

АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ И РЕАНИМАТОЛОГИЯ/ANESTHESIOLOGY AND INTENSIVE CARE

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ИНГАЛЯЦИОННЫХ АНЕСТЕТИКОВ

Научная статья

Гутцал Т.В.^{1,*}, Подолова А.Д.², Струлькова С.Ю.³

¹ ORCID : 0009-0008-5734-656X;

^{1, 2, 3} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Саранск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (tguczal[at]mail.ru)

Аннотация

В настоящей статье представлено сравнительное исследование современных ингаляционных анестетиков: десфлурана, севофлурана и изофлурана.

Целью исследования было выделить основные особенности современных ингаляционных анестетиков, обозначить отличия друг от друга.

Рассмотрены их различия по физико-химическим свойствам, метаболизму, коэффициенту распределения, минимальной альвеолярной концентрации (МАК), влиянию на гемодинамику. Исследование проводилось на основании данных из Государственного реестра лекарственных средств Минздрава РФ (ГРЛС) и анализа медицинских карт пациентов, прошедших общую анестезию с использованием данных ингаляционных анестетиков. Всего были проанализированы 62 медицинских карты, пациенты были разделены на три группы соответственно применяемым препаратам.

На основе анализа литературных данных и медицинских карт пациентов, сделан вывод о том, что все три препарата имеют приемлемый профиль безопасности, но выбор конкретного препарата должен зависеть от клинической ситуации: десфлуран рекомендован для пациентов, нуждающихся в быстрой анестезии и быстром восстановлении сознания, особенно при кратковременных операциях, изофлуран — для продолжительных вмешательств, где важно обеспечить стабильную глубокую анестезию и избежать риска преждевременного пробуждения пациента, но требует осторожности при использовании у пациентов с нестабильной гемодинамикой, а севофлуран, благодаря своей универсальности и безопасности, является оптимальным выбором для широкого круга операций, включая детей, пожилых лиц и пациентов с сопутствующими заболеваниями.

Ключевые слова: ингаляционный анестетик, десфлуран, севофлуран, изофлуран.

COMPARATIVE CHARACTERISATION OF MODERN INHALATION ANAESTHETICS

Research article

Gutsal T.V.^{1,*}, Podolova A.D.², Strulkova S.Y.³

¹ ORCID : 0009-0008-5734-656X;

^{1, 2, 3} National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation

* Corresponding author (tguczal[at]mail.ru)

Abstract

The present article provides a comparative study of modern inhalation anaesthetics: desflurane, sevoflurane and isoflurane.

The aim of the study was to highlight the main traits of modern inhalation anaesthetics, to outline the differences from each other.

Their differences in physicochemical properties, metabolism, distribution coefficient, minimum alveolar concentration (MAC), and effect on haemodynamics were reviewed. The study was based on data from the State Register of Drugs of the Ministry of Health of the Russian Federation (SRD) and analysis of medical records of patients who underwent general anaesthesia using these inhalation anaesthetics. A total of 62 medical records were analysed, the patients were divided into three groups according to the drugs used.

Based on the analysis of literature data and patient medical records, it was concluded that all three drugs have an acceptable safety profile, but the choice of a particular drug should depend on the clinical situation: desflurane is recommended for patients requiring rapid anaesthesia and quick recovery of consciousness, especially in short-term surgeries, isoflurane is recommended for prolonged interventions where it is important to ensure stable deep anaesthesia and avoid the risk of premature awakening of the patient, but requires caution when used in patients with unstable haemodynamics, while sevoflurane, due to its versatility and safety, is the optimal choice for a wide range of operations, including children, the elderly and patients with comorbidities.

Keywords: inhalation anaesthetic, desflurane, sevoflurane, isoflurane.

Введение

Ингаляционные анестетики — химические соединения, обладающие общими анестезирующими свойствами, которые вводятся путем вдыхания анестетика в виде газа или пара. Наиболее часто используемые в настоящее время ингаляционные анестетики: десфлуран, севофлуран, изофлуран [9]. Современные ингаляционные анестетики различаются по ряду параметров, включая скорость наступления эффекта, глубину наркоза, влияние на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

Сравнительная характеристика этих препаратов является актуальной задачей, так как позволит выявить потенциальные преимущества и недостатки каждого из них, тем самым способствуя персонализированному подходу к анестезии.

Цель исследования — выделить основные особенности современных ингаляционных анестетиков, обозначить отличия друг от друга.

