

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent677804>

EDN: NCGYJX

Фармакоэкономика применения ксенона в амбулаторной стоматологической практике у детей

Д.М. Халиуллин¹, В.В. Лазарев^{2, 3}, И.А. Шугайлов⁴, Е.С. Грачева⁵¹ ООО «Дентал Форте Элит», Набережные Челны, Россия;² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;³ Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям имени В.Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия;⁴ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;⁵ ООО «Гуд Дентал», Набережные Челны, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В современных условиях любое направление медицинской деятельности, в том числе и анестезиологическая деятельность, неразрывно связано с оценкой фармакоэкономической составляющей всех происходящих процессов. Представляет интерес оценить прямые медицинские расходы, связанные с применением ингаляционного анестетика ксенона, обладающего уникальными фармакологическими характеристиками и приобретающего всё большую популярность в амбулаторной стоматологической практике.

Цель. Оценить фармакоэкономический эффект применения ксенона в амбулаторной стоматологической практике у детей.

Методы. В открытое проспективное рандомизированное исследование включены 117 детей обоего пола (45 девочек, 72 мальчика). Статистическую обработку выполняли в программе Statistica 10.0. Данные представлены в виде медианы и квартилей Me [Q1: Q3], для межгрупповых сравнений использовали критерий Манна–Уитни. За целевой уровень значимости принимали $p \leq 0,05$.

Результаты. При среднем времени анестезии 108 мин общий средний расход ксенона у представленной выборки пациентов соответствовал 13 л (7 л/ч), при этом прямые затраты на него составили 36 тыс. рублей (310 рублей в минуту). На этапе заполнения анестетиком дыхательного контура (наркозный аппарат–пациент) расход ксенона в среднем составил 3 л в течение 2 мин во всех оцениваемых случаях, что в этот период анестезии соответствовало финансовым затратам в размере 8 тыс. рублей (3 тыс. рублей в минуту). На этапе поддержания анестезии расход ксенона составил в среднем 10 л, что соответствовало 28 тыс. рублей (280 рублей в минуту).

Заключение. Наибольший расход ксенона в единицу времени — 1,5 л/мин — и финансовые затраты в размере 3 тыс. рублей в минуту отмечались на этапе индукции анестезии. Общий средний расход препарата в течение всей анестезии был практически в 10 раз меньше, чем на этапе индукции анестезии, и не превышал 310 рублей в минуту. Использование в перспективе технических устройств и технологий, уменьшающих потери ксенона в атмосферу на этапе индукции анестезии, по всей вероятности, позволит уменьшить финансовые затраты при его применении.

Ключевые слова: амбулаторная анестезиология; ксенон; дети; фармакоэкономика.

Как цитировать:

Халиуллин Д.М., Лазарев В.В., Шугайлов И.А., Грачева Е.С. Фармакоэкономика применения ксенона в амбулаторной стоматологической практике у детей // Российский стоматологический журнал. 2025. Т. 29, № 3. С. 224–230. DOI: 10.17816/dent677804 EDN: NCGYJX

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent677804>

EDN: NCGYJX

Pharmacoeconomic Evaluation of Xenon Use in Pediatric Outpatient Dental Practice

Dinar M. Haliullin¹, Vladimir V. Lazarev^{2, 3}, Igor A. Shugailov⁴, Elena S. Gracheva⁵¹ Dental Forte Elite LLC, Naberezhnye Chelny, Russia;² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;³ V.F. Voyno-Yasenetsky Scientific and Practical Center of Specialized Medical Care for Children, Moscow, Russia;⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;⁵ Good Dental LLC, Naberezhnye Chelny, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In contemporary health care, including anesthesiology, pharmacoeconomic assessment is integral to evaluating clinical processes. Inhaled anesthetic xenon, known for its unique pharmacologic properties, is gaining popularity in pediatric outpatient dental practice. Evaluating the direct medical costs associated with its use is of particular interest.

