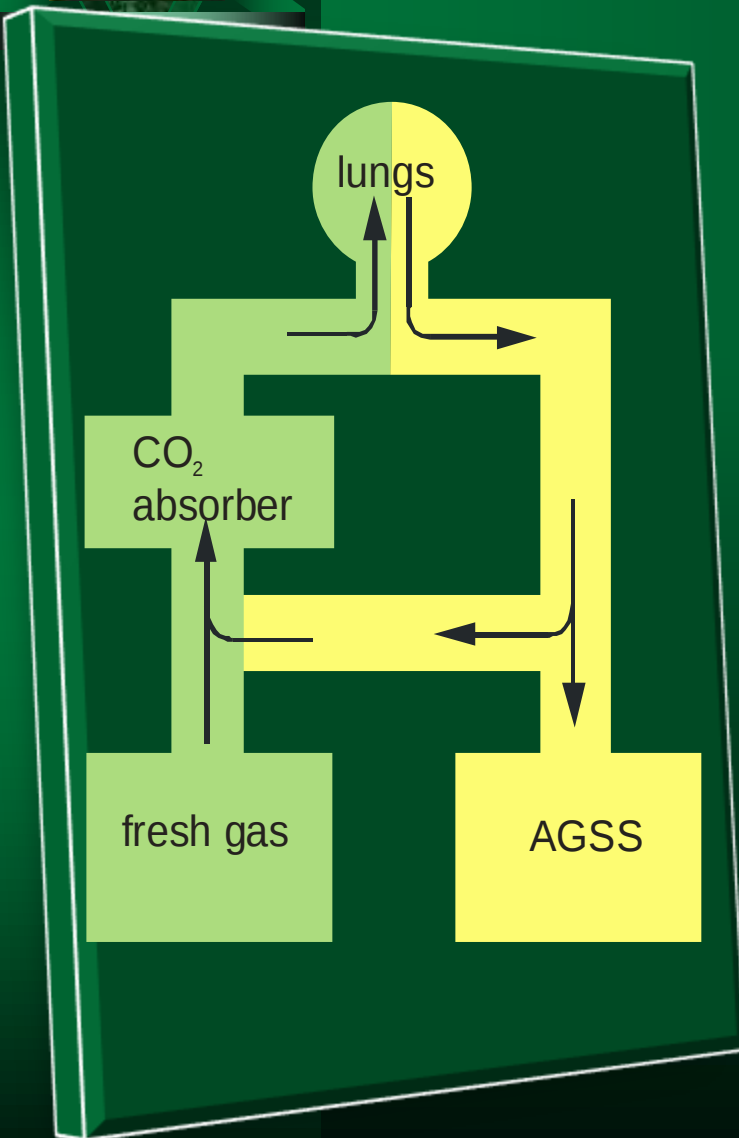
- Разновидности:
  - **открытый контур** (вдыхаемый воздух проходит через испаритель и поступает к пациенту; выдох происходит в атмосферу)
  - **полуоткрытый контур**

# Полуоткрытые контуры (контуры Мэйплсона)



- **Общие конструктивные особенности:**
  - гофрированная трубка
  - клапан сброса (или регулируемый клапан ограничения давления)
- **Отличия:**
  - расположением клапана сброса и входа свежего газа
  - наличием или отсутствием мешка-резервуара
- **Достоинства:**
  - простота конструкции и портативность
  - способность обеспечивать быстрое изменение глубины анестезии
  - отсутствие рециркуляции выдыхаемых газов
- **Недостатки:**
  - ограниченная способность удаления отработанных газов
  - высокий расход свежего газа
  - отсутствие увлажнения, потеря тепла

# Реверсивный контур



- **Общие конструктивные особенности:**
  - выдыхаемая газовая смесь, смешиваясь с поступающим в контур свежим газом, вновь попадает на линию вдоха
- **Подача газонаркотической смеси:**
  - циркуляционный способ подачи смеси
  - маятникообразный способ подачи смеси
- **Достоинства:**
  - управление глубиной анестезии
  - отвод отработанных газов
  - сохранение тепла и влажности дыхательной смеси
- **Недостатки:**
  - большие размеры
  - сложность конструкции
  - высокое сопротивление
  - непредсказуемая концентрация газов во вдыхаемой смеси при низкой скорости потока свежего газа

# Полузакрытые контуры



- **Особенности циркуляции газов:**

Вдыхаемая газонаркотическая смесь частично возвращается в газопроводящую систему наркозного аппарата, а частично поступает в атмосферу

- **Общие конструктивные особенности:**

- магистраль вдоха и выдоха
- нереверсивные клапаны
- абсорбер углекислого газа
- газовый мешок-резервуар
- клапан сброса в магистрали выдоха

- **Достоинства:**

- сохранение влаги и тепла
- возможность использования низких газотоков
- применения системы удаления отработанных газов

- **Недостатки:**

- сложность системы, включающая около 10 соединений
- громоздкость конструкции
- циркуляция выдыхаемых газов

## Закрытые контуры



- **Особенности циркуляции газов:**

Выдыхаемая газонаркотическая смесь полностью возвращается в газопроводящую систему наркозного аппарата

- **Общие конструктивные особенности:**
  - предусматривает вдох и выдох соответственно из аппарата в аппарат; выдыхаемая газо-наркотическая смесь после освобождения от  $\text{CO}_2$  в адсорбере вновь поступает к больному
- **Достоинства:**
  - сохранение влаги и тепла
  - возможность использования низких газопотоков
  - экономия анестетика
  - применения системы удаления отработанных газов
- **Недостатки:**
  - сложность системы
  - требуется дополнительный мониторинг
  - циркуляция выдыхаемых газов

