

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КЛИНИЧЕСКОЙ ТРАНСПЛАНТОЛОГИИ

ACTUAL ISSUES OF TRANSPLANTATION

<https://doi.org/10.23873/2074-0506-2020-12-2-94-103>

Сравнение эффективности ингаляционных анестетиков при аллогенной трансплантации почки от посмертного донора

Н.К. Кузнецова, В.Э. Александрова, И.И. Уткина, А.М. Талызин, С.В. Журавель*

ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3

* Контактная информация: Сергей Владимирович Журавель, д-р мед. наук, заведующий научным отделением анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, e-mail: zhsergey5@gmail.com

Актуальность. С каждым годом число пациентов с хронической почечной недостаточностью неуклонно возрастает. Аллогенная трансплантация почки от посмертного донора является радикальным методом коррекции хронической почечной недостаточности, улучшающим качество и продолжительность жизни пациентов. Современные ингаляционные анестетики позволяют легко контролировать глубину анестезии и экскретируются легкими в неизменном виде, обеспечивая быстрый выход пациента из анестезии и его легкое пробуждение. «Идеальный» ингаляционный анестетик, применяемый при трансплантации почки, должен обладать минимальным количеством неблагоприятных эффектов.

Цель. Сравнение эффективности ингаляционных анестетиков, применяемых для аллогенной трансплантации почки от посмертного донора.

Материал и методы. В рандомизированное проспективное одноцентровое исследование были включены 62 пациента с терминальной стадией хронической почечной недостаточности. Исследуемых разделили на три группы в зависимости от вида применяемого ингаляционного анестетика. В первую группу включены пациенты, которым проводили низкпоточную ингаляционную анестезию десфлюраном, во вторую и третью группы сравнения вошли пациенты, которым в качестве ингаляционных анестетиков применяли севофлюран или изофлюран соответственно. При оценке гемодинамических показателей больше всего эпизодов гемодинамической нестабильности зарегистрировано в группе изофлюрана; наиболее стабильные статистически значимые показатели наблюдались в группе с использованием севофлюрана, а десфлюран занял промежуточную позицию.

Результаты. Применение десфлюрана в качестве наиболее эффективного ингаляционного анестетика при пересадке почки обеспечивает возможности более быстрого восстановления сознания и ранней экстубации пациента, чем при использовании севофлюрана и изофлюрана.

Выводы. Оптимальным ингаляционным анестетиком, применяемым при трансплантации почки, является десфлюран.

Ключевые слова: десфлюран, ингаляционные анестетики, трансплантация почки

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Кузнецова Н.К., Александрова В.Э., Уткина И.И., Талызин А.М., Журавель С.В. Сравнение эффективности ингаляционных анестетиков при аллогенной трансплантации почки от посмертного донора. Трансплантология. 2020;12(2):94–103. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2020-12-2-94-103>

Comparison of the effects of inhalation anesthetics in the intra- and postoperative periods during kidney transplantation

N.K. Kuznetsova, V.E. Aleksandrova, I.I. Utkina, A.M. Talyzin, S.V. Zhuravel*

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia

*Correspondence to: Sergey V. Zhuravel, Dr. Med. Sci., Head of the Scientific Department for Anesthesiology, Intensive and Critical Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
e-mail: zhsergey5@gmail.com

Background. Every year the number of patients with chronic renal failure is steadily increasing. Allogeneic kidney transplantation from a post-mortem donor is a radical method to cope with chronic renal failure, improving the quality and life expectancy of patients. Currently available inhalation anesthetics make it easy to control the depth of anesthesia; they are excreted by the lungs unchanged, providing a quick emergence from anesthesia and easy waking up of the patient. An “ideal” inhalation anesthetic used for kidney transplantation should have a minimal amount of adverse effects.

The aim was to compare the efficacy of inhaled anesthetics used for allogeneic kidney transplantation from a posthumous donor.

Material and methods. A randomized, prospective, single-center study included 62 patients with end-stage chronic renal failure. The subjects were divided into three groups depending on the type of the inhalation anesthetic used. The first group included patients who underwent low-flow inhalation anesthesia with desflurane, the second and third groups were comparator groups where patients received sevoflurane or isoflurane, respectively, as an inhalation anesthetic. When assessing hemodynamic parameters, most episodes of hemodynamic instability were seen in the isoflurane group; the most stable statistically significant values were observed in the sevoflurane group, and desflurane took an intermediate position.

Results. The use of desflurane as an inhalation anesthetic in a kidney transplant provided a quicker recovery of consciousness and early extubation of the patient after anesthesia compared to the sevoflurane or isoflurane use. So desflurane proved to be the most efficient of the three studied inhalation anesthetics.