AIM: The work aimed to assess the pharmacoeconomic effect of xenon administration in pediatric outpatient dental practice.

METHODS: An open-label, prospective, randomized study included 117 pediatric patients (45 girls, 72 boys). Statistical analysis was performed using Statistica 10.0. Data are presented as median and quartiles (Me [Q1: Q3]); the Mann–Whitney *U* test was used for intergroup comparisons. A significance level of $p \leq 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS: With a mean anesthesia duration of 108 min, the average total xenon consumption per patient was 13 L (7 L/h), corresponding to a direct cost of 36,000 rubles (310 rubles per minute). During the filling the breathing circuit with anesthetic (anesthesia machine–patient), xenon consumption averaged 3 L over 2 min, incurring a cost of 8000 rubles (3000 rubles per minute). During the maintenance phase, xenon consumption averaged 10 L, with associated costs of 28,000 rubles (280 rubles per minute).

CONCLUSION: The highest xenon consumption rate — 1.5 L/min — and the peak cost — 3000 rubles per minute — were observed during the induction phase. The overall mean cost during the entire anesthesia session was nearly 10 times lower than during induction and did not exceed 310 rubles per minute. Future implementation of technologies aimed at reducing xenon loss to the atmosphere during induction may help lower the total cost of its use.

Keywords: outpatient anesthesia; xenon; children; pharmacoeconomics.

To cite this article:

Haliullin DM, Lazarev VV, Shugailov IA, Gracheva ES. Pharmacoeconomic Evaluation of Xenon Use in Pediatric Outpatient Dental Practice. *Russian Journal of Dentistry*. 2025;29(3):224–230. DOI: 10.17816/dent677804 EDN: NCGYJX

ОБОСНОВАНИЕ

Ингаляционная анестезия с применением различных газообразных анестетиков (севофлуран, изофлуран, десфлуран, ксенон, закись азота) уверенно занимает лидирующие позиции в структуре анестезиологической помощи, в том числе в амбулаторной практике. Обсуждая те или иные показания, противопоказания, положительные или нежелательные эффекты, следует также учитывать фармакоэкономическую составляющую применения того или иного анестетика [1].

Используемые в настоящее время летучие анестетики состоят из относительно распространённых элементов: фтора, углерода, кислорода и водорода [2]. Напротив, ксенон является относительно редким элементом и может быть получен из окружающего воздуха. Процесс выделения ксенона из атмосферного воздуха дорогостоящий и требует специального оборудования [3]. Ввиду этого стоимость медицинского ксенона изначально не может быть низкой.

Известным фактом является то, что объём расхода ингаляционного препарата зависит от скорости газотока. Применение минимального потока газов на этапе поддержания анестезии широко вошло в анестезиологическую практику по разным причинам, в том числе и с целью экономии препаратов [4]. Низкий расход ингаляционного анестетика за счёт снижения потока требует внимания и высокой квалификации практикующих анестезиологов [5]. Можно с уверенностью сказать, что поддержание анестезии на низком потоке ингаляционного анестетика во вдыхаемой смеси коррелирует с индивидуальным опытом практической деятельности врача-анестезиолога. Несмотря на описанные в литературе методики проведения анестезии с применением ксенона, воспроизведение их остаётся очень индивидуальным в аспекте его расходования: скорость заполнения контура ксеноном; выбранный поток в методике *minimal flow anaesthesia*; значение концентрации, которое представляет анестезиолог по данным монитора (ввиду не установленного на сегодня значения минимальной альвеолярной концентрации ксенона для детей). Поэтому важен индивидуальный опыт практической деятельности врача-анестезиолога [6].

Применение ингаляционного анестетика ксенона как у нас в стране, так и за рубежом определяется не только фармакологическими характеристиками, но и стоимостью самого препарата, в связи с чем представляется актуальной оценка его фармакоэкономической составляющей в практике. В настоящей работе сделана попытка оценки расходов на ингаляционный анестетик ксенон в условиях амбулаторной стоматологической практики при проведении санации ротовой полости у детей.