## Классификация дыхательных контуров в зависимости от величины газотока

- В отличие от систем с высоким газотоком, которые относятся к полуоткрытым контурам, контуры с низким и минимальным газотоком функционируют как полузакрытые
- Если же поток свежего газа ниже “минимального” и равен суммарному поглощению газов ( $O_2$ ,  $N_2O$ ) и паров анестетика (фторотан, изофлюран, севофлюран и т. д.) в данный момент времени, то такой контур принято называть закрытым



## Классификация величины газотока в дыхательных контурах

| Газоток в контуре | Определение                                      |
|-------------------|--------------------------------------------------|
| > 4 л/мин         | высокий газоток<br>(high flow anesthesia)        |
| 1,0 – 0,5 л/мин   | низкий газоток<br>(low flow anesthesia)          |
| менее 0,5 л/мин   | минимальный газоток<br>(minimal flow anesthesia) |



## Преимущества методов анестезии с низким газотоком

- **Улучшение микроклимата в дыхательном контуре** (границы оптимальной температуры ( $28^{\circ}\text{C}$ ) и влажности ( $17 \text{ мг H}_2\text{O/л}$ ) вдыхаемой газовой смеси могут быть достигнуты уже через 30-60 мин. от момента снижения газотока)
- **Снижение расхода кислорода и средств ингаляционного наркоза**
- **Уменьшении стоимости анестезиологического пособия** (прямые и косвенные финансовые потери, связанные со сбросом в атмосферу излишков газа из дыхательных контуров наркозных аппаратов во время анестезии с высоким газотоком, в 1977 г. в США составили более 80 млн. US\$)
- **Снижение загрязнения воздуха в операционной** (ПДК  $\text{N}_2\text{O}$  на рабочем месте не должна превышать 25 ppm (parts per million - частей на 1 млн. частей воздуха), а ПДК галогенсодержащих анестетиков - 2 ppm. При потоке  $\text{N}_2\text{O} = 2,5 \text{ л/мин.}$  ПДК~ 122 ppm, при потоке 0,5 л/мин. - 29 ppm, при потоке 0,2 л/мин - 15 ppm)



## **Преимущества методов анестезии с низким газотоком**

- **Уменьшение вероятности передозировки галогенсодержащих анестетиков**
- **Снижение риска интраоперационного пробуждения пациента по причине внезапного прекращения подачи анестетика**



## Требования к оборудованию при проведении low flow anesthesia, ИЛИ minimal flow anesthesia

- Проведение анестезии на основе низких потоков свежего газа возможно при использовании реверсивных дыхательных контуров (циркуляционный контур, маятниковый контур)
- Циркуляционный контур наиболее приемлем для проведения анестезии со сниженным газотоком как у взрослых, так и у детей
- Маятниковый контур менее удобен в эксплуатации и для проведения анестезии с низким газотоком используется редко, поскольку процессы адсорбции  $\text{CO}_2$  в таких системах протекают менее эффективно и могут сопровождаться определенными негативными явлениями (перегревание газовой смеси)



## Требования к оборудованию при проведении low flow anesthesia, ИЛИ minimal flow anesthesia

- При уменьшении газотока в контуре увеличивается доля рециркулирующей выдыхаемой газовой смеси с высоким содержанием  $\text{CO}_2$  (при потоке свежего газа 6 л/мин. к пациенту возвращается 3-5% выдыхаемой газовой смеси, при газотоке 1 л/мин. – 55-60%, а при газотоке 0,5 л/мин. – 75-80%). В связи с этим обязательна комплектация адсорберами для удаления  $\text{CO}_2$
- Дыхательный контур респиратора должен быть максимально герметичен (величина допустимой утечки газовой смеси из контура с минимальным газотоком не должна превышать 100 мл/мин. при 30 см вод.ст.)
- Испарители жидких анестетиков должны иметь механизм термобарокомпенсации и обеспечивать корректное дозирование анестетика в широком диапазоне потоков газа (от 0,2 до 15 л/мин.)



## Требования к системе мониторинга при проведении «low flow anesthesia»

- динамический контроль за концентрацией  $O_2$  на вдохе
- непрерывный контроль за концентрацией  $CO_2$  на выдохе
- непрерывный контроль за концентрацией ингаляционного анестетика на выдохе
- динамическое наблюдение за дыхательным объемом, минутной вентиляцией легких и давлением в дыхательных путях

### В. Ваер и Т. Tammisto:

- **полуоткрытый контур:** концентрация любого галогенсодержащего анестетика на вдохе ( $C_i an$ )  $\approx$  его концентрации в свежей газовой смеси (концентрации на испарителе,  $C_{vp} an$ )
- **при «low flow anesthesia»:** концентрация анестетика на вдохе зависит главным образом от его концентрации в выдыхаемой газовой смеси

Если мониторингирование одного из параметров представляет затруднения, от анестезии с использованием низких потоков следует отказаться по соображениям безопасности для пациента



## Дефицит газа в дыхательном контуре при проведении «low flow anesthesia»

- В течение первых 15 - 20 мин. от начала ингаляции пареообразующего анестетика происходит его интенсивное поглощение тканями организма, поэтому попытки снизить поток свежего газа в этот промежуток времени могут привести к увеличению разницы между  $C_i \text{ an}$  (концентрация анестетика на вдохе) и  $C_{vp} \text{ an}$  (концентрация анестетика в свежей газовой смеси)
- В связи с этим многие авторы рекомендуют снижать газоток в системе не ранее чем через 20 мин. от начала подачи галогенсодержащего анестетика в контур



