

УДК 617- 089.5: 613.155

Мазур А.П.<sup>1</sup>, Лесной И.И.<sup>2</sup>, Кисель С.П.<sup>3</sup>

## ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИНГАЛЯЦИОННОГО АНЕСТЕТИКА СЕВОФЛУРАНА В ВОЗДУХЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ

<sup>1</sup>ГУ «Национальный институт хирургии и трансплантологии  
им. А.А.Шалимова» НАМН Украины; <sup>2</sup>«Национальный институт рака»  
МОЗ Украины; <sup>3</sup>ГП «Укрметрестандарт»

**Целью** исследования было изучить концентрацию севофлурана в рабочей зоне анестезиолога на протяжении операции. Сравнить изменение концентрации севофлурана в операционной в зависимости от конструктивных особенностей испарителя. Изучены изменения концентрации севофлурана в воздухе операционной во время операций на органах брюшной полости продолжительностью 2,5–3 часа в зависимости от конструктивных особенностей испарителя (группа 1–3 пациента, использование испарителя с системой “Quik Fil”; группа 2–3 пациента, использование испарителя с методом «прямой заливки»). Определение концентрации в воздухе операционной выполняли в рабочей зоне анестезиолога (зона не далее чем 1–1,5 м от наркозной станции, головы больного) на следующих этапах: 1) перед заполнением испарителя анестетиком; 2) после заполнения испарителя (флакон севофлурана объемом 250 мл); 3) после проведения вводного наркоза и интубации трахеи; 4) после насыщения пациента севофлураном и выхода на «стабильную» концентрацию анестетика (перехода на поток свежего газа 1 л/мин); 5) после экстубации пациента. Определение концентрации севофлурана в воздухе операционной проводили методом газовой хроматографии. **Результаты.** Концентрация севофлурана в воздухе операционной в группе 2 была выше нормативных показателей, которые рекомендованы нормативами Евросоюза и США (2 ppm).

**Ключевые слова.** Общая анестезия, ингаляционная анестезия, концентрация ингаляционных анестетиков в воздухе операционной, севофлуран.

Вопросы безопасности работы персонала в операционной были приоритетными с начала становления специальности анестезиология в нашей стране. В 60-е года XX столетия в Советском Союзе были проведены исследования условий труда в операционных, особое внимание уделялось определению концентрации анестетиков на рабочем месте анестезиолога. В то время самыми распространенными ингаляционными анестетиками были закись азота и этиловый эфир. Исследовали влияние длительного воз-

действия анестетиков на здоровье врачей-анестезиологов и медицинских сестер, особое внимание уделяли возможному влиянию анестетиков на детородную функцию у женщин [1]. Эти исследования стали основой принятия льгот для специалистов нашей профессии, а именно увеличение продолжительности ежегодного отпуска, повышение оплаты труда, дополнительное питание [2].

На основании изучения концентрации ингаляционных анестетиков в операционной в течение рабочего дня были

установлены предельно допустимые концентрации как для закиси азота, так и этилового эфира, а затем галотана (фторотана). В Украине на сегодняшний день нет нормативных актов, определяющих предельно допустимую концентрацию вредных веществ в воздухе операционной.

В силу разных причин ингаляционная анестезия изофлураном и севофлураном в Украине до 2010 г. широко не применялась в силу отсутствия современной наркозно – дыхательной аппаратуры. С появлением современных наркозных аппаратов анестезиологи Украины получили возможность использования ингаляционной анестезии. Вопросы безопасности для персонала операционных опять встали перед администрацией лечебных учреждений, как это было 50 лет назад. На сегодняшний день, в Украине нет утвержденной нормы содержания севофлурана в воздухе операционной, хотя такие нормы концентрации севофлурана разработаны для стран Евросоюза, Великобритании и США.