ЦЕЛЬ

Оценить фармакоэкономический эффект применения ксенона в амбулаторной стоматологической практике у детей.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проанализированы результаты 117 общих анестезий с применением ксенона при выполнении амбулаторных стоматологических вмешательств. В исследовании использовали ксенон медицинский «КсеМед» (ПУ № ЛС–000121 от 24.08.2010; «Акела-Н», Россия).

Критерии соответствия

Критерии включения:

- дети в возрасте от 1 года до 10 лет мужского и женского пола;
- оценка физического статуса пациентов по шкале Американского общества анестезиологов не выше III;
- дети, нуждающиеся в санации полости рта.

Критерии исключения:

- любое острое респираторное заболевание или обострение хронического патологического процесса;
- оценка физического статуса пациентов по шкале Американского общества анестезиологов больше III.

Условия проведения

Исследования проводили в сети клиник ООО «Дентал Форте» (Набережные Челны, Россия).

Описание медицинского вмешательства

Эффективность и безопасность анестезии во время стоматологического лечения контролировали по данным артериального давления (систолического, диастолического и среднего), а также частоты сердечных сокращений, которую оценивали с помощью монитора Solvo M 3000 (Rochen, Китай); по биспектральному индексу глубины угнетения сознания (BIS-индексу) с использованием монитора оценки глубины анестезии МГА-06 (Triton, Россия); на основании показателей вентиляции лёгких:

- давление в дыхательных путях, мм рт. ст.;
- минутная вентиляция, литров в минуту;
- объём выдоха;
- объём вдоха;
- концентрация кислорода во вдыхаемой газовой смеси;
- концентрация CO_2 в конце выдоха.

Данные показатели мониторов встроены в модуль наркозного аппарата.

Газовый состав крови оценивали в капиллярной крови с помощью анализатора i-STAT (Abbott, США); давление в манжете эндотрахеальной трубки контролировали,

используя устройство для мониторинга давления в эндотрахеальной трубке (Portex, Великобритания); концентрацию вдыхаемого ксенона монитировали с помощью газоанализатора ГКМ-03 («Инсовт», Россия). Применяемое оборудование регулярно проходило техническое обслуживание согласно инструкции по использованию каждого вышеупомянутого аппарата.

Анестезиологическое обеспечение стоматологических вмешательств выполняли без премедикации. Индукцию анестезии осуществляли севофлураном по «болюсной» методике: дыхательный контур наркозного-дыхательного аппарата VENAR Libera Screen (TS+AGAS)¹ (Chirana, Словакия) предварительно заполняли смесью O_2 (8 л/мин) и севофлурана (с концентрацией на вдохе 8 об.%). Затем дыхательный контур наркозного-дыхательного аппарата продували данной газонаркотической смесью с трёхразовым заполнением и опорожнением дыхательного мешка, после чего газонаркотическую смесь подавали ребёнку через лицевую маску. При этом на испарителе устанавливали значение 8 об.%, поток 5 л/мин, концентрация кислорода в газовой смеси (FiO_2) 100%. Регулируемый предохранительный клапан переводили в положение спонтанного дыхания — *spont*. Сознание ребёнка утрачивалось на 7–10-м вдохе газонаркотической смеси. Затем концентрацию севофлурана на испарителе снижали до 4–6 об.% и поддерживали на этом уровне до наступления хирургической стадии общей анестезии, при которой BIS-индекс снижался до 60 у.е. Далее осуществляли венозный доступ, при котором значения BIS-индекса значительно не менялись, двигательная реакция со стороны пациентов отсутствовала, показатели гемодинамики были стабильными. На протяжении всего этапа индукции анестезии поток свежего газа оставался равным 5 л/мин. С целью снижения саливации и мышечного тонуса внутривенно вводили атропин в дозе 0,01 мг/кг и диазепам 0,3 мг/кг, после чего производили интубацию трахеи и перевод на искусственную вентиляцию лёгких в режим вентиляции с поддержкой давлением. Во время выполнения интубации трахеи у всех детей отсутствовал кашлевой рефлекс, видимость голосовой щели и условия для выполнения интубации трахеи были удовлетворительными, манипуляцию проводили без каких-либо трудностей. Дыхание у пациентов при общей анестезии было через наркозно-дыхательный аппарат в режиме вентиляции с поддержкой давлением.