## Накопление в контуре примесей посторонних газов

- Азот: организм взрослого человека содержит примерно 2,7 л чистого азота
- При 15-минутной денитрогенизации по полуоткрытому контуру с высоким газотоком из организма элиминируется около 2 л свободного азота
- Оставшиеся 0,7 л находятся в плохо перфузируемых тканях организма и высвобождаются из них крайне медленно

(L. Versichelen и G. Rolly показали, что при 5-минутной денитрогенизации концентрация азота в контуре к концу 1-го часа от момента снижения газотока у взрослых составляет в среднем 16%, а при 15-минутной - не более 4%)



## Накопление в контуре примесей посторонних газов

- Ацетон: проводя анестезию по закрытому контуру, *S. Morita* и *соавт.* обнаружили, что к концу 4-го часа от момента снижения газотока концентрация ацетона в дыхательном контуре повышается в среднем с 1,3 до 5,9 ppm (частей на 1 млн. частей воздуха), а соответствующие им плазменные концентрации – с 0,8 до 3,8 мг/л, т.е. не превышают предельно допустимых концентраций (соответственно  $\leq 1000$  ppm и  $\leq 5$  мг/л по немецким гигиеническим стандартам)



## Пример расчета потребления кислорода

- для расчета принимают величину потребления  $O_2 = 4$  мл/кг/мин.

**Пример:** пациент 60 кг ( $N_2O:O_2=2:1$ )

- потребление  $O_2$ :  $4 \times 60 = 240$  мл/мин.;
- после 10-кратного уменьшения газотока до 0,9 л/мин. из дыхательного контура каждую минуту будет экстрагироваться 240 мл  $O_2$ ;
- количество газовой смеси, циркулирующей в контуре, составит  $900 - 240 = 660$  мл/мин.
- при соотношении  $N_2O:O_2 = 2:1$  это составляет:  
440 мл/мин. — для  $N_2O$  ( $2/3$  от 660 мл/мин.), и  
220 мл/мин. — для  $O_2$  ( $1/3$  от 660 мл/мин.)

В связи с этим при потоке 900 мл/мин., чтобы сохранить соотношение  $N_2O:O_2 = 2:1$  постоянным, следует вводить в контур **440 мл/мин.  $N_2O$**  и  **$220 + 240 = 460$  мл/мин.  $O_2$**



## Принципы проведения анестезии с низким газотоком

- если концентрация  $O_2$  на вдохе в процессе проведения анестезии с низким газотоком опускается ниже рекомендуемого безопасного уровня (30% на вдохе), проводят дополнительную коррекцию потоков газов: поток  $O_2$  по ротаметру увеличивают, одновременно уменьшая поток  $N_2O$
- индукция и выход из анестезии должны осуществляться по полуоткрытому контуру с высоким газотоком, поскольку это обеспечивает быструю динамику концентрации анестетика на вдохе и выдохе
- за 5 мин. до запланированного окончания анестезии газоток в контуре повышают, а затем прекращают подачу всех летучих анестетиков и приступают к ингаляции чистого кислорода



## Этапы «low flow anesthesia»

- денитрогенизация 100% кислородом в течение 10 - 15 мин.

- Индукция:

- в/в, или ингаляционная индукция (газовый поток  $> 4$  л/мин. в режиме спонтанного дыхания по полуоткрытому контуру)

- Интубация трахеи

- Поддержание анестезии:

- снижение газотока в контуре до отметки 0,5 – 1,0 л/мин. (низкопоточная анестезия), или  $< 0,5$  л/мин. (анестезия с минимальным газотоком) производят пошагово (шаг – 5 мин: 2л/мин., 1 л/мин., 0,5 л/мин.)
  - фаза инициации занимает **15 мин.!**
  - концентрация кислорода во вдыхаемой смеси ( $F_iO_2$ ) не должна быть ниже 30%
  - в момент снижения газотока необходимо провести коррекцию потоков кислорода ( $O_2$ ) и закиси азота ( $N_2O$ ) по ротаметрам с поправкой на величину потребления  $O_2$



## Этапы «low flow anesthesia»

- Если концентрация кислорода на вдохе в процессе проведения анестезии с низким газотоком опускается ниже 30% на вдохе, проводят дополнительную коррекцию потоков газов: поток  $O_2$  по ротаметру увеличивают, одновременно уменьшая поток  $N_2O$
- В случае, необходимости изменения уровня общей анестезии, газоток в контуре повышают, а затем увеличивают или уменьшают концентрацию анестетика на испарителе
- Выход из анестезии:
  - осуществляться по полуоткрытому контуру с высоким газотоком, а затем прекращают подачу всех летучих анестетиков и приступают к ингаляции чистого кислорода



## Противопоказания к проведению «low flow anesthesia»

- Недостаточный мониторинг и несоответствующая наркозно – дыхательная аппаратура
- Отсутствие или истощение адсорбента
- Недостаточная герметичность дыхательного контура (аппаратно – масочный наркоз, несоответствие размеров интубационной трубки, превышение лимитов допустимых утечек)
- Острый бронхоспазм
- Состояния, которые могут сопровождаться накоплением в контуре посторонних газов (отравления газообразными веществами, декомпенсированный сахарный диабет, тяжелая гемолитическая анемия, длительное голодание, алкогольная интоксикация, порфирия)
- Состояния с резким повышением основного обмена (сепсис, злокачественная гипертермия)