**Цель исследования** – изучить концентрацию севофлурана в рабочей зоне анестезиолога на протяжении операции. Сравнить изменение концентрации севофлурана в операционной в зависимости от конструктивных особенностей испарителя.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено в учреждениях «Национальный институт хирургии и трансплантологии им. А.А.Шалимова» НАМН Украины и «Национальный институт рака» МОЗ Украины. Кондиционирование воздуха в операционных проводилось ламинарными

потоками с 20-кратным обменом воздуха в течение 1 часа. Отвод газовой смеси из наркозной станции проводился в центральную систему забора отработанных газов. Ингаляционная анестезия проводилась севофлураном в концентрации 0,8–1 МАК (возрастной) с потоком свежего газа 1 л/мин (после достижения стабильной фазы). Вводная анестезия проводилась тиопенталом натрия в дозе 3–5 мг/кг или пропофолом в расчетных дозах согласно инструкции производителя, миорелаксацию проводили рокуронием в дозе 0,6 мг/кг для выполнения интубации трахеи, аналгезии достигали путем введения фентанила в дозе 10 мкг/кг/ч. Искусственную вентиляцию проводили в режиме нормовентиляции с контролем по объему с мониторингом концентрации CO<sub>2</sub> на выдохе (30–35 мм рт.ст.).

Для проведения анестезии использовали наркозные станции Primus (Draeger, Germany) с испарителем севофлурана с системой заливки анестетика “Quik Fil” (группа 1, в которой проведено 3 операции на органах брюшной полости продолжительностью 2,5–3 ч) и наркозную станцию Aestiva 5 (Ohmeda GE, USA) с испарителем севофлурана методом «прямой» заливки (группа 2, в которой выполнены аналогичные 3 операции).

Заборы концентрации воздуха делали в месте рабочей зоны анестезиолога (зона не далее чем 1 – 1,5 м от наркозной станции и головы больного) на следующих этапах:

1. Перед заполнением испарителя анестетиком;
2. После заполнения испарителя (флакон севофлурана объемом 250 мл);
3. После проведения вводного наркоза и интубации трахеи;

4. После насыщения пациента севофлураном и выхода на «стабильную» концентрацию анестетика (перехода на поток свежего газа 1 л\мин);

5. После экстубации пациента.

Забор проб воздуха проводили в герметичные контейнеры объемом 20 л с последующим анализом отобранного газа методом газовой хроматографии в газоаналитической лаборатории Всеукраинского государственного научно-производственного центра стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей (ГП «Укрметртестстандарт»). Для определения содержания севофлурана в воздухе использовали газовый хроматограф Agilent Technologies 7890B. Разделение компонентов проводили с помощью капиллярной колонки DB-ALC2 (30mЧ0,530 mmЧ2,0µm) этой же фирмы. Условия хроматографирования:

Газ носитель – гелий особой чистоты согласно ТУ У 14299304-002.

Скорость потока через колонку – 4,5 мл/мин.

Температура для термостата – 40°C.

Продолжительность хроматографирования – 3,0 мин.

Детектор – пламенно-ионизационный:

- поток воздуха – 300 мл/мин;
- поток водорода – 30 мл/мин;
- поток гелия – 25 мл/мин;

Инжектор:

- температура – 250°C;
- контур крана для проб – 0,5 мл;
- разделение – 2:1.

Градуировочные стандартные газовые смеси севофлурана были приготовлены гравиметрическим методом в соответствии с ДСТУ ISO 6142-2003 с помощью электронных весов-компьютера фирмы Mettler Toledo.

Тип градуировочной кривой – линейная, по трём точкам.

Концентрация севофлурана в воздухе представлена в ppm (миллионная доля).

Учитывая конструктивные отличия испарителей, которые применялись в исследовании и особенности севофлурана (газ тяжелее воздуха) провели исследование концентрации севофлурана в воздухе зоны испарителя. Заполнение испарителя выполняли в герметичных условиях с последующим забором проб воздуха. Выполнено 5 заборов проб для двух видов испарителя.

