

ГЛАВА 1

АППАРАТУРА И ОСНАЩЕНИЕ ДЛЯ ИНГАЛЯЦИОННОГО НАРКОЗА

Аппарат ингаляционного наркоза (ИН) — многофункциональный медицинский прибор, который обеспечивает: 1) дозированную подачу в дыхательные пути ингаляционных анестетиков, кислорода и/или воздуха; 2) удаление углекислого газа из выдыхаемой газовой смеси; 3) вспомогательную или искусственную вентиляцию легких; 4) мониторинг основных жизненно важных функций организма [3, 5].

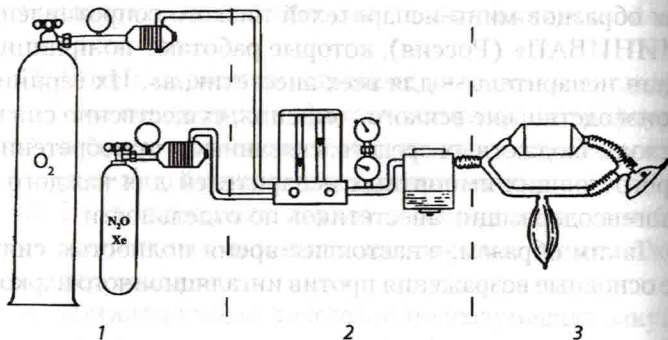


Рис. 1.1. Устройство аппарата ингаляционного наркоза:

1 — баллоны; 2 — блок дозиметров и испаритель; 3 — дыхательный контур

Наркозный аппарат состоит из четырех основных узлов:

- 1) емкостей для сжатых медицинских газов (баллоны с редукторами);
- 2) испарителя для жидкого анестетика с дозиметрами для кислорода, воздуха и газообразных анестетиков;
- 3) дыхательного контура, обеспечивающего циркуляцию газонаркотической смеси;
- 4) респиратора с блоком тревожной сигнализации (рис. 1.1).

1.1. Баллоны и редукторы

Баллоны — литые металлические сосуды, рассчитанные на высокое давление, служат емкостью для сжатых и сжиженных газов. Давление в баллоне измеряется манометром. Основные характеристики баллонов представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные характеристики баллонов для медицинских газов

Характеристика баллонов	Кислород (O ₂)	Закись азота (N ₂ O)	Ксенон (Xe)
Окраска баллона: Россия Международный стандарт ISO	Голубой Белый	Серый Голубой	Черный ?
Емкость баллона, л	10 и 40	10	20–50
Рабочее давление, МПа	15	5,1	5,0
Агрегатное состояние	Газообразное	Жидкое и газообразное	Газообразное

Для снижения давления газа, выходящего из баллона, не используют регуляторы давления (редукторы), которые инвезируют любые колебания давления на выходе из баллона. Редукторы бывают одинарными или двойными (два одинарных, соединенных последовательно).

1.2. Дозиметры

Свежая газовая смесь поступает из баллонов в дыхательный контур наркозного аппарата. Скорость газового потока измеряется и регулируется дозиметрами, которые предназначены также для формирования газовых смесей заданного состава (N_2O/O_2 , He/O_2 , воздух/ O_2). Дозиметры бывают дюзными, ротаметрическими и электронными.

Дюзные дозиметры в настоящее время не используются.

Ротаметрические дозиметры получили наибольшее распространение (рис. 1.2). Принцип их работы состоит в том, что при одновременном поступлении нескольких газов они смешиваются в смесительной камере дозиметра. При этом поток каждого из газов по отдельности поступает в прозрачную ротаметрическую трубку конического сечения. Внутри трубки находится индикаторный поплавок, который является указателем скорости газотока (объ-