Во время лечения пульпита и экстракции зубов применяли местную инфильтрационную анестезию раствором артикаина согласно действующим в детской стоматологии стандартам и рекомендациям.

Ингаляцию ксенона начинали с момента, когда врач-стоматолог приступал к работе, при этом подачу севофлурана прекращали. Насыщение организма ребёнка ксеноном проводили в установленном режиме вентиляции

с поддержкой давлением. Параметры вентиляции устанавливали из индивидуальных потребностей ребёнка для обеспечения нормовентиляции. При насыщении пациента ксеноном поток газовой смеси сокращали до 2,5 л/мин. Регулируемый предохранительный клапан переводили в положение 30 см вод. ст. При этом FiO_2 устанавливали 30% (минимально возможное значение на наркозно-дыхательном аппарате VENAR Libera Screen (TS+AGAS). Соответственно в ингалируемой смеси содержание ксенона составляло 70%. Для достижения целевого соотношения ксенона и кислорода 50–60/50–40% требовалось во всех случаях не более 2 мин. Поток свежей дыхательной газовой смеси при поддержании анестезии по закрытому контуру не превышал 300 мл/мин, а значение FiO_2 было не менее 35%.

После завершения лечения подачу ксенона в контур прекращали, при этом поток газовой смеси устанавливали равным 2,5 л/мин, FiO_2 100%. По достижении в дыхательном контуре концентрации ксенона 15% и ниже производили экстубацию трахеи, которая во всех случаях проходила без осложнений. Во время анестезии давление в манжете эндотрахеальной трубки монитировали на этапах после проведения интубации трахеи и перед экстубацией, при этом давление во всех случаях поддерживалось согласно возрастным референсным значениям.

Во всех случаях рециклинг отработанных газов не проводился.

Расход ксенона в литрах на индукцию анестезии определяли, рассчитывая объём препарата, который был необходим для заполнения контура наркозно-дыхательного аппарата с момента проведения интубации трахеи до достижения концентрации ксенона во вдыхаемой смеси 50%.

В рамках проведённого исследования с 2019 года по 2024 год учитывалась цена ксенона, закупаемого медицинским учреждением ООО «Дентал Форте», где выполнялись общие анестезии при амбулаторных стоматологических вмешательствах (табл. 1). Ежегодный объём закупок ксенона в оцениваемый период был идентичным и соответствовал 200 л/год.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли в программе Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Данные представлены в виде медианы и квартилей: Me [Q1; Q3], для межгрупповых сравнений использовали критерий Манна–Уитни. За целевой уровень значимости принимали $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В открытое проспективное рандомизированное исследование включены 117 детей обоего пола (45 девочек, 72 мальчика). Характеристика пациентов представлена в табл. 2.

¹ Аппарат с сенсорным цветным дисплеем (Touch Screen, TS) и интегрированным модулем анализа газов (AGAS).

Таблица 1. Динамика закупочной цены ксенона за 2019–2024 гг.