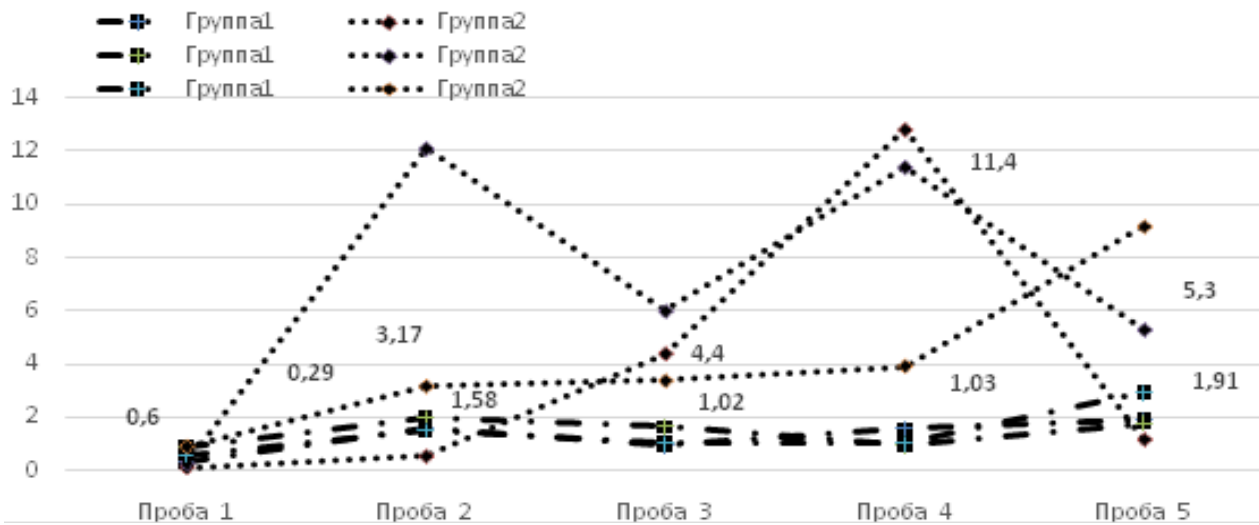
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрация севофлурана в воздухе операционной в группе 2 была выше рекомендуемых нормативами ЕС или США 2 ppm, хотя и ниже максимально допустимой концентрации 20 ppm (согласно рекомендациям производителя) (рис.1).

Концентрация севофлурана в воздухе закрытого контейнера при использовании испарителя с системой заливки «Quik Fil» была 1 547,00 (мин – 812,00; макс – 2 700,00) ppm. В то же время при использовании испарителя без системы «Quik Fil» концентрация была 8 234,00 (мин – 6 266,00; макс – 30 696,00) ppm (рис.2).

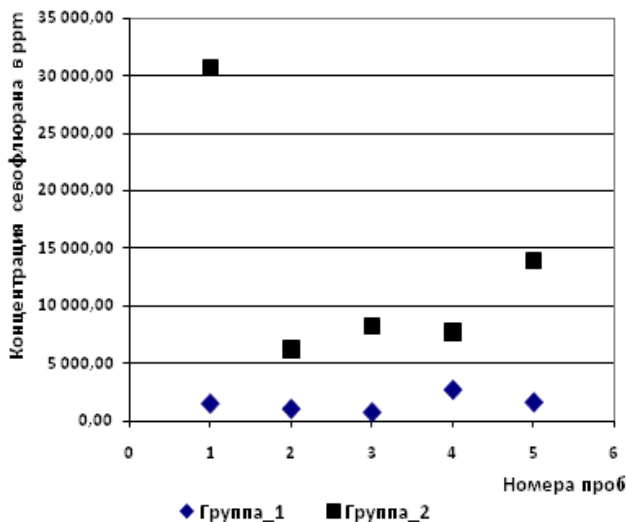
Ингаляционные анестетики в настоящее время широко используются для проведения анестезии. Положительные эффекты ингаляционных анестетиков хорошо известны. Наиболее часто используемыми ингаляционными анестетиками являются – изофлуран, севофлуран и десфлуран, которые очень мало подвергаются метаболизму in vivo при клиническом при-