## Испаритель ингаляционного анестетика



- **Vapor® 2000** - калиброванный испаритель ингаляционных анестетиков, работающий без подогрева, предназначен для обогащения дыхательной смеси сухих, медицинских газов наркозного аппарата паром жидкого анестетика при точной дозировке его концентрации
- Испаритель калибруется только для определенного анестетика и предназначен для работы только с этим анестетиком
- Работа испарителя зависит от направления газотока. Для подключения к наркозному аппарату испаритель должен быть оснащен соответствующим адаптером, без которого эксплуатация испарителя с данным наркозным аппаратом не допускается. Одновременная работа нескольких испарителей, последовательно соединенных в линию, в особенности при использовании различных анестетиков, не допускается



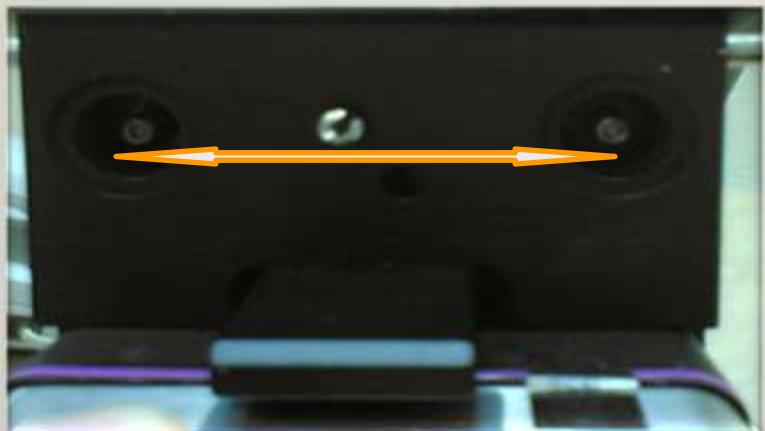
## Типы испарителей и совместимость с маркой наркозного аппарата



### Система Selectatec-7см

*Марка наркозного аппарата*

1. Penlon
2. Datex Ohmeda
3. Dameca Siesta
4. Shtefan Artek



### Система Plug-in – 5см

*Марка наркозного аппарата*

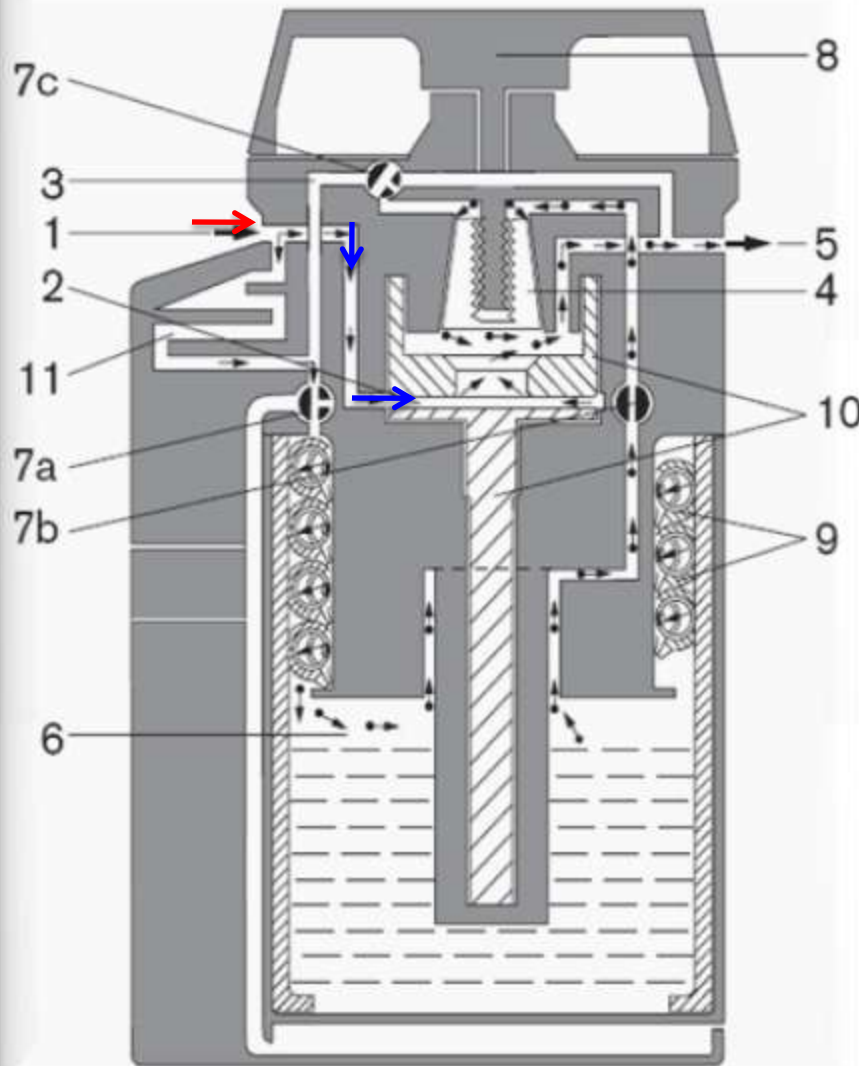
1. Draeger Tiro
2. Draeger Fabius
3. Draeger