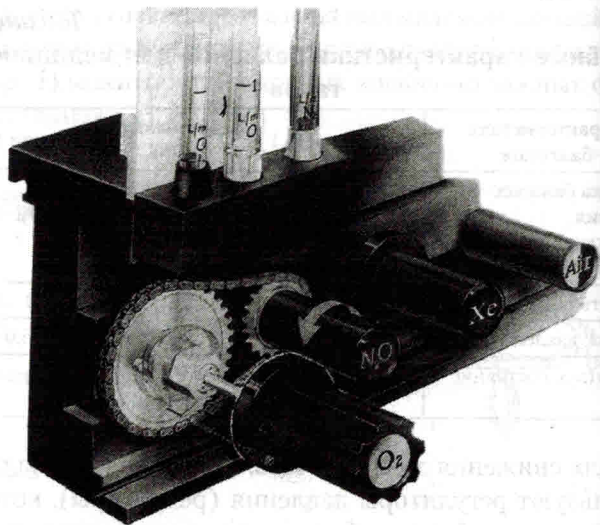


Рис. 1.2. Ротаметрические дозиметры. Указан принцип работы системы защиты от вдыхания гипоксической газовой смеси

емный расход газа, л/мин). Газ, поступающий в нижний конец трубки, поднимает поплавок и придает ему вращательное движение. По мере того, как поплавок поднимается, диаметр трубки увеличивается, пропуская все больший поток газа вокруг поплавка. Подъем продолжается до тех пор, пока разница давления между верхушкой и основанием поплавка позволяет поддерживать его на весу [9].

Обычно на наркозных аппаратах имеются ротаметры в пределах измерения 1,0–15,0 л/мин для каждого из газов. Кроме того, устанавливается и второй ротаметр с пределом измерений 0,2–1,0 л/мин, что позволяет проводить анестезию с минимальным и низким газотоком. Каждый ротаметр градуирован строго для определенного газа.

Электронный контроль газового потока используется в наркозных аппаратах последнего поколения. Вместо традиционных механических ротаметров для дозирования и формирования газовой смеси применяется газовый смеситель с электронным управлением.

Для безопасности пациента большинство аппаратов III комплектуется системой защиты от вдыхания гипоксической газовой смеси (ORC-контроллер, *oxygen ratio controller*), которая не позволяет снизить концентрацию O_2 на входе < 25% (см. рис. 1.2).

1.3. Испарители

Все парообразующие анестетики, за исключением десфлурана, перед поступлением к больному должны испариться, перейдя из жидкого состояния в газообразное (десфлуран при 22,8 °С и 700 мм рт. ст. уже находится в парообразном состоянии). С этой целью наркозные аппараты комплектуются испарителями жидких анестетиков.

Принцип работы современных испарителей состоит в следующем. Газовая смесь, проходящая через испаритель, делится на две части с помощью дозирующих кранов. Первая часть проходит через камеру испарения с жидким анестетиком и насыщается его парами. Вторая часть мину-

ет испарительную камеру через шунтирующий кран и взаимодействует с жидким анестетиком. Поворот дозиметрической шкалы испарителя на требуемую величину изменяет соотношение потоков, проходящих через камеру испарения и шунтирующий кран, что позволяет регулировать концентрацию паров анестетика на выходе из испарителя. Если газовая смесь полностью минует испарительную камеру, концентрация паров анестетика на выходе из испарителя будет равна нулю. Если она полностью пройдет через камеру испарения, то концентрация паров анестетика будет максимальной [2].

Концентрация анестетика измеряется в объемных процентах (об.%). Например, 1 об.% означает, что каждые 100 мл газовой смеси содержат 1 мл паров анестетика [8].

В зависимости от конструкции все испарители делятся на испарители низкого и высокого сопротивления [9].

Испарители высокого сопротивления могут работать только на сжатых медицинских газах (рабочее давление $> 0,4$ МПа). Они получили наибольшее распространение: английские Datum (Blease), Sigma Delta (Penlon) и Varomasta (Mie), немецкий Dräger Vapor (Dräger), а также американские TEC (Datex-Ohmeda), Ohio и Foregger (рис. 1.3).