Conclusion. Desflurane is the optimal inhalation anesthetic used in kidney transplantation.

Keywords: desflurane, inhalation anesthetics, kidney transplantation

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest
FINANCING The study was performed without external funding

Kuznetsova NK, Aleksandrova VE, Utkina II, Talyzin MA, Zhuravel SV. Comparison of the effects of inhalation anesthetics in the intra- and postoperative periods during kidney transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2020;12(2):94–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2020-12-2-94-103>

АД – артериальное давление
АТПП – аллотрансплантация трупной почки
ДАД – диастолическое артериальное давление
ИА – ингаляционные анестетики
МАК – минимальная альвеолярная концентрация
САД – систолическое артериальное давление
СГ – свежий газ
СКФ – скорость клубочковой фильтрации
ССС – сердечно-сосудистая система
ТП – трансплантация почки

тХПН – терминальная стадия хронической почечной недостаточности
ХБП – хроническая болезнь почек
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиограмма
EtO₂ – концентрация кислорода в выдыхаемой газовой смеси
O₂ – кислород
SpO₂ – насыщение крови кислородом

Введение

Терминальная стадия хронической почечной недостаточности (тХПН) является следствием различных, как правило, хронических заболеваний: хронического гломерулонефрита, хронического пиелонефрита, интерстициального нефрита, наследственных сосудистых аномалий и кистозной болезни. С каждым годом число пациентов с тХПН возрастает. По данным российского

регистра, на территории нашей страны функционирует 41 центр трансплантации почки (ТП). В лист ожидания трансплантации почки в России включены 5600 пациентов, что составляет примерно 13,8% от общего числа больных, находящихся на программном диализе [1]. В листе ожидания НИИ СП им. Н.В. Склифосовского числится около 750 реципиентов. В отделении трансплантации почки и поджелудочной железы ежегодно выполняют около 200 ТП от посмертных доноров.

Аллогенная трансплантация трупной почки (АТТП) – радикальный метод лечения тХПН, улучшающий качество и продолжительность жизни пациентов [2].

Пациенты с тХПН, как правило, имеют сопутствующую патологию, обуславливающую высокие анестезиологические риски. Физический статус пациентов при его оценке по классификации Московского научного общества анестезиологов-реаниматологов соответствует 5 баллам (IV высокая степень риска). Для нормального функционирования трансплантата большое значение имеет нормальное или на некоторых этапах операции – повышенное артериальное давление (АД) в течение всего времени анестезиологического пособия. Корректный подбор компонентов анестезии (выбор эффективного ингаляционного анестетика – ИА), тактика инфузионной терапии при АТТП влияют на начальную функцию пересаженной почки [3].

Цель исследования – сравнение эффективности ИА, применяемых для аллогенной ТП от посмертного донора.

Материал и методы

В проспективное одноцентровое рандомизированное исследование, проведенное на базе ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ с 1 января по 1 июля 2019 г. были включены 62 пациента с хронической болезнью почек (ХБП) 5-й стадии (скорость клубочковой фильтрации – СКФ по формуле MDRD составляла менее 15 мл/мин/173 м²). Всем пациентам была успешно выполнена АТТП. Пациенты были распределены на три группы в зависимости от используемого интраоперационно ИА: в I группу включены 22 пациента, у которых в качестве ИА применяли десфлюран, во II и III группы сравнения вошли по 20 больных, у которых использовали севофлюран или изофлю-

ран. При проведении исследовательской работы применяли метод случайного распределения.

Критерии включения в исследование:

1. Трансплантация почки от посмертного донора в условиях комбинированной эндотрахеальной анестезии у пациентов с ХБП 5-й стадии (СКФ по формуле MDRD составляла менее 15 мл/мин/173 м²) вне зависимости от исходной патологии;

2. Возраст пациентов – от 18 до 65 лет;

3. Пациент экстубирован по окончании АТТП на операционном столе;

4. Введение миорелаксанта (цисатракурия безилата) прекращалось не менее чем за 29–40 минут до окончания использования ИА.

Оценивали: возраст, пол, рост, массу тела, время холодовой ишемии.

По гендерному признаку, росту и массе тела пациенты в группах сравнения статистически значимо не различались ($p > 0,05$), также не было различий и во времени холодовой ишемии донорской почки ($p = 0,1$) (табл. 1).

Тактика обеспечения анестезиологического пособия

Индукцию в анестезию проводили пропофолом в дозе 2–2,5 мг/кг в сочетании с фентанилом 5 мкг/кг, после чего вводили цисатракурия безилат в дозировке 150 мкг/кг. После введения миорелаксанта проводили интубацию трахеи и начинали искусственную вентиляцию легких (подачу ИА). Использовали наркозный аппарат фирмы Drägerprimus с полузакрытым контуром.