Методы и принципы исследования

В данной статье были проанализированы основные аспекты десфлурана, севофлурана, изофлурана: физико-химические свойства, метаболизм, коэффициент распределения, минимальная альвеолярная концентрация (МАК), влияние на гемодинамику и скорость восстановления сознания после наркоза.

В комплексном исследовании ингаляционных анестетиков, использовались данные из Государственного реестра лекарственных средств Минздрава РФ (ГРЛС).

Для анализа влияния ингаляционных анестетиков на параметры гемодинамики, проведено ретроспективное когортное исследование, основанное на изучении медицинских карт пациентов, подвергшихся общей анестезии с использованием данных ингаляционных анестетиков.

Всего были проанализированы 62 медицинские карты, пациентов, которым производились плановые абдоминальные хирургические вмешательства. В зависимости от вида анестезии пациентов разделили на три группы: в первую группу включены 22 пациента, которым в качестве ингаляционного анестетика использовали десфлуран. Во вторую и третью группы сравнения вошло по 20 человек, у которых использовались севофлуран и изофлуран.

Средний возраст пациентов составил $35,5 \pm 15,1$ лет (от 18 до 56 лет). Пациенты трех групп сопоставимы по объему, длительности операции.

Вводный наркоз для всех групп был одинаковый: пропофол 1% — 10,0 мл в/в медленно, фентанил 0,005% — 4,0 мл в/в медленно; миорелаксация — рокуруния бромид 1% — 2,0 мл в/в медленно.

Ингаляционные анестетики подавались в следующих концентрациях: десфлуран 10 об%, севофлуран 2,5 об%, изофлуран 2,0 об%. Параметры искусственной вентиляции легких (ИВЛ): Рвд = 18 см H_2O , РЕЕР = 5 см H_2O , Ti:TE = 1:2, свежий поток газа 4 — 6 л/мин, FiO_2 — 50% Использовали наркозный аппарат фирмы Draeger Primus с полуузакрытым контуром.

Проводилось исследование показателей артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) до операции, во время операции и после операции.

Сравнительный анализ количественных признаков выполнен с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Статистическая значимость различий считалась достигнутой при $p < 0,05$.

Статистический анализ полученных в ходе исследования результатов проводился в специализированных приложениях: Microsoft® Office Excel.

Основные результаты и их обсуждение

3.1. Физико-химические свойства

Физико-химические свойства ингаляционных анестетиков показаны в таблице 1.

Следуя из этого, все указанные препараты представляют собой прозрачные вещества жидкой консистенции [2], [3], [7]. Десфлуран обладает сильным раздражающим запахом [10], тогда как изофлуран менее раздражающим [4]. Севофлуран, в свою очередь, не имеет раздражающего запаха [6].

Таблица 1 - Физико-химические свойства ингаляционных анестетиков

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.1>

Анестетик	Прозрачность	Запах
Десфлуран	Прозрачный	Резкий
Севофлуран	Прозрачный	Нераздражающий
Изофлуран	Прозрачный	Слабо раздражающий

3.2. Метаболизм

Как видно из таблицы 2, основной путь элиминации ингаляционных анестетиков — в неизмененном виде через легкие [8].

Все три анестетика обладают низким уровнем метаболизма, что способствует их быстрому выведению. Десфлуран имеет наименьший уровень метаболизма и, как следствие, обладает наименьшим потенциальным гепато- и нефротоксичным действием [1].

Таблица 2 - Метаболизм ингаляционных анестетиков

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.2>

Анестетик	Метаболизм, %	Чем выводится из организма
Десфлуран	0,02	Легкими Почками – метаболит
Севофлуран	<5	Легкими Почками – метаболит
Изофлуран	<0,2	Легкими Почками – метаболит

3.3. Коэффициенты распределения

Низкий коэффициент распределения обеспечивает: более быстрое введение в анестезию, лучший контроль глубины анестезии, более быстрый выход из анестезии.

Наименьший коэффициент распределения кровь/газ наблюдается у десфлурана [10], наибольший у изофлурана [4]. Севофлуран занимает промежуточное положение [6] (табл. 3).

Десфлуран так же обладает наименьшим коэффициентом распределения по другим показателям коэффициента Освальда.

Следуя из вышеперечисленного, десфлуран обеспечивает самую быструю индукцию и выход из анестезии. Изофлуран имеет самый низкий коэффициент Освальда, следовательно, он более медленно вызывает индукцию и обеспечивает более длительный выход из анестезии. Севофлуран растворяется в крови и тканях лучше, чем десфлуран, но хуже, чем изофлуран. Это означает, что севофлуран обладает более умеренными темпами индукции и выхода из анестезии, по сравнению с десфлураном и изофлураном.