Поскольку работа испарителей высокого сопротивления предусматривает подачу сжатых газов, их часто называют «*plenum vaporizers*» (от англ. *plenum* — избыточное атмосферное давление). Высокое сопротивление дыханию (~ 1000 мм водн. ст.) не позволяет разместить их непосредственно на линии вдоха, поэтому они устанавливаются за пределами дыхательного контура (VOC-испарители, *vaporizers outside the circle*).

Испарители низкого сопротивления универсальны по газопитанию, поскольку могут работать как на атмосферном воздухе (оксигенаторе), так и на сжатом газе. Благодаря малому сопротивлению (10–20 мм водн. ст.) их размещают внутри дыхательного контура на линии вдоха (VIC-испарители, *vaporizers inside the circle*). В настоящее



Рис. 1.3. Испарители высокого сопротивления: слева — испаритель Datum для севофлурана (Blease, Великобритания); справа — испаритель Dräger Vapor 2000 для изофлурана (Dräger, Германия)

время используют крайне редко, в основном в военно-полевых условиях, машинах скорой помощи, медицине катастроф, труднодоступных районах — там, где нет источника сжатых газов, поэтому и называют «*draw-over vaporizers*» (проточные испарители), от англ. «*draw over*» — *пропускать через себя*.

Классические серийные «*draw-over*» испарители OMV (Penlon, Великобритания) и PAC (Datex-Ohmeda, США) имеют существенный недостаток: *нестабильность* (отсутствие механизма термобарокомпенсации и неработоспособность при газотоке $< 3,0$ л/мин) — рис. 1.4. По этой причине уже 40 лет назад они были повсеместно вы-

ГЛАВА 3

ИНГАЛЯЦИОННАЯ АНЕСТЕЗИЯ С МИНИМАЛЬНЫМ И НИЗКИМ ГАЗОТОКОМ

Одно из бесспорных преимуществ ингаляционной анестезии — возможность быстрого управления альвеолярной концентрацией анестетика (глубиной анестезии). Такую возможность чаще всего реализуют путем подачи в дыхательный контур парообразующих анестетиков с высоким потоком газа-носителя ($100\% \text{O}_2$, $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$, Xe/O_2), что обеспечивает быструю динамику соотношения C_A/C_I . Такой традиционный подход именуется анестезией с высоким газотоком (*high flow anesthesia, HFA*). Метод HFA имеет ряд недостатков, которые состоят в большом расходе анестетика, значительных потерях тепла и влаги из дыхательных путей ребенка, загрязнении окружающей среды и ассоциируется с неблагоприятным воздействием на здоровье медицинского персонала. Снижение газотока в контуре позволяет избежать всех этих негативных явлений, что и определяет широкое распространение методов ингаляционной анестезии с минимальным (*minimal flow anesthesia, MFA*) и низким (*low flow anesthesia, LFA*) газотоком.

Первые попытки использовать полностью закрытый контур и снизить поток свежего газа были предприняты D. Jackson. Еще в 1915 г. он сообщил об успешной длитель-

ной анестезии по закрытому циркуляционному контуру с использованием диэтилового медицинского эфира и N_2O [70], но предложенный метод не встретил значительного интереса. Широкое внедрение в клиническую практику метода низкотоковой анестезии (LFA) связано с именем H. Waters. Впервые сформулировав все основные достоинства LFA, в 1924 г. он разработал простую, надежную и недорогую маятниковую систему с адсорбером, которая затем была запущена в серийное производство и пользовалась большой популярностью [75]. Интерес к LFA заметно возрос с появлением циклопропана в 1933 г. в надежде минимизировать утечку этого чрезвычайно взрывоопасного газа в атмосферу операционной. Вместе с тем ощутить реальные достоинства LFA и MFA удалось только на рубеже XX и XXI вв., когда стали доступными новые галоген-поддержающие и газовые анестетики, появились технически более совершенные наркозные аппараты и многофункциональные системы мониторинга [7, 10].

3.1. Терминология

Современная классификация дыхательных контуров в зависимости от величины газотока представлена в табл. 3.1 и 3.3.