Ингаляционные анестетики подавались в следующих концентрациях: для десфлюрана – 12,0 об.% (поток свежего газа (СГ) в контуре 2 л/мин), для севофлюрана – 4,0 об.% (поток СГ в контуре 4 л/мин), для изофлюрана – 2,4 об.% (поток СГ в контуре 4 л/мин) до момента насыщения, равного 1,0 минимальной альвеолярной

Таблица 1. Характеристика групп реципиентов
Table 1. Characteristics of recipient groups

Показатель	Группы реципиентов			P
	Десфлюран, n = 22 (Me (1; 3))	Севофлюран, n = 16 (Me (1; 3))	Изофлюран, n = 14 (Me (1; 3))	
Возраст, лет	50 (45; 58)	48 (41; 53,5)	46 (39; 50)	0,557
Пол, мужской/женский	7/15	9/7	7/7	0,226
Рост, см	175,5 (169; 180)	173 (170; 180)	167 (163; 171)	0,065
Масса тела, кг	80,1 (66; 84)	69,5 (64; 92,7)	70,5 (65; 82)	0,931
Время холодовой ишемии донорского органа, мин	885 (760; 930)	780 (722,5; 890)	825 (720; 870)	0,109

концентрации (МАК) об.%. После достижения МАК 1,0 об.% ИА в группе десфлюрана подавался по принципу minimal flow anesthesia (поток СГ в контуре не более 0,5 л/мин), в группе севофлюрана поток СГ – 2 л/мин, в группе десфлюрана – 1,5 л/мин.

Проводили мониторинг основных гемодинамических показателей (частоты сердечных сокращений (ЧСС), уровня АД), исследовали показатели кислотно-основного состояния и водно-электролитного баланса в пробах венозной крови.

Также учитывали показатели пульсоксиметрии, эпизоды нарушения ритма, тахикардии (ЧСС более 90 уд./мин), брадикардии (ЧСС менее 60 уд./мин), гипотонии (АД_{сис} менее 80 мм рт.ст.). Регистрировали цифры АД на этапе кожного разреза и доартериальной/венозной реперфузии донорского органа – I и II периоды анестезии – от этапа реперфузии нефротрансплантата до окончания оперативного вмешательства.

После выхода из анестезии на фоне декураризации (вводили атропин в дозировке 0,01 мг/кг; галантамина гидробромид 20 мг) оценивали временной интервал, в течение которого пациент открывал глаза, пожимал руку, был экстубирован и называл дату рождения. Для оценки функции нефротрансплантата измеряли темп почасового диуреза и количество мочи после реперфузии донорской почки.

Статистический анализ

Для учета показателей использовали параметрические и непараметрические методы статистики: среднее значение, стандартное отклонение, медиану и квартильный размах. Проводили дисперсионный анализ трех групп с независимым распределением (критерии Краскелла–Уоллиса), рассчитывали χ-квадрат. Для сравнения результатов данных до и после применения ИА использовали критерий Вилкоксона. Значения p<0,05 считали статистически зна-

чимыми. Статистический анализ проводили с использованием программы Statistica 10.0.

Результаты

Данные, показывающие суммарные дозы лекарственных препаратов, применяемых для поддержания анестезии, время насыщения ИА, фракцию кислорода (O₂) на вдохе до достижения SpO₂ 98–100%, представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что статистически значимых различий в количестве введенного цисатракуррия безилата, фентанила, фракции O₂ (SpO₂ = 98–100%) не было (p>0,05). Время насыщения ИА до МАК 1,0 об.% при одинаковом потоке было минимальным в группе десфлюрана, максимальным – в группе изофлюрана (p<0,05, статистически значимо).

Результаты сравнения побочных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС) приведены на рисунке. Под влиянием десфлюрана нарушения ритма (единичные желудочковые экстрасистолы, не определяемые по электрокардиограмме (ЭКГ) до оперативного вмешательства) встречались в 4,5% и отсутствовали при применении других ИА (p<0,05, статистически значимо). Частота возникновения тахикардии (50%) и эпизодов гипотонии (5%) была наибольшей при использовании севофлюрана, а эпизоды брадикардии (7,5%) чаще возникали на фоне применения изофлюрана (p<0,05, статистически значимо).

Выявлена статистическая значимость между использованием ИА и влиянием на гемодинамические показатели. Сравнили динамику АД и ЧСС:

1. С момента вводной анестезии и до реперфузии;

2. До реперфузии и после выхода из анестезии.

