

Сидоров В.А., Цыпин Л.Е., Гребенников В.А.

Ингаляционная анестезия в педиатрии. Научное издание. МИА. М., 2010 - 184 с. (фрагменты книги с.с. 15-17, 24-30, 106-109, 156 приведены в разделе «Методики анестезии» - перепечатано с разрешения авторов).

с. 15-17

ВВЕДЕНИЕ

Ингаляционная анестезия на рубеже 2-го и 3-го тысячелетия сделала качественный рывок вперед, что связано с последними достижениями в фарминдустрии, медицинском приборостроении и появлением новых технологий в анестезиологии.

Сравнение современных ингаляционных и внутривенных методов анестезии по-прежнему свидетельствует о стабильном паритете их положительных и отрицательных свойств.

Основные преимущества ингаляционной анестезии — возможность быстрого управления глубиной анестезии, прогнозируемость скорости пробуждения, удобство и простота использования у детей.

Бесспорные достоинства внутривенного наркоза — экологическая безопасность и отсутствие необходимости в дополнительном оснащении (испарители, адсорбент).

Отрицательные стороны — негативные эмоции, которые испытывают дети при установке периферического катетера, а также определенная непредсказуемость окончания действия препаратов.

Ретроспективный взгляд на историю развития анестезиологии показывает, что фармакологические средства для ингаляционной анестезии все время уживались со средствами внутривенного наркоза. Они не противопоставлялись друг другу в прошлом и тесно сосуществуют в настоящее время, удачно дополняя друг друга.

Парообразующие анестетики (диэтиловый медицинский эфир, хлороформ, циклопропан, трихлорэтилен) вплоть до 1950-х оставались вне конкуренции, поскольку не имели достойной альтернативы.

Ситуация кардинальным образом изменилась после Второй мировой войны, когда была обоснована и разработана теория нейролепсии и нейролептаналгезии (НЛА), которая и легла в основу современной концепции многокомпонентной внутривенной анестезии.

Различные ее варианты (НЛА, атаралгезия, тотальная внутривенная анестезия), подкрепленные целым арсеналом новых лекарственных средств, — предион (виадрил, 1955), ГОМК (оксибутират натрия, 1960), пропанидид (сомбревин, 1964), кетамин (калипсол, 1965), этомидат (гипномидат, 1971), барбитураты, пропофол (1976), — настолько прочно укоренились в нашей стране, что, казалось, практически полностью вытеснили идею использования ингаляционных анестетиков. Для этого были весомые основания:

1. Галогенсодержащие анестетики первого поколения (галотан, метоксифлуран) были в достаточной мере токсичны.
2. Фторсодержащие и газовые анестетики последующих поколений (энфлуран, изофлуран, севофлуран, десфлуран, ксенон) не нашли широкого распространения по причине своей дороговизны.
3. Ингаляционный наркоз ассоциировался с неблагоприятным влиянием на здоровье медицинского персонала.
4. Ингаляционная анестезия подразумевала закупку дорогостоящих испарителей для каждого из известных галогенсодержащих анестетиков по отдельности.

Внедрение в клиническую практику летучих анестетиков II и III поколения раз и навсегда разрешило главную проблему — токсичность препаратов. По сравнению с анестетиками первого поколения они намного более безвредны, поскольку имеют крайне низкий уровень биотрансформации в организме.

Вторая и третья проблема были успешно решены с внедрением методов анестезии с минимальным и низким газотоком, а также с усовершенствованием систем элиминации отработанных газов и рециклинга ксенона.