Таблица 3.1

Классификация дыхательных контуров в зависимости от величины газотока

Газоток в контуре ($100\% \text{O}_2$, $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$, Xe/O_2)	Название
> 4,0 л/мин	Высокий газоток (high flow anesthesia, HFA)
1,0 л/мин	Низкий газоток (low flow anesthesia, LFA)
0,5 л/мин	Минимальный газоток (minimal flow anesthesia, MFA)
поглощению O_2 , газов и паров анестетика организмом в данный момент времени	Закрытый контур (closed system anesthesia, CSA)

Если поток свежего газа ($100\% \text{O}_2$, $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$, Xe/O_2) во время анестезии $\geq 4,0$ л/мин, то такую систему принято называть контуром с высоким газотоком. Например, если на ротаметрах установить потоки O_2 2,5 л/мин, а N_2O — 5,0 л/мин ($\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$ 2:1), то каждую минуту в дыхательный контур наркозного аппарата будет поступать 7,5 л свежего газа. Это и будет контур с высоким газотоком. Ингаляционная анестезия с высоким газотоком (*high flow anesthesia, HFA*) до недавнего времени оставалась по сути дела традиционной, поскольку нашла самое широкое распространение как у взрослых, так и у детей.

В отличие от систем с высоким потоком газа, которые относятся к полуоткрытым контурам, контуры с низким (1,0 л/мин) и минимальным (0,5 л/мин) газотоком функционируют как полузакрытые. В практическом плане это означает, что часть выдыхаемой газовой смеси, обогащенной углекислотой, вновь поступает на линию вдоха, поэтому для ее нейтрализации необходим адсорбер CO_2 . Если же поток свежего газа ниже «минимального» и равен суммарному поглощению O_2 , газовых (N_2O , Xe) и галогенсодержащих анестетиков в данный момент времени, то такой контур принято называть закрытым (табл. 3.1).

3.2. Преимущества MFA и LFA

3.2.1. Улучшение микроклимата в дыхательном контуре

Согласно последним данным, микроклимат в дыхательном контуре во время анестезии считается оптимальным, если абсолютная влажность вдыхаемой газовой смеси составляет не менее 17 мг $\text{H}_2\text{O}/\text{л}$, а температура варьирует в пределах 28–32 °C [31, 58].

Недостаточное увлажнение и/или согревание газовой смеси, поступающей к пациенту, значительно снижает эффективность работы мукоцилиарного эпителия дыха-

тельных путей. В целом ряде исследований было показано, что при проведении ИВЛ газовой смесью комнатной температуры с относительной влажностью 50% замедление двигательной активности ресничек бронхиального эпителия отмечается уже через 10 мин от начала вентиляции [9, 15, 25]. Через 3 ч аппаратной ИВЛ с высоким газотоком без использования увлажнителя с подогревом в эпителии дыхательных путей возникают существенные морфофункциональные изменения, которые ведут к нарушению эвакуации бронхиального секрета, обструкции бронхиол и микроателектазированию [25].

Клинические исследования, выполненные с участием J. Bengston и P. Kleemann, показали, что при MFA и LFA температура и влажность вдыхаемой газовой смеси выше, чем при использовании высоких потоков свежего газа. Как отмечают авторы, это связано со следующими основными причинами: 1) при снижении потока свежего газа увеличивается доля рециркулирующей влажной и теплой выдыхаемой газовой смеси; 2) процесс адсорбции CO_2 сопровождается выделением тепла и воды [3, 13, 11, 58]. Согласно P. Kleemann, к концу 2-го часа от начала MFA температура вдыхаемой газовой смеси в зависимости от типа респиратора может увеличиваться до 29–32 °C, а влажность — до 32–45 мг $\text{H}_2\text{O}/\text{л}$ [58]. В своей работе J. Bengston и соавт. показали, что температура газовой смеси на линии вдоха достигает оптимальных значений в среднем через 25–40 мин, а влажность — через 40–55 мин от момента снижения газотока [31]. Согласно В. Вуййс, при LFA максимальная температура в дыхательном контуре (36–41 °C) отмечается на выходе из адсорбера, где происходят интенсивные процессы тепло- и влагообразования. Прохождение газовой смеси через шланг вдоха сопровождается существенными потерями тепла, вследствие чего температура в проксимальной части линии вдоха понижается до 28–30 °C [3, 34]. Исходя из результатов этих и многих других исследований, J. Baum сделал вывод, что проведение MFA и LFA в большинстве случаев позволяет

избежать дополнительных способов кондиционирования газовой смеси [21, 25].