Таблица 3 - Коэффициент распределения ингаляционных анестетиков

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.3>

Анестетик	Коэффициент распределения кровь/газ	Мозг/кровь	Мышцы/кровь	Жир/кровь
Десфлуран	0,42	1,3	2,0	27
Севофлуран	0,65	1,7	3,1	48
Изофлуран	1,40	2,6	4,0	45

3.4. Значение МАК ингаляционных анестетиков

МАК — минимальная альвеолярная концентрация, при которой у 50% пациентов отсутствует двигательная реакция на болевой раздражитель.

Низкий МАК означает, что анестетик является более мощным и требуется меньшая концентрация для достижения анестезии [5]. Следовательно, изофлуран является самым мощным ингаляционным анестетиком из рассматриваемых трех препаратов. Десфлуран является наименее мощным. Севофлуран обладает умеренной анестетической мощностью, занимая промежуточное положение между изофлураном и десфлураном (рис. 1).



Рисунок 1 - МАК ингаляционных анестетиков в зависимости от возраста

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.4>

Примечание: А – возрастная группа от 0 до 15 лет; Б – возрастная группа от 25 до 65 лет

3.5. Влияние ингаляционных анестетиков на гемодинамику

Оценка АД в динамике показала, что во всех группах снижение АД в момент оперативного вмешательства и повышение АД после окончания операции. Наибольшее изменение АД наблюдалось при использовании Изофлурана, наименьшее — Севофлурана. Десфлуран занял промежуточную позицию (табл. 4, 5).

Оценка ЧСС в динамике показала, что во всех группах снижение ЧСС в момент оперативного вмешательства и повышение ЧСС после окончания операции. Вариабельность ЧСС была максимальной в группах Десфлурана и Изофлурана, минимальной в группе Севофлурана (табл. 6).

Таблица 4 - Динамика САД на этапах операции

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.5>

Препаратор	САД до операции, мм.рт.ст	САД во время операции, мм.рт.ст	САД после операции, мм.рт.ст	P
Десфлуран, n=22	136,5 ± 9,2	115,3 ± 8,4	128,5 ± 7,6	<0,05
Севофлуран, n=20	114,1 ± 6,1	108 ± 9	116,2 ± 3,2	<0,05
Изофлуран, n=20	133 ± 3,2	108,4 ± 4	118,6 ± 2,4	<0,05

Таблица 5 - Динамика ДАД на этапах операции

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.6>

Препаратор	ДАД до операции, мм.рт.ст	ДАД во время операции, мм.рт.ст	ДАД после операции, мм.рт.ст	P
Десфлуран, n=22	83 ± 6	67 ± 7	88 ± 5	<0,05
Севофлуран, n=20	65 ± 1	63 ± 3	63 ± 2	<0,05
Изофлуран, n=20	70 ± 3	60 ± 3	65 ± 2	<0,05

Таблица 6 - Динамика ЧСС на этапах операции

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.16.7>

Препаратор	ЧСС до операции, уд/мин	ЧСС во время операции, уд/мин	ЧСС после операции, уд/мин	P
Десфлуран, n=22	82,5 ± 4,5	65,4 ± 3,7	73,4 ± 3,8	<0,05
Севофлуран, n=20	81,8 ± 12,4	78,2 ± 12,8	78,6 ± 12,2	<0,05
Изофлуран, n=20	82,5 ± 5,6	68,3 ± 5,5	78 ± 5,3	<0,05

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что все три препарата обладают приемлемым профилем безопасности и эффективности.

Выбор конкретного препарата должен определяться клинической ситуацией.

Десфлуран характеризуется наиболее быстрым выходом из наркоза, минимальных уровнем метаболизма, однако за счет резко раздражающего запаха может вызвать выраженное раздражение дыхательных путей. Является оптимальным выбором для коротких операций и в тех случаях, когда требуется быстрое восстановление сознания.

Изофлуран характеризуется высоким потенциалом анестетического действия (низкая МАК), хорошим управлением глубиной наркоза. Но обладает более медленной индукцией и выходом из наркоза, а также значительным влиянием на сердечно-сосудистую систему. Подходит для более длительных вмешательств, где важно обеспечить стабильную глубокую анестезию и избежать риска преждевременного пробуждения пациента. Но требует осторожности при использовании у пациентов с нестабильной гемодинамикой.