И наконец, насущный вопрос о дороговизне испарителей был успешно разрешен совместными усилиями маркетологов и инженеров-конструкторов медицинского оборудования. С одной стороны, с 2007 г. компанией Abbott Labs на территории РФ проводится политика по активному внедрению севорана (севофлурана) и форана (изофлурана) на рынок медицинских услуг, что предполагает возможность аренды на безвозмездной и бессрочной основе дорогостоящих испарителей высокого сопротивления для севофлурана и изофлурана. С другой стороны, в ГКБ им. С.П. Боткина (Москва, 2007) и в ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова (Москва, 2009) успешно завершились клинические испытания опытных образцов мини-испарителей низкого сопротивления «МИНИВАП» (Россия), которые работают по принципу «один испаритель — для всех анестетиков». Их серийное производство, вне всякого сомнения, существенно снизит расходы бюджетных средств, связанные с приобретением дорогостоящих импортных испарителей для каждого из галогенсодержащих анестетиков по отдельности. Таким образом, в настоящее время полностью сняты все основные возражения против ингаляционного наркоза.

с. 24-30

В 2006 г. в России впервые появились опытные образцы стабилизированных испарителей низкого сопротивления нового поколения «МИНИВАП» («MINIVAP», от англ. «mini vaporizers»). В отличие от нестабилизированных «draw-over» испарителей они портативны, имеют совершенный механизм термобарокомпенсации и способны корректно дозировать анестетик при газотоке $> 0,2$ л/мин (рис. 1.5).

Испарители «МИНИВАП» универсальны: будучи установленными внутри (VIC) или вне (VOC) дыхательного контура (по желанию анестезиолога), они могут работать как на сжатом газе, так и на атмосферном воздухе (оксигенаторе) по принципу «один испаритель — для всех анестетиков». Это выгодно отличает их от специализированных plenum и draw-over испарителей, которые предназначены для работы с конкретным анестетиком [4, 6, 7].

Основные варианты размещения испарителей «МИНИВАП» представлены на рис. 1.6–1.8.

Благодаря низкому сопротивлению и стандартным разъемам (15F-22M), они легко монтируются на линию вдоха и совместимы с любым аппаратом ИН и ИВЛ (рис. 1.6), что дает возможность провести ингаляционную анестезию «на месте», без транспортировки пациента в операционную. Второй вариант, при котором испаритель «МИНИВАП» встраивается в переносной реанимационный дыхательный комплекс с мешком «Амбу» (рис. 1.7), адресован военным медикам, службам скорой помощи и медицины катастроф. В экстремальных условиях (при транспортировке, в завале) допускается кратковременная эксплуатация испарителя в наклонном и/или перевернутом положении. Третий вариант (испаритель «МИНИВАП» в открытом контуре на спонтанном дыхании) может использоваться для аутоанальгезии (рис. 1.8).



Рис. 1.6. Испаритель «МИНИВАП-20» на линии вдоха наркозного аппарата Falcon SE (Anmedic, Швеция)



Рис. 1.7. Испаритель «МИНИВАП-20» в составе переносного реанимационного дыхательного комплекса с мешком Ambu.



Рис. 1.8. Испаритель «МИНИВАП-20» в составе портативного наркозного аппарата «Колибри-А» (открытый контур на спонтанном дыхании).



Рис. 1.9. Переключатель между режимами VIC/VOC в мини-испарителях низкого сопротивления «МИНИВАП» (Россия). Представлен предсерийный образец (2009).

Простота и удобство переключения между режимами VIC/VOC посредством механического тумблера (рис. 1.9) впервые натолкнула нас на мысль о выделении испарителей «МИНИВАП» в отдельную группу дозирующих устройств, которые предлагаем называть «VIC/VOC-испарители» (в русскоязычной транслитерации «ВИК/ВОК-испарители»). Во избежание путаницы мы разработали принципиально новую классификацию испарителей с учетом их преимуществ и недостатков (табл. 1.2).