**Рис. 1.** Концентрация севофлурана на этапах анестезии. По оси ординат – концентрация севофлурана в ppm. Представлены данные всех измерений в группах исследования. Цифровые значения даны для медиан полученных данных

менении [3]. Менее 5% этих ингаляционных анестетиков метаболизируются больным [4]. Из-за того, что эти ингаляционные анестетики очень мало подвергаются метаболическому изме-

нению в организме при вдыхании больным, эти препараты после выдоха остаются в такой форме, которая может загрязнять окружающую среду, в том числе и операционную комнату.



**Рис. 2.** Концентрация севофлурана в закрытом контейнере после заливания севофлурана в зависимости от особенностей заполнения испарителя.

Существует два основных пути утечки ингаляционных анестетиков в операционной комнате: используемые техники ингаляционной анестезии и наркозная аппаратура [5]. Примером первого может быть использование лицевых масок во время индукции в анестезию. В этой ситуации определенное количество газа может протекать вокруг маски при ее неплотном прижатии [5]. Кроме того, во время интубации трахеи определенное количество ингаляционного анестетика может продолжать поступать по дыхательному контуру с потоком воздуха. В нашем исследовании мы не использовали ингаляционную индукцию в наркоз, а только внутривенную индукцию. Поэтому, попадание ингаляционного анестетика в операционную на этом этапе

анестезии был исключен. Другим возможным источником поступления ингаляционного анестетика в операционную может быть остаточное присутствие препарата в системе контура наркозного аппарата после окончания анестезии. В это время отсоединение наркозного аппарата от интубационной трубки с сохраненным потоком воздуха может способствовать попаданию определенного количества анестетика в окружающее пространство [5]. Учитывая, что методики анестезии в двух различных центрах были одинаковыми, а также одинаковые условия приточно-вытяжной вентиляции в операционной, то этот фактор можно не принимать во внимание при сравнении количества ингаляционного анестетика в двух операционной. Принимая во внимание, что единственным различием в проведении анестезии между двумя центрами является способ заполнения испарителя анестетиком (система «Quik Fil» против заполнения испарителя без системы «Quik Fil») можно говорить о причине увеличенной концентрации севофлурана в операционной в гр.1 по сравнению с гр.2.

Важность способа заливки анестетика в испаритель подтверждается в стандартах American Society for Testing and Materials при работе с ингаляционными анестетиками [6], где рекомендуется безопасное для окружающего медицинского персонала заполнение испарителя наркозного аппарата.

Конструктивные особенности испарителей с системой заливки «Quik Fil» позволили провести анестезию севофлураном, не превышая рекомендуемые нормы концентрации галогенсодержащих анестетиков в воздухе операционной.

Высокая концентрация севофлурана в группе 2 на 4 этапе может быть объяснена перераспределением воздуха в операционной. Применение ламинарного потока воздуха и 20-кратный воздухообмен позволили не превысить предельно допустимые концентрации для галогенсодержащих анестетиков и для севофлурана, в частности.

## ВЫВОДЫ

1. Использование испарителей севофлурана с системой заливки «Quik Fil» позволяет не превышать рекомендуемые 2 ppm концентрации анестетика «севофлуран» в воздухе операционной.
2. При использовании системы заливки, отличной от «Quik Fil», рекомендуется в обязательном порядке использование современных систем очистки воздуха с применением фильтров H14. Система вентиляции и подготовки воздуха является в таком случае основным и наиболее действенным инструментом достижения оптимальных параметров чистоты воздуха в операционной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунятян А.А., Рябов Г.А., Маневич А.З. *Анестезиология и реаниматология*. 1977. Москва. 432 с.
2. ПРИКАЗ от 14 апреля 1966 г. N 287 о мерах по дальнейшему развитию анестезиологии и реаниматологии в СССР.
3. Shiraishi Y, Ikeda K. Uptake and biotransformation of sevoflurane in humans: a comparative study of sevoflurane with halothane, enflurane, and isoflurane. *J Clin Anesth.* 1990;2: 381–386.
4. *Hospital anesthetic gas discharges and the environment: prevent the vent.* Canadian Centre for Pollution Prevention Web site. January 2005. Accessed November 10, 2010
5. *Occupational and safety and health guideline for nitrous oxide.* United States Dept of Labor Occupational Safety and Health Administration Web site. 2002. Accessed November 10, 2010
6. American Society for Testing and Materials. *Standard specification for anesthesia equipment: scavenging systems for anesthetic gases.* West Conshohocken, Pa: American Society for Testing and Materials; 1991:1343–1391. Document F