3.2.2. Снижение расхода медицинских газов и стоимости анестезии

Примером экономичности MFA и LFA может служить исследование, проведенное P. Feiss и соавт. в одном из бельгийских стационаров. С 1984 г. в этом лечебном учреждении метод LFA стал использоваться в рутинном порядке. Несмотря на 25% увеличение количества анестезий, недельный расход N_2O в клинике снизился на 40%, а расход такого дорогостоящего анестетика как изофлуран — на 90% [46].

Согласно J. Vaum и A. Aitkenhead, в Великобритании и Германии в 1995 г. проведено примерно 8,5 млн анестезиологических пособий, причем около 60% из них пришлось на долю ингаляционных методов анестезии. По статистике, в 50% случаев использовался энфлуран, а в остальных 50% — изофлуран; 50% анестезий длились менее 1 ч, 33% занимали по времени 1–2 ч, остальные 17% — более 2 ч. Авторы подсчитали, что рутинное использование метода LFA (1,0 л/мин) при таких условиях позволило бы сэкономить только за 1995 г. 350×10^6 л O_2 (0,5 млн US\$), 1×10^6 л N_2O (12,2 млн US\$), 33×10^3 л изофлурана (31,8 млн US\$) и 46×10^3 л энфлурана (20,9 млн US\$) только в этих двух странах [19].

Сравнивая экономическую эффективность MFA и LFA, E. Ernst пришел к выводу, что LFA на основе галотана, энфлурана и изофлурана дает возможность сэкономить соответственно 6,9 тыс. US\$, 36,7 тыс. US\$ и 63,6 тыс. US\$ на каждые 10000 анестезий [44]. E. Herscher и A. Yeakey подсчитали, что в 1997 г. прямые и косвенные финансовые потери, связанные со сбросом в атмосферу излишков газа из дыхательных контуров наркозных аппаратов, только в США составили более 80 млн US\$ [54].

Единственная дополнительная статья расходов при MFA и LFA — адсорбент [63]. В своих работах J. Vaum

и H. Cotter показали, что затраты на натриевую известь при работе в режиме MFA у взрослых составляют в среднем 0,3–0,6 US\$ в час, т.е. несопоставимы с общей экономической выгодой от использования метода [22, 28, 37]. Вместе с тем некоторые клиницисты продолжают считать, что методы MFA и LFA затратны, поскольку связаны с расходами на приобретение дорогостоящей наркозно-дыхательной аппаратуры и систем мониторинга. Отчасти соглашаясь с подобным мнением, J. Vaum в то же время отмечает, что «...эта проблема по существу сводится к вопросу о более эффективном и рациональном использовании технических средств, уже имеющихся в распоряжении анестезиолога» [25].

3.2.3. Снижение загрязнения окружающей среды

Уменьшение профессиональной вредности. По данным Национального Института производственной гигиены США (NIOSH), ПДК для N_2O и галогенсодержащих анестетиков на рабочем месте не должны превышать соответственно 25 ppm (13,7 мг/м³) и 2 ppm (16 мг/м³) [100]. В Германии приняты несколько иные стандарты: ПДК для N_2O составляет 100 ppm (54,9 мг/м³), а для парообразующих анестетиков — 5 ppm (40 мг/м³) [39].

В целом ряде работ было показано, что снижение газотока в контуре приводит к уменьшению концентрации ингаляционных анестетиков в операционной [16, 79, 99]. H. 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, т.е. при MFA и LFA концентрация N_2O в операционной не превышает предельно допустимых величин [99].