В табл. 3–5 приведены значения, характеризующие динамику систолического (САД) и диастолического (ДАД) АД, частоты пульса у паци-

Таблица 2. Сравнительная характеристика расхода миорелаксантов, фентанила и времени насыщения анестетиком
Table 2. Comparative characteristics of the consumption of muscle relaxants, fentanyl and anesthetic saturation time

Показатель	Группы реципиентов			P
	Десфлюран, n = 22 (Me (1; 3))	Севофлюран, n = 16 (Me (1; 3))	Изофлюран, n = 14 (Me (1; 3))	
Миорелаксант, суммарная доза, мг	30 (25; 30)	30 (25; 35)	30 (25; 32,5)	0,094
Фентанил, суммарная доза, мг	0,8 (0,7; 0,9)	0,8 (0,7; 0,38)	0,8 (0,8; 0,9)	0,305
Время насыщения анестетиком до МАК 1,0 об.%, мин	4 (3; 4)	4 (4; 5)	5,25 (5; 8)	0,001
EtO ₂ , %	50 (50)	50 (50)	50 (50; 55)	0,809

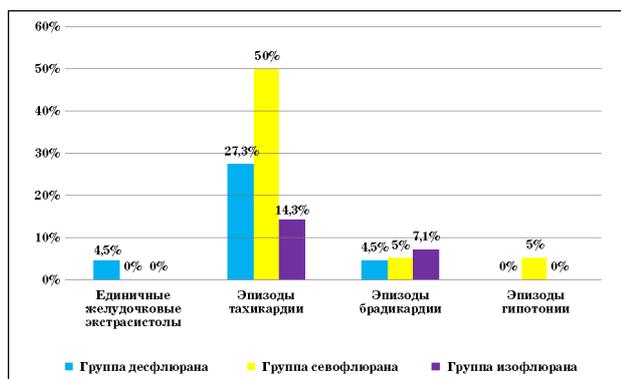


Рисунок. Встречаемость побочных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы при использовании различных анестетиков, %

Figure. The incidence of side effects on the cardiovascular system when using various anesthetics, %

ентов I, II, III групп. Динамика САД и ДАД статистически значимо различалась при применении всех ИА как в I, так и во II периодах анестезии;

наибольшие изменения САД и ДАД наблюдались при использовании изофлюрана, наименьшие – севофлюрана ($p < 0,05$). Вариабельность пульса имела место при применении изофлюрана и была минимальной на фоне введения десфлюрана и севофлюрана ($p < 0,05$, статистически значимо в обоих случаях).

Наибольшее влияние на гемодинамику оказывал изофлюран; наиболее стабильные гемодинамические показатели наблюдали на фоне применения севофлюрана, а десфлюран по этому показателю занимал промежуточную позицию ($p < 0,05$, статистически значимо).

В табл. 6 приведены временные данные о восстановлении сознания и мышечного тонуса. Время пробуждения характеризовалось открытием глаз, восстановлением мышечного тонуса – пожатием руки, восстановлением сознания – способностью назвать дату рождения. Наиболее быстрое пробуждение, восстановление сознания и мышечного тонуса происходило при использо-

Таблица 3. Динамика артериального давления в интервале до вводной анестезии и до реперфузии

Table 3. Changes in blood pressure over the time interval from the moment before induction anesthesia till the start of reperfusion

Группа ИА	АД до вводной анестезии (ср. знач. ± станд. отклон)		АД до реперфузии ср. знач. ± станд. отклон)		p
	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	
I группа	146,8 ± 16,9	83,4 ± 11,4	114,8 ± 20,6	67 ± 15,1	<0,05
II группа	139,3 ± 19,8	84,7 ± 14,6	126 ± 17,6	74 ± 16,8	<0,05
III группа	152,5 ± 12,8	89,3 ± 12,8	117,9 ± 11,2	69,1 ± 10,7	<0,05

Таблица 4. Динамика артериального давления в интервале до реперфузии и до окончания операции

Table 4. Changes in blood pressure over the time interval from the moment before the start of reperfusion till the end of surgery

Группа ИА	АД до реперфузии (ср. знач. ± станд. отклон)		АД после реперфузии (ср. знач. ± станд. отклон)		p
	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	
I группа	114,8±20,6	67±15,1	138,9±12,9	88,4±10,7	<0,05
II группа	126±17,6	74±16,8	142±13,2	89,4±11	<0,05
III группа	117,9±11,2	69,1±10,7	139,2±14,4	79,2±6,4	<0,05