Мазур А.П., Лісний І.І., Кісель С.П.

### ВИМІР КОНЦЕНТРАЦІЇ ІНГАЛЯЦІЙНОГО АНЕСТЕТИКА СЕВОФЛУРАН У ПОВІТРІ ОПЕРАЦІЙНОЇ ПІД ЧАС ОПЕРАЦІЇ

**Мета.** Вивчити концентрацію севофлурану в робочій зоні анестезіолога протягом операції. Порівняти зміни концентрації севофлурану в операційній залежно від конструктивних особливостей випаровувача. Вивчено зміни концентрації севофлурану в повітрі операційної під час операцій на органах черевної порожнини тривалістю 2,5–3 години в залежності від конструктивних особливостей випаровувача (група 1–3 хворих, випаровувач з системою “Quick Fill”; група 2–3 хворих, випаровувач методом «прямої заливки»). Визначення концентрації повітря робили в робочій зоні анестезіолога (зона не далі ніж 1–1,5 м від наркозної станції і голови хворого) на наступних етапах: 1. Перед заповненням випаровувача анестетиком. 2. Після заповнення випаровувача (флакони севофлурану об’ємом 250 мл). 3. Після проведення введеного наркозу та інтубації трахеї. 4. Після насичення пацієнта севофлураном і виходу на «стабільну» концентрацію анестетика (переходу на потік свіжого газу 1 л\хв). 5. Після екстубації пацієнта. Визначення концентрації севофлурану в повітрі операційної проводили методом газової хроматографії. **Результати.** Концентрація севофлурану в повітрі операційної в групі 2 була вище показників, що рекомендовані нормативами ЄС та США (2 ppm).

**Ключові слова:** загальна анестезія, інгаляційна анестезія, концентрація інгаляційних анестетиків в повітрі операційної, севофлуран.

Mazur A.P., Lesnoy I.I., Kisyl' S.P.

### MEASURING THE CONCENTRATIONS OF VOLATILE ANESTHETIC SEVOFLURANE IN THE AIR DURING OPERATION

**Aim.** To define concentrations of sevoflurane at the anesthetist working area during the operation. To compare the changes of the sevoflurane concentration depending on the anesthetic vaporizer design. Changes of the sevoflurane concentration in operating room air during operations on the abdominal organs duration 2:30–3:00 hours, depending on the vaporizer design (group 1–3 patients, vaporizer system “Quick Fill”; group 2–3 patients, the vaporizer that have a “direct casting”) were studied. Determination of the anesthetic air concentration in the working area has been provided (1–1.5 m from the anesthesiologist and the patient’s head) at the following stages: 1. Before filling the anesthetic vaporizer. 2. After filling the vaporizer (sevoflurane vial 250 ml). 3. After the induction of anesthesia and tracheal intubation. 4. After sevoflurane saturation of the patient (fresh gas flow 1 l\min). 5. After a patient extubation. Determination of the sevoflurane concentration was carried out by gas chromatography. **Results.** The sevoflurane concentration in air in group 2 was higher than the standard recommended concentration of the EU and the United States (2 ppm).

**Keywords:** general anesthesia, inhalation anesthesia, the concentration of volatile anesthetic at the operating room air, sevoflurane.