Улучшение общей экологической обстановки. Каждый год концентрация N_2O в тропосфере увеличивается на 0,25%, что считается одной из причин глобального потепления климата на планете [62, 80]. Молекулы N_2O

ГЛАВА 4

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

4.1. Общая характеристика больных и методы исследования

Клинические исследования по оценке эффективности и безопасности ингаляционной анестезии у детей проведены на базе отделения анестезиологии и реанимации ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова (Москва) в 1997–2000 гг. Обследовано 1600 пациентов в возрасте 1–14 лет с риском анестезии I–II ASA, которым выполнялись *плановые* операции в отделениях ЛОР, урологии и микрохирургии. На исследования были исключены больные, которые имели исходные нарушения функции печени и/или почек, страдали сердечно-сосудистыми и легочными заболеваниями, сахарным диабетом, гемолитической анемией и порфирией.

По способу поддержания свободной проходимости дыхательных путей во время анестезии все пациенты были разделены на 2 группы: «эндотрахеальная интубация» ($n = 1280$) и «ларингеальная маска» ($n = 320$).

Каждая из групп была разделена на подгруппы:

- по названию галогенсодержащего анестетика — 4 подгруппы: «севофлуран» (Sev), «изофлуран»

(Iso), «энфлуран» (Enf), «галотан» (Hal) — по 400 наблюдений для каждого из анестетиков;

- по величине газотока в контуре — 3 подгруппы: анестезия с минимальным (MFA, $n = 1280$), низким (LFA, $n = 240$) или высоким (HFA, $n = 80$) газотоком;
- в зависимости от m_T ребенка — 3 подгруппы: с $m_T \leq 15$ кг (дети младшего возраста), 16–24 кг (средняя возрастная группа) и $m_T \geq 25$ кг (дети старшего возраста).

Средняя продолжительность MFA через эндотрахеальную трубку в подгруппах Hal, Enf, Iso и Sev не имела значимых различий ($p > 0,05$), составив соответственно $136,3 \pm 34,7$; $143,8 \pm 36,7$; $142,2 \pm 37,4$ и $134,6 \pm 23,4$ мин (*max* 10 ч 30 мин, *min* 35 мин; для севофлурана *max* составил 175 мин). Продолжительность LFA через ларингеальную маску в подгруппах Hal, Enf, Iso и Sev также не имела существенных отличий ($p > 0,05$), составив в среднем соответственно $84,1 \pm 13,4$; $86,1 \pm 12,5$; $87,0 \pm 10,5$ и $89,7 \pm 14,4$ мин (*max* 2 ч 05 мин, *min* 35 мин).

Схема проведения общей анестезии. За 40 мин до начала операции выполняли премедикацию атропином ($0,01$ мг/кг в/м) и мидазоламом ($0,2$ мг/кг в/м). Индукцию осуществляли по полуоткрытому циркуляционному контуру с высоким газотоком (HFA, $5,0$ л/мин) по схеме N_2O/O_2 2:1 + Sev, Enf, Hal или Iso. Подчеркнем, что к подаче N_2O в соотношении N_2O/O_2 2:1 приступали сразу, в момент наложения лицевой маски (денитрогенизация окисью азота).

По достижении III₂ стадии наркоза устанавливали ларингеальную маску или выполняли интубацию трахеи. Перед интубацией в/в вводили фентанил (3 мкг/кг) и один из недеполяризующих миорелаксантов (тракриум $0,6$ мг/кг, нимбекс $0,12$ мг/кг). Вслед за установкой эндотрахеальной трубки или ЛМ раздували их герметизирующие манжетки, после чего снижали газоток в контуре до $0,5$ л/мин (MFA) или $1,0$ л/мин (LFA). Далее по показани-

ям выполняли регионарную анестезию (поясничная и/или каудальная эпидуральная блокада, блокады периферических нервов или сплетений) растворами местных анестетиков (0,25% бупивакаин, 0,2% ропивакаин) без адреналина в стандартных возрастных дозировках.