Таблица 5. Динамика пульса на этапах операции

Table 5. Changes in the heart rate over time at surgery stages

Группа ИА	Пульс до вводной анестезии (ср. знач. ± станд. отклон)	Пульс после начала анестезии (ср. знач. ± станд. отклон)	p	Пульс до реперфузии (ср. знач. ± станд. отклон)	Пульс после реперфузии (ср. знач. ± станд. отклон)	p
I группа	83±11,4	64,8±5,6	0,00	64,8±5,6	72,9±11,1	0,246
II группа	82,4±13,5	72,2±12,5	0,02	72,2±12,5	75,5±15,5	0,439
III группа	82,8±12,9	67,9±10,3	0,001	67,9±10,3	77,6±14,4	0,024

вании десфлюрана, а наиболее длительное – изофлюрана ($p < 0,05$), что способствовало более ранней экстубации в I группе. При этом севофлюран занял промежуточное положение ($p < 0,05$, статистически значимо в обоих случаях).

Обсуждение

Ингаляционные анестетики оказывают различное влияние как на системную гемодинамику, так и на микроциркуляцию, в том числе почек [4]. По данным разных авторов, ИА обладают разной степенью потенциальной нефротоксичности. Так, в настоящее время наиболее часто применяют севофлюран. Ряд исследователей сообщают об индуцированной севофлюраном нефротоксичности, несмотря на широко распространенное мнение об отсутствии у него свойств, вызывающих дисфункцию почки [5]. Небольшая часть севофлюрана подвергается метаболизму, в результате чего образуется неорганический фторид-ион, который необратимо связывается с метоксифлюраном, оказывая вследствие этого токсическое действие на почки [6–8]. Кроме того, образуется субстанция А – другой продукт метаболизма севофлюрана, который в присутствии углекислого газа может влиять как на дыхательный центр, приводя к развитию синдрома послеоперационного апноэ, так и способен вызывать повреждение почек у животных [9, 10]. Некоторые же авторы сообщают о протективном действии севофлюрана и его метаболитов на почечный трансплантат [11, 12].

Использование изофлюрана в качестве ИА влечет за собой более выраженную вазодилатацию в сравнении с другими ИА, что определяет тенденцию к развитию тахикардии и снижению системного АД. Это также сопровождалось уменьшением почечного кровотока, СКФ и, как следствие, – интраоперационного диуреза на этапе реперфузии [13].

В то же время результаты ряда исследований доказывают преимущество изофлюрана при ТП. Так, M. Yildirim et al. продемонстрировали, что уровень мочевины в сыворотке крови был выше, а диурез ниже на фоне применения севофлюрана при сравнении с аналогичными данными, отражающими результаты использования изофлюрана [4].

В последние годы в анестезиологическую практику внедрен десфлюран – ИА, который по многим критериям обладает преимуществами перед другими препаратами данной группы. При различных заболеваниях в некоторых рандомизированных клинических исследованиях сравнивали его свойства с другими ИА при различных операциях общехирургического профиля (время открытия глаз, экстубации и восстановления сознания), но его потенциальное влияние на течение анестезии и исход операции при ТП ранее не изучались [14]. По результатам других исследований пробуждение после анестезии при операциях происходило быстрее при использовании десфлюрана, чем при применении прочих ИА [15, 16]. M. Bellgardt et al. сообщали, что пациент был экстубирован быстрее при наркозе десфлюраном (время экстубации составило $5,27 \pm 1,59$ мин) по сравнению с такими же параметрами со стороны севофлюрана ($6,19 \pm 2,56$ мин) и изофлюрана ($9,31 \pm 6,04$ мин) [17]. Результаты нашего исследования показали статистически значимые более быстрое пробуждение, большие возможности экстубации, а также восстановления когнитивных функций головного мозга при использовании десфлюрана по сравнению с севофлюраном и изофлюраном.

Различные авторы исследовали влияние ИА на гемодинамику, при этом выявлялось количество побочных эффектов со стороны ССС. Сообщается, что не было выявлено статистически значимых различий в частоте возникновения артериальной гипотонии и гипертензии в результате примене-

Таблица 6. Временные показатели восстановления сознания и мышечного тонуса после анестезии
Table 6. Temporal indicators of the recovery of consciousness and muscle tone after anesthesia

Показатель	Группы реципиентов			P
	Десфлюран, n = 22 (Me (1; 3))	Севофлюран, n = 20 (Me (1; 3))	Изофлюран, n = 20 (Me (1; 3))	
Открыл(а) глаза, мин	3,5 (2; 5)	5,9 (3; 7)	8,6 (3; 9)	0,045
Пожал(а) руку, мин	4,7 (3; 6)	6,8 (4; 9)	9,2 (4; 9)	0,02
Экстубирован(а), мин	5,3 (3; 6)	7,9 (4; 10)	10 (5; 10)	0,014
Назвал(а) дату рождения, мин	6,7 (5; 8)	8,8 (6; 11)	11,3 (6; 12)	0,02

ния десфлюрана и севофлюрана [18]; среднее АД и ЧСС были в этих группах одинаковыми [19]. Результаты настоящего исследования показали более частое возникновение эпизодов тахикардии и гипотонии при применении севофлюрана, при этом эпизоды брадикардии чаще регистрировали при использовании изофлюрана.