Годы	Цена 1 л, рублей	Среднее значение цены 1 л, рублей
2019	640	2804
2020	1375	
2021	1665	
2022	2885	
2023	5845	
2024	4415	

Таблица 2. Характеристики пациентов, включённых в исследование, Ме [Q1; Q3]

Показатель	Значение
Возраст, лет	4,0 [2,0; 5,5]
Вес, кг	17 [13; 18]
Рост, см	102 [91; 110]
Длительность анестезии, мин	110 [80; 135]
Длительность стоматологического лечения, мин	108 [70; 130]

Таблица 3. Расход и стоимость ксенона на этапах анестезии, Ме [Q1; Q3]

Показатель		Этап анестезии			p
		Индукция	Поддержание	Весь период анестезии	
Расход, л	Всего	3 [2,6; 3,4]	10 [6; 14]	13 [9; 17]	0,001
	За 1 мин	1,5 [1,3; 1,7]	0,10 [0,08; 0,10]	0,11 [0,11; 0,12]	—
Цена, тыс. рублей	Всего	8 [7; 9]	28 [17; 39]	36 [25; 48]	0,001
	За 1 мин	3 [3,0; 4,8]	0,28 [0,22; 0,28]	0,31 [0,31; 0,34]	—

Примечание: статистически значимые различия по объёму и стоимости затраченного ксенона, подтверждённые на практике, оценивались на этапах индукции и поддержания анестезии.

Основные результаты исследования

При оценке исследуемой выборки средний расход ксенона составил 13 л на одну анестезию (табл. 3). При этом наибольшие затраты препарата были на этапе заполнения контура анестетиком в период индукции анестезии, что составило 3 л в течение 2 мин во всех оцениваемых случаях. В финансовых затратах это выразилось в общей сумме данного периода анестезии 8412 рублей (3 тыс. рублей в минуту). На этапе поддержания анестезии расход ксенона составил 10 л, что в стоимостном выражении соответствовало 28 тыс. рублей (280 рублей в минуту). Общие финансовые затраты на ингаляционный анестетик ксенон на протяжении одной анестезии в рамках выполненного исследования составили в среднем 36 тыс. рублей.

Затраты ксенона как в расходовании его объёма, так и в стоимостном выражении на этапе заполнения контура статистически значимо ($p \leq 0,05$) отличались от расхода на этапе поддержания анестезии.

ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках исследования при амбулаторных стоматологических вмешательствах у детей была использована сочетанная анестезия с ингаляцией газонаркологической смеси ксенона по метаболическому потоку, позволяющая обеспечить эффективную и безопасную анестезиологическую защиту, как и ингаляционная анестезия с низким потоком свежей газонаркологической смеси [7].

В работах других авторов указывается объём ксенона 4–6 л, который необходим для заполнения контура и достижения концентрации во вдыхаемой смеси 70% [8, 9], при условии, что речь идёт о проведении анестезиологического обеспечения операций в стационарах взрослым пациентам. По результатам нашего исследования на этап заполнения контура потребовалось 3 л ксенона.

Имеются указания на объём израсходованного ксенона в течение одной анестезии в диапазоне от 15 до 36 л [2, 10] для взрослых пациентов стационаров с оценкой I по классификации Американского общества анестезиологов. В рамках проведённого нами исследования расход ксенона на одну анестезию составил 13 л (7 л/ч), что объяснялось малой травматичностью выполнявшихся стоматологических вмешательств. Применение ксенона с концентрацией 50–60% в потоке вдыхаемой газовой смеси до 300 мл/мин позволяло существенно экономить анестетик. Важно также учитывать возможные утечки из дыхательного контура в манжету эндотрахеальной трубки [11]. Средняя стоимость одной анестезии ксеноном составила 36 тыс. рублей (310 рублей в минуту), что, несомненно, значительно превышает стоимость широко применяемых в детской практике ингаляционных анестетиков севофлурана и десфлурана. По данным Р.Р. Губайдуллина и соавт. [12], стоимость вводной анестезии севофлураном составляет на этапе индукции 105,85 рубля, на этапе насыщения — 197,25 рубля, поддерживающей анестезии — 2160,28 рубля. Стоимость вводной анестезии десфлураном составляет на этапе индукции 105,85 рубля, на этапе

насыщения — 145,49 рубля, поддерживающей анестезии — 2567,39 рубля. Затраты на медицинский кислород составляют 2539 и 2107 рублей соответственно.