Поддержание анестезии осуществляли по полузакрытому контуру с минимальным (0,5 л/мин, MFA) или низким (1,0 л/мин, LFA) газотоком по схеме 0,6 МАК N₂O + 0,7 МАК анестетика (1,3 МАК), т. е. N₂O/O₂ 2:1 + Sev 1,4%, Iso 0,8%, Enf 1,2% или Hal 0,6% (указаны объемные концентрации в конце выдоха, но не на испарителе). Режим MFA (0,5 л/мин) применяли у пациентов, находящихся на ИВЛ через эндотрахеальную трубку ($n = 1280$), а режимы LFA (1,0 л/мин) и HFA (5,0 л/мин) — у детей на самостоятельном дыхании через ларингеальную маску ($n = 330$).

По окончании операции прекращали подачу всех летучих анестетиков, приступая к ингаляции 100% O₂ по полуоткрытому контуру с высоким газотоком (5,0 л/мин).

Методы исследования. Анестезиологическое пособие проводили с использованием наркозных аппаратов Dräger SA2/RA2, Fabius CE/GS, Julian Plus, Primus (Drägerwerk AG, Германия), Falcon SE (Anmedic, Швеция), оснащенных испарителями высокого сопротивления Dräger-vapor 2000 (Drägerwerk AG, Германия), TEC 6 (DatexOhmeda, США), Datum (Blease, Великобритания) либо портативным универсальным VIC/VOC-испарителем низкого сопротивления «МИНИВАП-20» (Россия). Перед началом работы проводили тест на герметичность контура. Средняя утечка из дыхательных систем перечисленных наркозных аппаратов составила $52,2 \pm 12,3$ мл/мин при 30 см водн. ст., что не превышает максимально допустимую величину по стандарту CEN (≤ 100 мл/мин при 30 см водн. ст.). В ходе исследований использованы сертифицированные в РФ препараты с торговыми названиями «севоран», «форан» и «этран» (Abbott labs) — соответственно севофлуран, изофлуран и энфлуран, а также

«наркотан» (Leciva, Чехия) — галотан. Для адсорбции CO₂ применяли натриевую известь с фиолетовым цветовым индикатором (Intersurgical, Великобритания).

Показатели гемодинамики отслеживали с использованием мониторов Cardioscap (Datex, Финляндия) и Philips M3046A (Германия). Ударный и минутный объем сердца (УО и МОС) и общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПС) измеряли неинвазивным монитором сердечного выброса NCCOM3 (Bomed, США). Параметры вентиляции легких, концентрация кислорода и ингаляционных анестетиков в контуре регистрировались газоанализаторами Dräger PM 8050–8080 (Drägerwerk AG, Германия). Температуру и абсолютную влажность в дыхательном контуре измеряли монитором НТМ-902 (Россия), датчик которого был установлен на проксимальном конце шланга в месте его соединения с тройником пациента.

Во время общей анестезии регистрировали парциальное давление углекислого газа на вдохе (PinCO₂) и выдохе (PetCO₂); процентную концентрацию O₂ на вдохе (FiO₂) и выдохе (FexO₂); процентную концентрацию N₂O на вдохе (FiN₂O) и выдохе (FexN₂O); концентрацию Hal, Enf, Iso и Sev на вдохе (C_ihal/C_ienf/C_iiso/C_isev), на выдохе (C_{ex}hal/C_{ex}enf/C_{ex}iso/C_{ex}sev) и на испарителе (C_{vp}). Кроме того, фиксировали дыхательный объем на линии вдоха (V_iin) и выдоха (V_tex); минутную вентиляцию легких (МВЛ); пиковое давление на вдохе (P_{in}), давление плато (P_{plat}) и давление в конце выдоха (P_{ex}); температуру (t_{in}) и абсолютную влажность (Ah_{in}) на линии вдоха; ЧСС и SatO₂Hb по данным ЭКГ и пульсоксиметрии; неинвазивное АД, УО, МОС и ОПС. Утром в день операции и каждый час во время анестезии осуществляли забор образцов артериализированной капиллярной крови из пальца для динамической оценки КОС, Hb, Ht, p_{a-c}O₂ и СОHb. На следующий день после операции выполняли биохимический анализ крови и общий анализ мочи для оценки функции печени и почек после общей анестезии.