Новая классификация испарителей (2009)

	Высокого сопротивления	Низкого сопротивления	
		нестабилизированные	стабилизированные
Синонимы	premix	draw-over	VIC/VOC
Источник питания	Сжатый газ	Атмосферный воздух, оксигенатор, сжатый газ	Атмосферный воздух, оксигенатор, сжатый газ
Расположение в дыхательном контуре	VOC	VIC	VIC или VOC (по желанию)
Термобарокомпенсация	+	-	+
Точность дозирования анестетика при газотоке, л/мин	> 0,2	> 3,0	> 0,2
Типичные представители	Dräger Vapor, TEC, Datum, Sigma Delta, Varianasta	OMV, VAC	МИНИВАП (Россия)

Преимущества	Стабилизированность (высокая точность дозирования в широком диапазоне потоков свежего газа, температур и барометрического давления)	Универсальность по газопитанию (работают на атмосферном воздухе и на сжатом газе)	Стабилизированность и универсальность (работают на атмосферном воздухе и на сжатом газе; совместимы с любым аппаратом ИИ и ИВЛ; испаряют все известные летучие анестетики*). Возможность быстрого переключения между режимами VIC/VOC. Портативность. Минимум потерь анестетика на фитилях: 3–5 мл) Способность работать в перевернутом положении (90–180°). Низкая стоимость
Недостатки	Неработоспособны без сжатых газов. Предназначены для работы с конкретным анестетиком, громоздки. Существенные потери анестетика на фитилях (50 мл). Низкий допустимый угол наклона (< 30°). Высокая стоимость	Нестабильность (отсутствие механизмов термобарокомпенсации, не работоспособность при газотоке < 3,0 л/мин)	Имеются лишь опытные образцы (2009)

* Кроме дезфлурана.

с. 106-109

3.4.2. Испарители

Точность дозирования испарителей. Любой современный испаритель должен обеспечивать точное дозирование анестетика в широком диапазоне потоков свежего газа (0,2–15 л/мин). К сожалению, в ранних моделях испарителей высокого сопротивления (например, TEC 2 Ohmeda) и классических «draw-over» VIC-испарителях, корректность дозирования при газотоке меньше 1,0 л/мин нарушается, т.е. концентрация анестетика на выходе из испарителя не совпадает с концентрацией, установленной на дозиметрическом барабане. Современные испарители высокого сопротивления и первый отечественный портативный VIC/VOC-испаритель «МИНИВАП» лишены этого недостатка [51]. Так, модели Vapor 19.n/2000 (Dräger), Datum (Blease) обеспечивают точное дозирование анестетика при 0,25–15 л/мин, модели TEC 5 (Ohmeda) и Sigma Delta (Penlon) — в диапазоне 0,2–15 л/мин, а «МИНИВАП-20» — при 0,2–15 л/мин [38, 41, 51].

Точность дозирования испарителей, установленных на наркозных аппаратах EAS 9010 и EAS 9020 (Gambro-Engström) и PhysioFlex (Physio), вообще не зависит от потока свежего газа, поскольку в данных моделях реализована концепция автоматического инъекционного введения анестетика по принципу обратной связи (electronic feedback control) [50, 77, 81, 97].

Таким образом, современные модели испарителей обеспечивают корректное дозирование анестетика даже при минимальных потоках свежего газа (0,5 л/мин), что делает их намного более адаптированными к MFA и LFA [13].

Пропускная способность испарителей.

подавляющее большинство испарителей высокого сопротивления (plenum) устроено так, что при максимальном значении концентрации, установленной на дозиметрической шкале, предельная концентрация паров анестетика на выходе из испарителя (максимальная пропускная способность, или производительность испарителя) ограничена значением $3 \times \text{МАК}$. Вводя подобные ограничения, фирмы-производители руководствовались соображениями безопасности пациента, пытаясь предупредить возможность передозировки анестетика при работе с высокими потоками свежего газа [13, 25]. В соответствии с этим дозиметрическая шкала большинства стандартных plenum-испарителей для галотана отградуирована до 4–5 об.%, для энфлурана и изофлурана — до 5 об.%, для севофлурана — до 8 об.%, а для десфлурана — до 18 об.%. Перечисленные испарители относятся к испарителям с ограниченной пропускной способностью [25].