Однако, несмотря на то что стоимость анестезии с применением ксенона превышает таковую при использовании галогенсодержащих ингаляционных анестетиков, при выборе препарата целесообразно учитывать и такие факторы, как фармакологическая безопасность, органо-протекторные свойства, управляемость анестезией и т. п. [13–16], а также влияние на окружающую среду [17].

Хочется надеяться, что в перспективе, с развитием технологии производства ксенона, данный ингаляционный анестетик станет более доступным для широкого применения [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольший расход ксенона в единицу времени — 1,5 л/мин — и финансовые затраты в размере 3 тыс. рублей в минуту отмечались на этапе индукции анестезии.

Общий средний расход препарата в течение всей анестезии был практически в 10 раз меньше этапа индукции анестезии и не превышал 310 рублей в минуту.

Использование в перспективе технических устройств и технологий, уменьшающих потери ксенона в атмосферу, на этапе индукции анестезии, по всей вероятности, позволит уменьшить финансовые затраты при его применении.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Д.М. Халиуллин — проведение общей анестезии, обзор литературы, написание статьи; В.В. Лазарев — написание, редактирование статьи; И.А. Шугайлов — написание, редактирование статьи; Е.С. Грачева — проведение лечения, написание статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. На проведение клинического исследования получено положительное заключение локального этического комитета ФДПО ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России № 1/2018

от 01.12.2018. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: D.M. Haliullin: investigation, resources, writing—original draft; V.V. Lazarev: writing—original draft, writing—review & editing; I.A. Shugailov: writing—original draft, writing—review & editing; E.S. Gracheva: investigation, writing—original draft. All authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The clinical study was approved by the Local Ethics Committee of the Faculty of Continuing Professional Education, The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov (Approval No. 1/2018, dated December 1, 2018). All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: All data generated or analyzed during this study are included in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Biro P, Kneschke O, Theusinger OM. Reliability of the volatile agent consumption display in the Draeger Primus™ anesthesia machine. *J Clin Monit Comput.* 2015;29(5):601–604. doi: 10.1007/s10877-014-9639-6 EDN: YFUYJG
2. Neice AE, Zornow MH. Xenon anesthesia for all, or only a select few? *Anaesthesia.* 2016;71(11):1267–1272. doi: 10.1111/anae.13569
3. Goto T, Nakata Y, Morita S. Will xenon be a stranger or a friend?: the cost, benefit, and future of xenon anesthesia. *Anesthesiology.* 2003;98(1):1–2. doi: 10.1097/0000542-200301000-00002
4. Reazaul Karim HM, Sinha M, Kumar M, et al. An observation from an online survey: is fresh gas flow used for sevoflurane and desflurane different from isoflurane based anesthesia? *Med Gas Res.* 2019;9(1):13–17. doi: 10.4103/2045-9912.254637
5. Mallik T, Neja S, Tope R, Muralidhar V. A randomized prospective study of desflurane versus isoflurane in minimal flow anesthesia using “equilibration time” as the change-over point to

minimal flow. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2012;28(4):470–475. doi: 10.4103/0970-9185.101916