Севофлуран продемонстрировал наименьшее раздражение дыхательных путей и минимальное влияние на сердечно-сосудистую систему, обладает хорошей управляемостью, что делает его не только наиболее универсальным вариантом, применимым в широком спектре хирургических вмешательств, но и наиболее безопасным вариантом для детей, пожилых лиц и пациентов с сопутствующими заболеваниями.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Практическое руководство по анестезиологии / Под ред. В.В. Лихвантцева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ООО «Медицинское информационное агентство», 2011. — 552 с.
2. Desflurane |C3H2F6O|CID42113 – PubChem.
3. Isoflurane |C3H2ClF5O| CID 3763 – PubChem.
4. Изофлуран – ГРЛС: Справочник РУ – Государственный реестр лекарственных средств. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата ИЗОФЛУРАН.
5. Практическое руководство по анестезиологии / Под ред. В.В. Лихвантцева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2011. — 552 с.
6. Севоран – ГРЛС: Справочник РУ – Государственный реестр лекарственных средств. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата СЕВОРАН.
7. Sevoflurane |C4H3F7O| CID 5206-PubChem.
8. Белоусов Д.Ю. Сравнительная оценка экономической эффективности применения современных ингаляционных анестетиков / Д.Ю. Белоусов, Е.В. Афанасьева, Е.А. Ефремова // Качественная клиническая практика. — 2014. — № 2.
9. Кузнецова Н.К. Сравнение эффективности ингаляционных анестетиков при аллогенной трансплантации почки от посмертного донора / Н.К. Кузнецова, В.Э. Александрова, И.И. Уткина [и др.] // Трансплантология. — 2020. — № 2. — DOI: 10.23873/2074-0506-2020-12-2-94-103.
10. Супран – ГРЛС: Справочник РУ – Государственный реестр лекарственных средств. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата СУПРАН.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Prakticheskoe rukovodstvo po anesteziologii [A practical guide to anaesthesiology] / Edited by V.V. Likhvantsev. — 2nd ed., reprint. Moscow : "Medical Information Agency", 2011. — 552 p. [in Russian].
2. Desflurane |C3H2F6O|CID42113 – PubChem.
3. Isoflurane |C3H2ClF5O| CID 3763 – PubChem.
4. Izofluran – GRLS: Spravochnik RU – Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv. Instrukcija po medicinskomu primeneniju lekarstvennogo preparata IZOFLURAN [Isoflurane-GRLS: <url> Directory-State Register of Medicinal Products. Instructions for medical use of the drug ISOFLURANE]. [in Russian]
5. Prakticheskoe rukovodstvo po anesteziologii [A practical guide to anaesthesiology] / Edited by V. V. Likhvantsev. — 2nd ed., reprint. Moscow: "Medical Information Agency", 2011. — 552 p. [in Russian].
6. Sevoran – GRLS: Spravochnik RU – Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv. Instrukcija po medicinskomu primeneniju lekarstvennogo preparata SEVORAN [Sevoran-GRLS: <url> Directory – State Register of Medicinal Products. Instructions for medical use of the drug SEVORAN]. [in Russian]
7. Sevoflurane |C4H3F7O| CID 5206-PubChem.
8. Belousov D.Y. Sravnitel'naja ocenka jekonomiceskoj jeffektivnosti primenenija sovremennyh ingalacionnyh anestetikov [Comparative evaluation of the economic efficiency of the use of modern inhalation anesthetics] / D.Y. Belousov, E.V. Afanasyeva, E.A. Efremova // Kachestvennaja klinicheskaja praktika [Qualitative clinical practice]. — 2014. — № 2. [in Russian]
9. Kuznetsova N.K. Sravnenie jeffektivnosti ingalacionnyh anestetikov pri allogennoj transplantacii pochki ot posmertnogo donora [Comparison of the effectiveness of inhaled anesthetics in allogeneic kidney transplantation from a postmortem donor] / N.K. Kuznetsova, V.E. Alexandrova, I.I. Utkina [et al.] // Transplantologija [Transplantology]. — 2020. — № 2. — DOI: 10.23873/2074-0506-2020-12-2-94-103. [in Russian]
10. Supran – GRLS: Spravochnik RU – Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv. Instrukcija po medicinskomu primeneniju lekarstvennogo preparata SUPRAN [Supran-GRLS: <url> Directory – State Register of Medicinal Products. Instructions for medical use of the drug SUPRAN]. [in Russian]