## **Основные технические характеристики испарителей**

- **Испаритель должен обеспечивать точное дозирование анестетика в широком диапазоне потоков свежего газа – от самых минимальных до максимально возможных**
  - Vapor 19.n и Vapor 2000 фирмы Dräger - в диапазоне потоков 0,25-15 л/мин.,
  - TEC 5 (Ohmeda) и Penlon PPV sigma (Penlon) - в диапазоне 0,2-15 л/мин.,
  - испарители, аппаратов EAS 9010 и EAS 9020 (Gambro-Engström) и PhysioFlex (Physio), вообще не зависят от потока свежего газа, поскольку в данных моделях реализована концепция автоматического инъекционного введения анестетика по принципу обратной связи (electronic feedback control)
- **максимальная пропускная способность испарителя ограничена значением  $\sim 3 \times \text{МАК}$** 
  - испаритель для галотана - до 4 об.%,
  - для энфлюрана и изофлюрана - до 5 об.%,
  - для севофлюрана - до 8 об.%,

# Принцип работы испарителя



- 1** – вход свежей дыхательной смеси
- 2** – байпас камеры испарения
- 3** – дополнительный байпас
- 4** – дозировочный конус
- 5** – выход испарителя
- 6** – камера испарения
- 7a, 7b** – запорные ventили камеры испарения
- 7c** – запорный ventиль дополнительного байпаса
- 8** – барабанный дозиметр
- 9** – пропитанный анестетиком фитиль
- 10** – система термодинамической компенсации
- 11** – система компенсации давления

## Испаритель ингаляционного анестетика



### • Правила эксплуатации:

- эксплуатация при  $T^{\circ}$  = от 10 до 40  $^{\circ}\text{C}$ ,
- при  $P_{\text{атм.}}$  = от 850 до 1100 гПа,
- при временном перерыве в работе и при наличии анестетика в испарителе -  $T^{\circ}$  = от 0 до 40  $^{\circ}\text{C}$ ,
- если из испарителя удален анестетик и фильтр просушен -  $T^{\circ}$  = от -20 до 70  $^{\circ}\text{C}$ ,
- скорость газотока - от 0,25 до 15 л/мин.,  
от 0,25 до 10 л/мин. - при концентрациях  $> 5$  об %,
- объем заправки анестетиком :
  - ~ 360 мл при сухом фитиле,
  - ~ 300 мл при влажном фитиле,
  - ~ 260 мл – уровень между отметками «мин.» и «макс.»

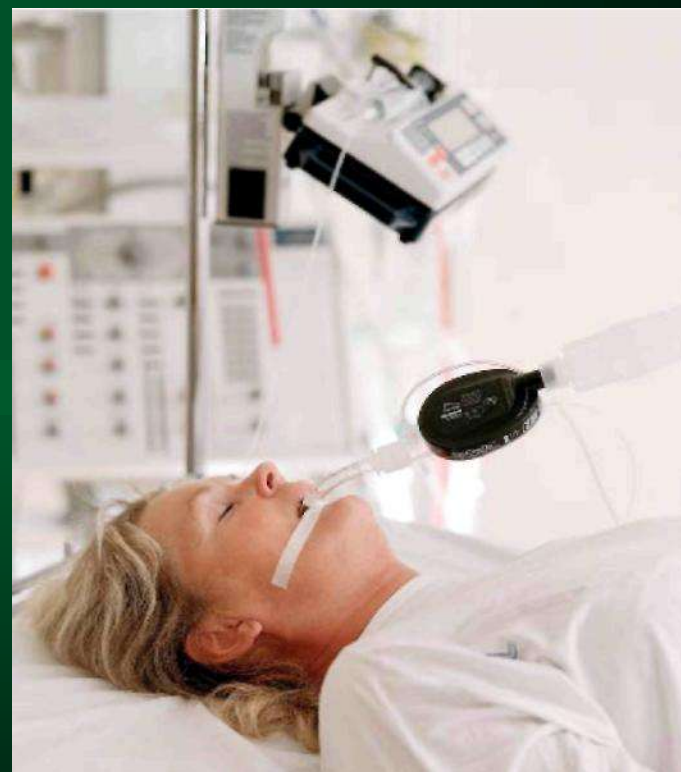
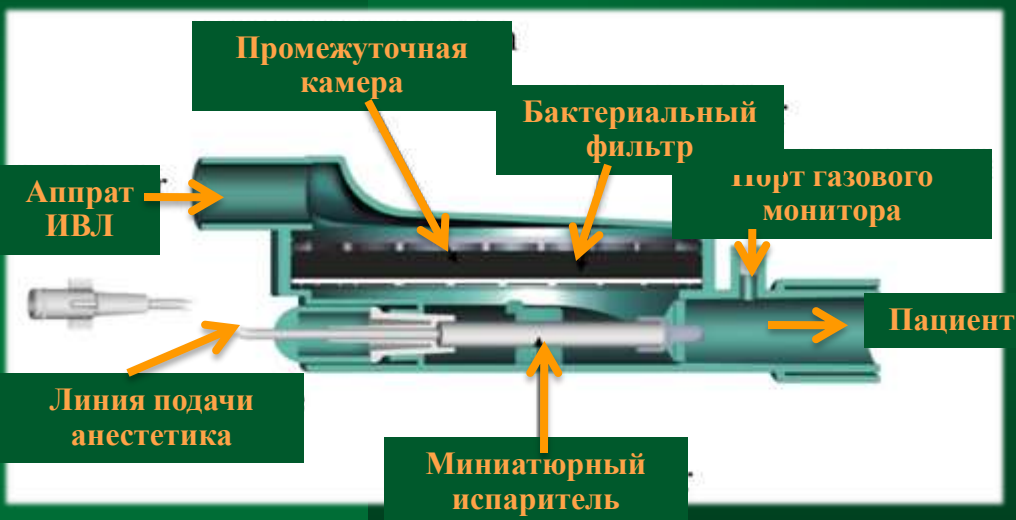
# **AnaConDa (Anaesthetic Conserving Device) – инновационная система для подачи и дозирования Изофлюрана в ИТ**