- 6. Hanci V, Yurtlu S, Ayoğlu H, et al. Effect of low-flow anesthesia education on knowledge, attitude and behavior of the anesthesia team. *Kaohsiung J Med Sci.* 2010;26(8):415–421. doi: 10.1016/S1607-551X(10)70067-X
- 7. Kim J, Kang D, Lee H, et al. Change of inspired oxygen concentration in low flow anesthesia. *Anesth Pain Med (Seoul).* 2020;15(4):434–440. doi: 10.17085/apm.20055 EDN: XVHATG
- 8. Hanne P, Marx T, Musati S, et al. Xenon: uptake and costs. *Int Anesthesiol Clin.* 2001;39(2):43–61. doi: 10.1097/00004311-200104000-00006
- 9. Dingley J, Findlay GP, Foëx BA, et al. A closed xenon anesthesia delivery system. *Anesthesiology.* 2001;94(1):173–176. doi: 10.1097/0000542-200101000-00034
- 10. Nakata Y, Goto T, Niimi Y, Morita S. Cost analysis of xenon anesthesia: a comparison with nitrous oxide-isoflurane and nitrous oxide-sevoflurane anesthesia. *J Clin Anesth.* 1999;11(6):477–481. doi: 10.1016/s0952-8180(99)00087-2

11. Luttrupp HH, Thomasson R, Dahm S, et al. Clinical experience with minimal flow xenon anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1994;38(2):121–125. doi: 10.1111/j.1399-6576.1994.tb03852.x
12. Gubaydullin RR, Belousov DY, Cheberda AE. Clinical and economic evaluation of inhalation anesthetics use. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2017;14(5):8–20. doi: 10.21292/2078-5658-2017-14-5-8-19 EDN: ZSRVZN
13. Law LS, Lo EA, Chan CC, Gan TJ. Neurologic and cognitive outcomes associated with the clinical use of xenon: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Can J Anaesth*. 2018;65(9):1041–1056. doi: 10.1007/s12630-018-1163-6 EDN: YBVQDR
14. Kulikov A, Sel'kov D, Kobayakov G, et al. Xenon anesthesia for awake craniotomy: safety and efficacy. *Minerva Anesthesiologica*. 2019;85(2):148–155. doi: 10.23736/S0375-9393 EDN: FFVCUF

15. Devroe S, Lemiere J, Van Hese L, et al. The effect of xenon-augmented sevoflurane anesthesia on intraoperative hemodynamics and early postoperative neurocognitive function in children undergoing cardiac catheterization: A randomized controlled pilot trial. *Paediatr Anaesth*. 2018;28(8):726–738. doi: 10.1111/pan.13444
16. Dovgusha VV, Fok MV, Zaritskaya GA. A possible molecular mechanism of the narcotic action of noble gases. *Biophysics*. 2005;50(5):786–790. EDN: HSCRUF
17. Kampman JM, Sperna Weiland NH. Anaesthesia and environment: impact of a green anaesthesia on economics. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2023;36(2):188–195. doi: 10.1097/ACO.0000000000001243 EDN: QKYLGV

ОБ АВТОРАХ

* **Халиуллин Динар Мансурович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 423800, Набережные Челны, ул. Нур Баян, д. 23;
ORCID: 0000-0003-2771-3134;
eLibrary SPIN: 7165-1859;
e-mail: dr170489@yandex.ru

Лазарев Владимир Викторович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-8417-3555;
eLibrary SPIN: 4414-0677;
e-mail: lazarev_vv@inbox.ru

Шугайлов Игорь Александрович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-5304-6078;
eLibrary SPIN: 5681-7569;
e-mail: 9978753@mail.ru

Грачева Елена Сергеевна;
ORCID: 0000-0002-2758-8065;
e-mail: murzic_elena@icloud.com

AUTHORS' INFO

* **Dinar M. Haliullin**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 23 Nur Bayan st, Naberezhnye Chelny, Russia, 423800;
ORCID: 0000-0003-2771-3134;
eLibrary SPIN: 7165-1859;
e-mail: dr170489@yandex.ru

Vladimir V. Lazarev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-8417-3555;
eLibrary SPIN: 4414-0677;
e-mail: lazarev_vv@inbox.ru

Igor A. Shugailov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5304-6078;
eLibrary SPIN: 5681-7569;
e-mail: 9978753@mail.ru

Elena S. Gracheva;
ORCID: 0000-0002-2758-8065;
e-mail: murzic_elena@icloud.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author