В другом исследовании сообщается об изменениях на ЭКГ: высота зубца Р повышалась, а длительность интервала QT по сравнению с исходным уровнем значительно увеличивалась при индукции десфлюрана, но это увеличение не вызывало каких-либо опасных аритмий [20]. В нашем исследовании только в одном наблюдении (4,5%) при использовании десфлюрана зарегистрированы единичные желудочковые экстрасистолы.

Выводы

1. Использование десфлюрана позволяет в более короткие сроки экстубировать пациента с адекватным восстановлением сознания и быстрым пробуждением, что имеет значение как для сокращения времени его нахождения в операционной, так и для более быстрой послеоперационной реабилитации.

2. Наиболее значимое влияние на системную гемодинамику наблюдается у изофлюрана, поэтому применение в клинике данного ингаляционного анестетика при трансплантации почки нежелательно, тем самым предопределяя выбор в пользу десфлюрана и севофлюрана.

Литература

1. Готье С.В., Хомяков С.М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2017 году X сообщение регистра российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2018;20(2):6–28. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2018-2-6-28>
2. Ryu K, Song K, Kim J, Kim E, Kim SH. Comparison of the analgesic properties of sevoflurane and desflurane using surgical pleth index at equi-minimum alveolar concentration. *Int J Med Sci*. 2017;14(10):994–1001. PMID: 28924371 <https://doi.org/10.7150/ijms.20291>
3. Хубутя М.Ш., Журавель С.В., Лебедев М.В., Романов А.А., Пинчук А.В., Сторожев Р.В. Сравнение комбинированной общей анестезии и сочетанной ингаляционной и эпидуральной анестезии при трансплантации почки и поджелудочной железы. *Трансплантология*. 2014;(3):38–44.
4. Yildirim M, Kucuk HF, Demir T, Yakupoglu S, Yavuz A, Ari E. Early allograft function in renal transplant recipients: is it affected by volatile anesthetics. *Transplant Proc*. 2015;47(5):1352–1355. PMID: 26093717 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.04.048>
5. Park JH, Lee JH, Joo DJ, Song KJ, Kim YS, Koo BN. Effect of sevoflurane on grafted kidney function in renal transplantation. *Korean J Anesthesiol*. 2012;62(6):529–535. PMID: 22778888 <https://doi.org/10.4097/kjae.2012.62.6.529>
6. Bonilla AJ, Pedraza P, Guativa M. Aspectos perioperatorios del Trasplante Renal. *Rev Colomb Anestesiol*. 2007;35(1):67–74.
7. Магилевец В.М. *Анестезия при трансплантации донорской почки: метод. пособие*. Тверь: Триада, 2004.
8. Sear JW. Anesthesia for patients undergoing renal transplantation. In: Morris P, Knechtle SJ. *Kidney Transplantation. Principles and practice*. 5th ed. Philadelphia, WB Saunders; 2001. p. 184–207.
9. Gentz BA, Malan TP. Renal toxicity with sevoflurane: a storm in a teacup? *Drugs*. 2001;61(15):2155–2162. PMID: 11772127 <https://doi.org/10.2165/00003495-200161150-00001>
10. Gonsowski CT, Laster MJ, Ege EI, Ferrell LD, Kerschmann RL. Toxicity of compound A in rats. Effect of a 3-hour administration. *Anesthesiology*. 1994; 80(3):556–565. PMID: 8141452 <https://doi.org/10.1097/00000542-199403000-00012>
11. Хубутя М.Ш., Журавель С.В., Козлов И.А., Романов А.А., Гончарова И.И. Микродиализ – новый метод мониторинга функции трансплантированной трупной почки. *Анестезиология и реаниматология*. 2015;60(1):69–72.
12. Хубутя М.Ш., Журавель С.В., Романов А.А., Гончарова И.И., Пинчук А.В. Ранняя оценка функции почечного аллотрансплантата в периоперационном периоде методом микродиализа (клинический пример). *Трансплантология*. 2014;(1):20–23.
13. Campagna JA, Miller KW, Forman SA. Mechanisms of actions of inhaled anesthetics. *N Engl J Med*. 2003;348(21):2110–2124. PMID: 12761368 <https://doi.org/10.1056/NEJMra021261>
14. Wang C, Li L, Xu H, Lv H, Zhang H. Effect of desflurane-remifentanyl or sevoflurane-remifentanyl on early recovery in elderly patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmazie*. 2019;74(4):201–205. PMID: 30940302 <https://doi.org/10.1691/ph.2019.8935>
15. Ибрагим Р.М., Аверьянов Д.А., Щёголев А.В., Макаренко Е.П. Обладает ли Десфлуран преимуществами в сравнении с севофлураном при плановых интракраниальных вмешательствах

ствах. *Военно-медицинский журнал*. 2016;337(7):11–17.