## **Преимущества:**

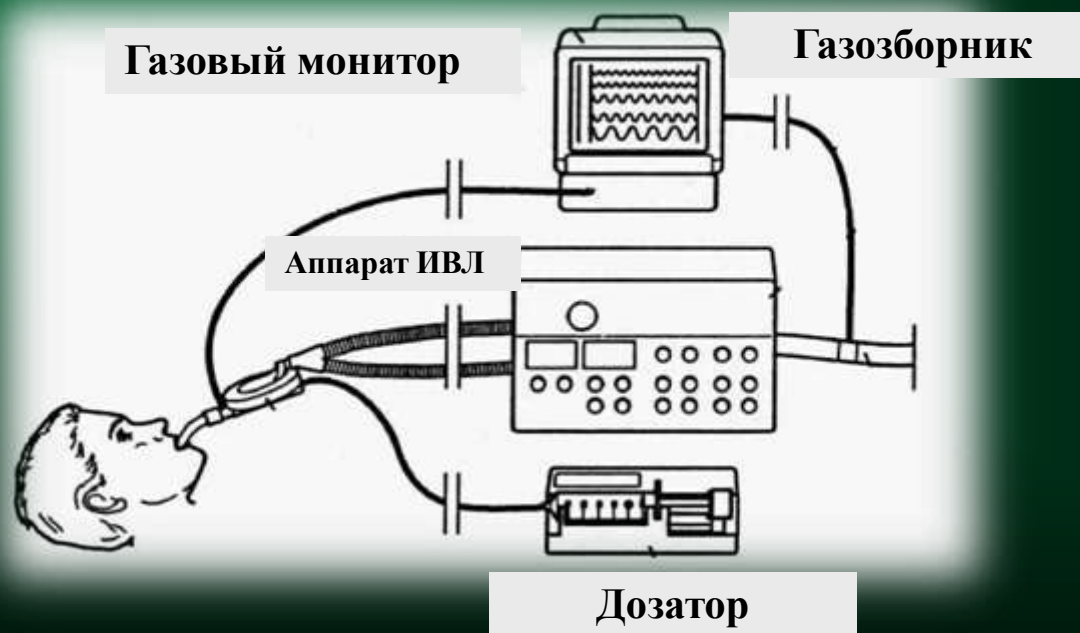
- возможность применения в ОИТ
- компактность
- возможность использования с любыми типами аппаратов ИВЛ
- возможность планирования восстановления сознания и времени экстубации
- возможность использования низких концентраций анестетика (~ 0,3 – 0,8 об% изофлюрана)
- возможность непрерывного контроля дозировки анестетика

# AnaConDa (Anaesthetic Conserving Device) – инновационная система для подачи и дозирования Изофлюрана в ИТ



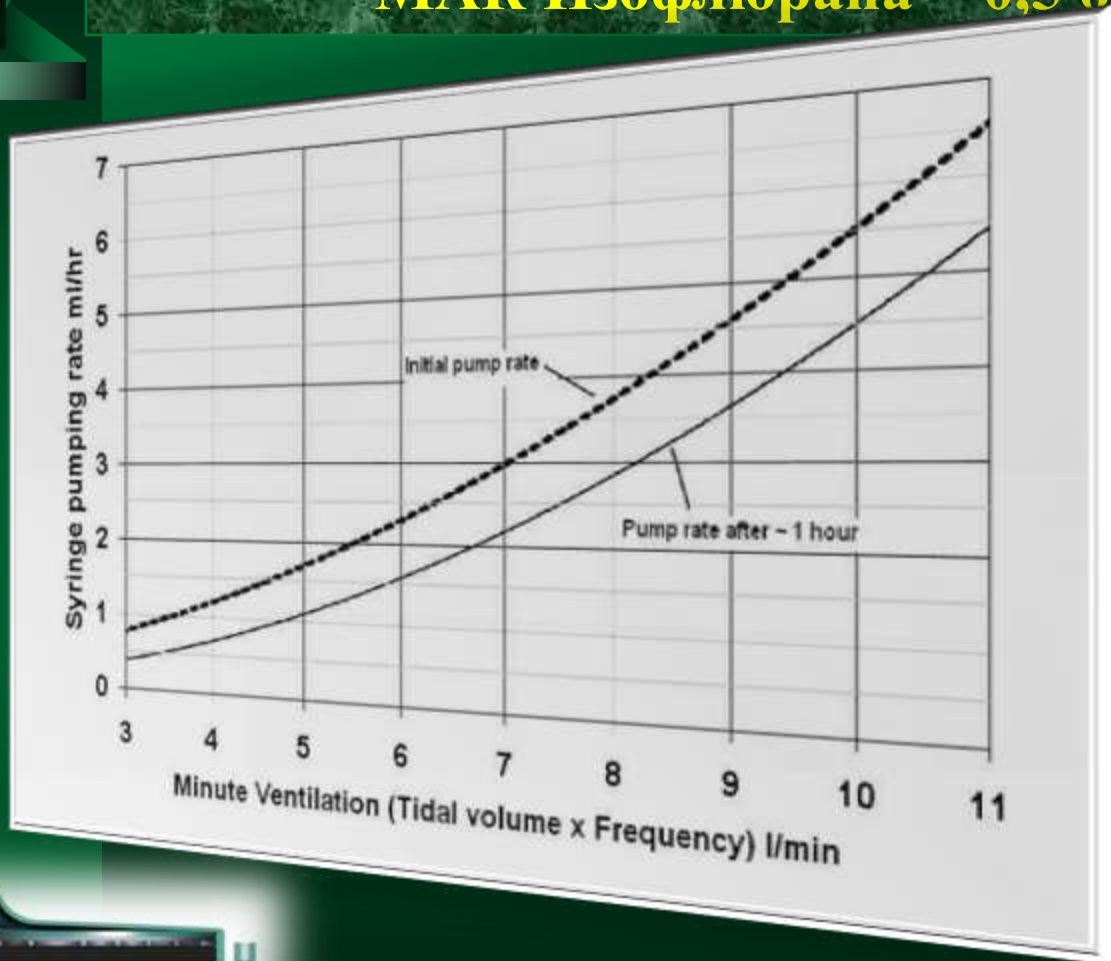
Sackey et al. // Crit.Care.Med.- 2004.- Vol.32.- P. 2241-2246 :  
«... AnaConDa позволяет дозировать Изофлюроан без использования дорогого оборудования и предоставляет возможность проведения управляемой седации в ОИТ»