При постоянной температуре и неизменном барометрическом давлении пропускная способность любого plenum-испарителя, как и расход галогенсодержащего анестетика, может быть рассчитана по следующей формуле [25, 48]:

Расход анестетика (мл/ч) = $3 \times \text{FGF} \times \text{C}_{\text{вп}}$,

где FGF — поток свежего газа, л/мин; $\text{C}_{\text{вп}}$ — концентрация анестетика на испарителе, об.%

Другими словами, чем ниже газоток в контуре, тем меньше пропускная способность plenum-испарителя. Данное обстоятельство необходимо иметь в виду, когда в дыхательный контур необходимо быстро ввести большое количество паров галогенсодержащего анестетика (например, провести индукцию или углубить анестезию) при неизменно низком потоке свежего газа [25, 38, 48]. Согласно Н. Frankenberger, даже если установить на дозиметрической шкале plenum-испарителя предельное значение концентрации анестетика (5 об.% энфлурана), то количество энфлурана, поступающего в контур при газотоке 0,9 л/мин, не превысит 13,5 мл/мин. Если в этот момент для поддержания определенной глубины анестезии требуется большее количество анестетика, возникает выраженное несоответствие между скоростью поступления анестетика в контур (V_{fgan}) и интенсивностью его поглощения тканями организма (V_{an}), т.е. $V_{\text{fgan}} < V_{\text{an}}$. В таких случаях ограниченная пропускная способность plenum-испарителя не позволяет быстро увеличить глубину анестезии [48]. В подобной ситуации следует повысить газоток в контуре и, установив желаемую концентрацию анестетика на испарителе, быстро достичь требуемой глубины анестезии.

Тем не менее быстрая подача в систему высококонцентрированных паров галогенсодержащего анестетика может быть обеспечена и без повышения газотока в контуре. С этой целью могут быть использованы следующие средства и методы:

- применение нестандартных испарителей высокого сопротивления с увеличенной пропускной способностью (более $3 \times \text{МАК}$);
- использование испарителей низкого сопротивления (портативные VIC/VOC-испарители, классические «draw-over» VIC-испарители);
- автоматическое инъекционное введение анестетика по принципу обратной связи (electronic feedback control);
- дозированное введение раствора ингаляционного анестетика непосредственно в дыхательный контур с помощью шприца.

Как отмечают D. Westenkow и D. White, методика дозированного введения раствора ингаляционного анестетика в контур с помощью шприца и практика использования классических «draw-over» VIC-испарителей небезопасны для пациента, поскольку могут привести к передозировке анестетика [101, 103].

Наиболее перспективные разработки в данной области — автоматическое инъекционное введение анестетика по принципу обратной связи, использование plenum-испарителей с увеличенной пропускной способностью и применение портативных VIC/VOC-испарителей типа «МИНИВАП».

Метод инъекционного введения анестетика уже реализован в наркозных аппаратах EAS 9010, EAS 9020 и PhysioFlex [97]. Plenum-испарители с увеличенной пропускной способностью также находят все большее распространение. Так, дозирующие устройства для галотана, энфлурана и изофлурана в наркозном аппарате Elsa отградуированы до 8 об.%, что позволяет быстро углубить анестезию, не увеличивая газоток в контуре [50, 81]. В целях безопасности такие испарители снабжены специальным предохранительным устройством, которое должно быть разблокировано прежде, чем станет возможным увеличить концентрацию анестетика более 5 об.% [50]. Что касается портативных VIC/VOC-испарителей типа «МИНИВАП», то для быстрого управления глубиной анестезии необходимо перевести переключатель VIC/VOC в положение «VIC» (см. рис. 1.9).

с. 155-156

8. Если возникает необходимость быстро изменить уровень общей анестезии, газоток в контуре повышают, а затем увеличивают или уменьшают концентрацию анестетика на испарителе. По достижении желаемой глубины анестезии поток свежего газа вновь снижают. Быстрое углубление анестезии можно осуществить и без повышения газотока в контуре: для этого достаточно ввести внутривенно какой-либо гипнотик и/или опиоидный анальгетик, воспользоваться испарителем с увеличенной пропускной способностью или перевести переключатель VIC/VOC на портативном испарителе «МИНИВАП» в положение «VIC».