16. Singh PM, Borle A, McGavin J, Trikha A, Sinha A. Comparison of the recovery profile between desflurane and sevoflurane in patients undergoing bariatric surgery—a meta-analysis of randomized controlled trials. *Obes Surg*. 2017;27(11):3031–3039. PMID: 28916989 <https://doi.org/10.1007/s11695-017-2929-6>

17. Bellgardt M, Drees D, Vinnikov V, Procopiuc L, Meiser A, Bomberg H, et al. Use of the MIRUS™ system for

general anaesthesia during surgery: a comparison of isoflurane, sevoflurane and desflurane. *J Clin Monit Comput*. 2018;32(4):623–627. PMID: 29633099 <https://doi.org/10.1007/s10877-018-0138-z>

18. Tsukamoto M, Yamanaka H, Yokoyama T. Age-related differences in recovery from inhalational anesthesia: a retrospective study. *Aging Clin Exp Res*. 2018;30(12):1523–1527. PMID: 29500622 <https://doi.org/10.1007/s40520-018-0924-y>

19. Yalcin S, Aydoğan H, Yuce HH, Kucuk A, Karahan MA, Vural M, et

al. Effects of sevoflurane and desflurane on oxidative stress during general anesthesia for elective cesarean section. *Wien Klin Wochenschr*. 2013;125(15–16):467–473. PMID: 23860695 <https://doi.org/10.1007/s00508-013-0397-0>

20. Kazanci D, Unver S, Karadeniz U, Iyican D, Koruk S, Yilmaz MB, et al. A comparison of the effects of desflurane, sevoflurane and propofol on QT, QTc, and P dispersion on ECG. *Ann Card Anaesth*. 2009;12(2):107–112. PMID: 19602734 <https://doi.org/10.4103/0971-9784.51361>

References

1. Gautier SV, Khomyakov SM. Organ donation and transplantation in Russian Federation in 2017. 10th report of the National Registry. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2018;20(2):6–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2018-2-6-28>

2. Ryu K, Song K, Kim J, Kim E, Kim SH. Comparison of the analgesic properties of sevoflurane and desflurane using surgical pleth index at equi-minimum alveolar concentration. *Int J Med Sci*. 2017;14(10):994–1001. PMID: 28924371 <https://doi.org/10.7150/ijms.20291>

3. Khubutiya MS, Zhuravel SV, Lebedev ML, Romanov AA, Pinchuk AV, Storozhev RV. Comparison of combined general anesthesia with complex inhalation and epidural anesthesia for kidney and pancreas transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2014;(3):38–44. (In Russ.).

4. Yildirim M, Kucuk HF, Demir T, Yakupoglu S, Yavuz A, Ari E. Early allograft function in renal transplant recipients: is it affected by volatile anesthetics. *Transplant Proc*. 2015;47(5):1352–1355. PMID: 26093717 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.04.048>

5. Park JH, Lee JH, Joo DJ, Song KJ, Kim YS, Koocorresponding BN. Effect of sevoflurane on grafted kidney function in renal transplantation. *Korean J Anesthesiol*. 2012;62(6):529–535. PMID:

22778888 <https://doi.org/10.4097/kjae.2012.62.6.529>

6. Bonilla AJ, Pedraza P, Guativa M. Aspectos perioperatorios of the transplant. *Rev Colom Anesthesiol*. 2007;35(1):67–74.

7. Magilevets VM. *Anesteziya pri transplantatsii donorskoj pochki: metod. posobie*. Tver': Triada Publ; 2004. (In Russ.).

8. Sear JW. Anesthesia for patients undergoing renal transplantation. In: Morris P, Knechtle SJ. *Kidney Transplantation. Principles and practice*. 5th ed. Philadelphia, WB Saunders; 2001. p.184–207.