4.2. Эффективность и безопасность ингаляционных анестетиков у детей

В своем исследовании мы не рассматривали препараты, которые по формальным причинам до сих пор не разрешены к применению в педиатрической анестезиологии на территории РФ (десфлуран, ксенон), сосредоточившись на хорошо известных (галотан, энфлуран, изофлуран) и относительно новых для нашей страны (севофлуран).

Эффективность и безопасность ингаляционных анестетиков оценивалась на 3 этапах: индукция, поддержание и выход из общей анестезии.

4.2.1. Индукция

Обследовано 960 детей. Вводный наркоз осуществлялся по полуоткрытому циркуляционному контуру с высокой газотоком по схеме (N_2O/O_2 2:1 5,0 л/мин) + Sev ($n = 240$), Enf ($n = 240$), Hal ($n = 240$) или Iso ($n = 240$).

Сравниваемые параметры: скорость и комфортность индукции; частота неблагоприятных реакций и осложнений; показатели гемодинамики и внешнего дыхания.

Скорость индукции оценивалась по скорости достижения поверхностного уровня хирургической стадии наркоза (III_1). Концентрацию Hal, Enf и Iso повышали плавным шагом подачи анестетика составлял 0,2 об.% на каждые 3 самостоятельных вдоха, *тах* концентрация на испарителе — 4,0 об.% для Hal, Enf и Iso. В случае с Sev использовалась методика быстрой «болусной» индукции. Она предусматривает вдыхание паров анестетика в высокой дозировке в момент наложения лицевой маски концентрацию Sev на испарителе увеличивали до 8 об.%.

Поверхностный уровень наркоза (III_1) считался достигнутым по совокупности следующих критериев: исчезновение ресничного, роговичного и глотательного рефлексов; центральное расположение глазных яблок; узкие зрачки со слабой фотореакцией; ровное «машиноподобное» дыхание; снижение мышечного тонуса; отсутствие

реакции на стандартный болевой раздражитель (установка катетера).

Установлено, что индукция севофлураном у детей происходит стремительно, а при использовании изофлурана достоверно растягивается во времени (табл. 4.1):

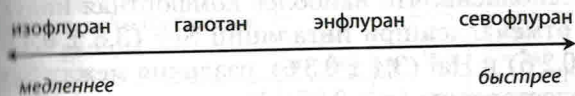


Таблица 4.1

Средняя скорость достижения III_1 уровня хирургической стадии наркоза при индукции по схеме N_2O/O_2 2:1 + Hal, Enf, Iso или Sev у детей ($M \pm \sigma$, минуты и секунды)

Анестетик	Масса тела ребенка	
	≤ 24 кг ($n = 675$)	≥ 25 кг ($n = 285$)
севофлуран ($n = 240$)	2'02" \pm 11,7"	2'29" \pm 14,1"
изофлуран ($n = 240$)	4'12" \pm 9,8"	4'46" \pm 10,1"
галотан ($n = 240$)	4'58" \pm 9,2"	5'28" \pm 12,2"
энфлуран ($n = 240$)	6'06" \pm 12,6"	6'49" \pm 13,6"

Здесь невольно напрашивается сравнение севофлурана с пропофолом. Уговорив ребенка потерпеть укол, обработав кожу, выбрав подходящую вену, установив периферический катетер, зафиксировав его пластырем и, наконец, введя сам препарат, мы потратим как минимум столько же времени, сколько бы занял безболезненный вводный наркоз севофлураном (2–2,5 мин). Другими словами, скорость индукции севофлураном и пропофолом сопоставимы по времени, но значительно разнятся по степени психоэмоциональной нагрузки на ребенка.

Комфортность индукции оценивалась по 4-балльной шкале. Наиболее комфортная индукция — 4 б, наименее комфортная — 0 б. Критерии: психомоторное возбуждение: нет — 1 б, есть — 0 б; раздражение верхних дыхательных путей: нет — 1 б, есть — 0 б; субъективные