# Схема подключения системы AnaConDa (Anaesthetic Conserving Device)





# Скорость шприца – дозатора для достижения МАК Изофлюрана = 0,5 об%



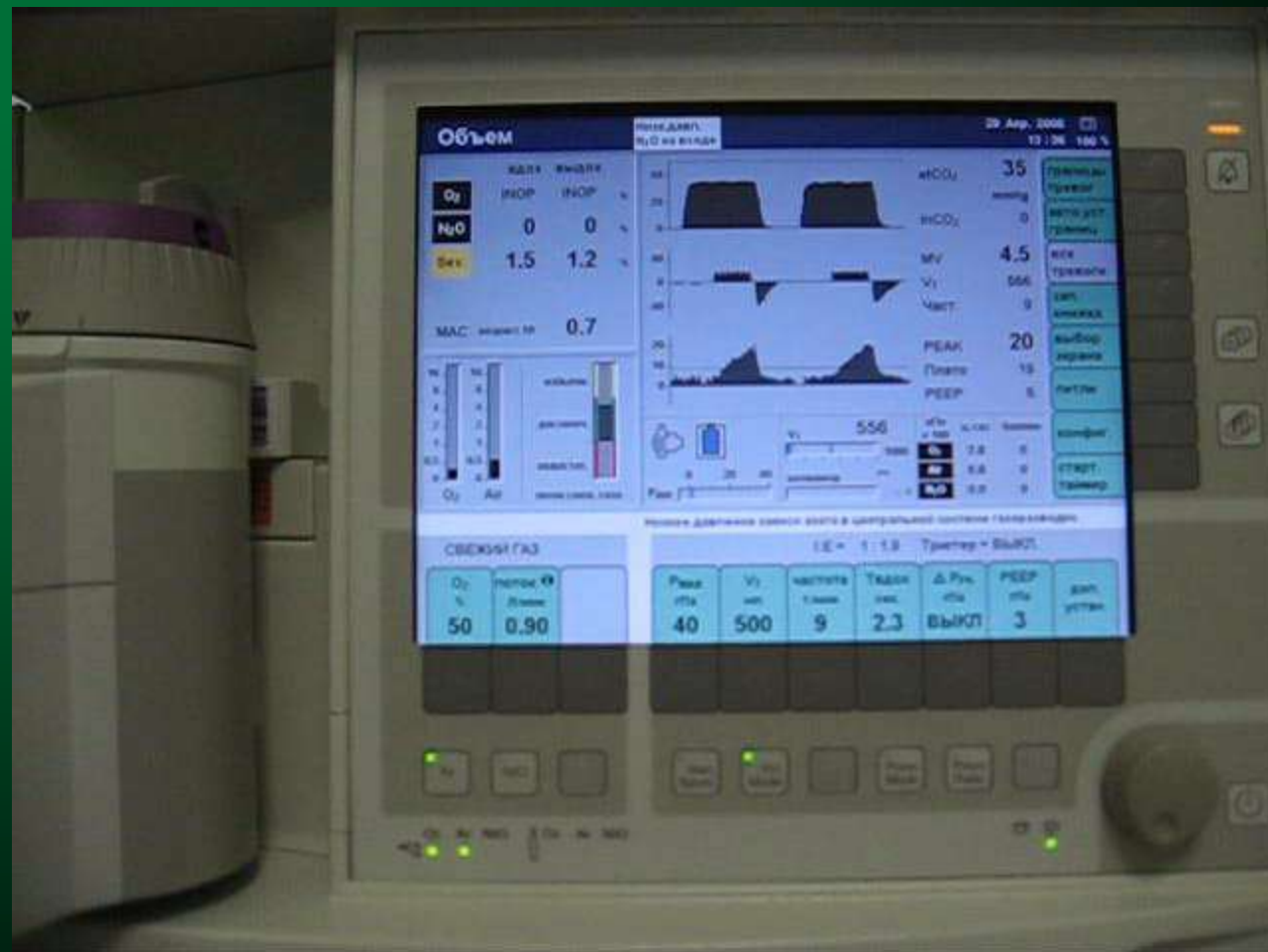












# RADIOMETER ABL800 F

ABL835  
РАПОРТ ПАЦИЕНТА Шприц - S 195uL Проба

## Идентификации

ИД пациента  
Фамилия пациента  
Имя пациента  
Тип пробы  
T

Артиральная  
37,0 °C

## pH/газы крови

pH  
pCO<sub>2</sub>  
pO<sub>2</sub>

7,480  
34,8 mmHg  
301 mmHg

## Оксиметрия

ctHb  
sO<sub>2</sub>  
FO<sub>2</sub>Hb  
FCOHb  
FHHb  
FMethb

11,9 g/dL  
100,5 %  
98,7 %  
1,8 %  
-0,5 %  
-0,1 %

## Электролиты

cK<sup>+</sup>  
cNa<sup>+</sup>  
cCa<sup>2+</sup>  
cCl<sup>-</sup>