9. Gentz BA, Malan TP. Renal toxicity with sevoflurane: a storm in a teacup? *Drugs*. 2001;61(15):2155–2162. PMID: 11772127 <https://doi.org/10.2165/00003495-200161150-00001>

10. Gonsowski CT, Laster MJ, Ege EL, Ferrell LD, Kerschmann RL. Toxicity of compound A in rats. Effect of a 3-hour administration. *Anesthesiology*. 1994; 80(3):556–565. PMID: 8141452 <https://doi.org/10.1097/00000542-199403000-00012>

11. Khubutiya MSh, Zhuravel SV, Kozlov IA, Romanov AA, Goncharova II. Microdialysis - a new method of monitoring of the transplanted cadaveric kidneys function. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2015;60(1):69–72. (In Russ.).

12. Khubutiya MSh, Zhuravel SV,

Romanov AA, Goncharova II, Pinchuk AV. Early assessment of kidney allograft function by microdialysis in perioperative period (Case report). *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2014;(1):20–23. (In Russ.).

13. Campagna JA, Miller KW, Forman SA. Mechanisms of actions of inhaled anesthetics. *N Engl J Med*. 2003;348(21):2110–2124. PMID: 12761368 <https://doi.org/10.1056/NEJMra021261>

14. Wang C, Li L, Xu H, Lv H, Zhang H. Effect of desflurane-remifentanyl or sevoflurane-remifentanyl on early recovery in elderly patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmazie*. 2019;74(4):201–205. PMID: 30940302 <https://doi.org/10.1691/ph.2019.8935>

15. Ibrakhim RM, Averyanov DA, Schegolev AV, Makarenko EP. Does desflurane have advantages in comparison with sevoflurane at the planned intracranial interventions. *Voенно-медицинский журнал*. 2016;337(7):11–17. (In Russ.).

16. Singh PM, Borle A, McGavin J, Trikha A, Sinha A. Comparison of the Recovery Profile between Desflurane and Sevoflurane in Patients Undergoing Bariatric Surgery—a Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Obes Surg*. 2017;27(11):3031–3039. PMID: 28916989 <https://doi.org/10.1007/s11695-017-2929-6>

17. Bellgardt M, Drees D, Vinnikov V, Procopiuc L, Meiser A, Bomberg H, et al. Use of the MIRUS™ system for general anaesthesia during surgery: a comparison of isoflurane, sevoflurane and desflurane. *J Clin Monit Comput.* 2018;32(4):623–627. PMID: 29633099 <https://doi.org/10.1007/s10877-018-0138-z>
18. Tsukamoto M, Yamanaka H, Yokoyama T. Age-related differences in recovery from inhalational anesthesia: a retrospective study. *Aging Clin Exp Res.* 2018;30(12):1523–1527. PMID: 29500622 <https://doi.org/10.1007/s40520-018-0924-y>
19. Yalcin S, Aydoğan H, Yuce HH, Kucuk A, Karahan MA, Vural M, et al. Effects of sevoflurane and desflurane on oxidative stress during general anesthesia for elective cesarean section. *Wien Klin Wochenschr.* 2013;125(15-16):467–473. PMID: 23860695 <https://doi.org/10.1007/s00508-013-0397-0>
20. Kazanci D, Unver S, Karadeniz U, Iyican D, Koruk S, Yilmaz MB, et al. A comparison of the effects of desflurane, sevoflurane and propofol on QT, QTc, and P dispersion on ECG. *Ann Card Anaesth.* 2009;12(2):107–112. PMID: 19602734 <https://doi.org/10.4103/0971-9784.51361>

Информация об авторах

Наталья Константиновна Кузнецова	канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-2824-1020
Виктория Эдуардовна Александрова	клинический ординатор анестезиолог-реаниматолог ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-5060-7041
Ирина Игоревна Уткина	канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-5685-4916
Алексей Михайлович Талызин	заведующий отделением анестезиологии № 3 ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0003-0830-2313
Сергей Владимирович Журавель	д-р мед. наук, заведующий научным отделением анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-9992-9260

Information about authors

Natalya K. Kuznetsova	Cand. Med. Sci., Senior Research Associate of the Anesthesiology, Intensive and Critical Care Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-2824-1020
Viktoriya E. Aleksandrova	Clinical Resident in Anesthesia and Critical Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-5060-7041
Irina I. Utkina	Cand. Med. Sci., Junior Research Associate of the Anesthesiology, Intensive and Critical Care Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-5685-4916
Aleksey M. Talyzin	Head of Anesthesiology Department No. 3, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0003-0830-2313
Sergey V. Zhuravel	Dr. Med. Sci., Head of the Scientific Department for Anesthesiology, Intensive and Critical Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, https://orcid.org/0000-0002-9992-9260

Статья поступила: 17.12.2019

Статья принята в печать: 20.01.2020

Received: December 17, 2019

Accepted for publication: January 20, 2020