3,4 mmol/L  
139 mmol/L  
1,07 mmol/L  
103 mmol/L

## Метаболиты

? cGlu  
? cLac  
ctBil

9,7 mmol/L  
0,7 mmol/L  
4 μmol/L

## Параметры с температурной поправкой

pH(T)  
pCO<sub>2</sub>(T)  
pO<sub>2</sub>(T)

7,480  
34,8 mmHg  
301 mmHg

## Кислородный статус

ctO<sub>2</sub>c  
p50,e

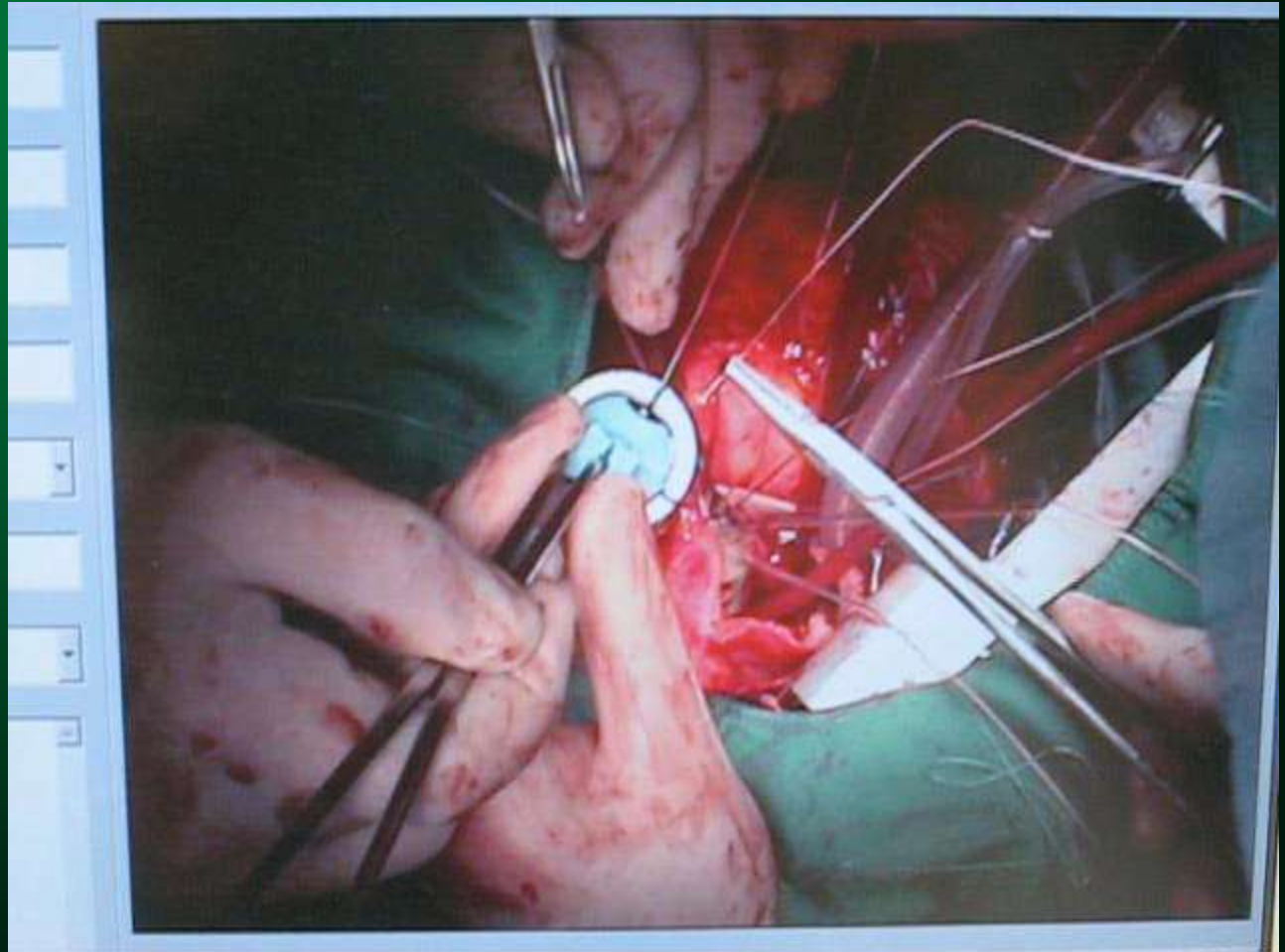
17,1 Vol%  
24,48 mmHg

## Кисотно-щелочной статус

cBase(Ecf).c  
cHCO<sub>3</sub>-(P.st).c

0,9 mmol/L  
25,8 mmol/L







## Кодекс Хаммурапи (2000 г. до н.э.)

«если лекарь нанесет тяжелую рану хирургическим ножом, и больной умрет, ..... ему отрубят руки»

«... если лекарь ... излечит больного, ... он получает 10 шекелей серебром»