

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2025.2.71>

Анестезиологическое обеспечение и послеоперационное обезболивание при ортопедо-травматологических оперативных вмешательствах на нижних конечностях у детей

Ю.Э. Розин^{1,2}, А.В. Марочков³, А.Е. Кулагин², А.П. Панов¹

¹Учреждение здравоохранения «Могилевская областная детская больница», г. Могилев, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

³Учреждение здравоохранения «Могилевская областная клиническая больница», г. Могилев, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2025. – Том 24, №2. – С. 71-80.

Anesthetic management and postoperative pain relief in orthopedic and traumatological surgical interventions on the lower extremities in children

Y.E. Rozin^{1,2}, A.V. Marochkov³, A.E. Kulagin², A.P. Panov¹

¹Mogilev Regional Children's Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

³Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2025;24(2):71-80.

Резюме.

Цель исследования – определить эффективность и безопасность различных методов обезболивания при анестезиологическом обеспечении ортопедо-травматологических оперативных вмешательств на нижних конечностях у детей. Материал и методы. В зависимости от метода анестезии выделены две группы: 1-я многокомпонентной сбалансированной общей анестезии (n=40), 2-я сочетанной анестезии (n=50). Для решения поставленных задач определяли: потребность в ингаляционных анестетиках и наркотических анальгетиках, глубину анестезии, уровни кортизола, глюкозы и лактата, особенности распространения местного анестетика при блокадах седалищного нерва, продолжительность обезболивания в послеоперационном периоде.

Результаты. Осложнений, связанных с проведением анестезии отмечено не было. Количество фентанила необходимое для обезболивания хирургических вмешательств у пациентов в 1-й группе составило 3,7 [2,7;4,8] мкг/кг, что в 7,4 раза больше, чем у пациентов 2-й группы, где дозировка фентанила составила 0,5 [0,43;0,53] мкг/кг. Значения биспектрального индекса на травматичном этапе и в конце операции были достоверно ниже у детей в 1-й группе по сравнению с пациентами 2-й группы и составили 38 [34;45] у.е., 40 [33;44] у.е. и 48 [45;53] у.е., 50 [48;54] у.е. соответственно. Референтные значения кортизола, глюкозы и лактата не превышали границу возрастной нормы у детей в обеих группах. У пациентов в группе сочетанной анестезии во время оперативного вмешательства уровни кортизола, глюкозы и лактата были достоверно ниже, чем у пациентов группы многокомпонентной общей анестезии. Длительность послеоперационного обезболивания в группе 1 составила 23 [15;65] минут, в группе 2 – 270 [240;335] минут.

Закключение. Оба метода обезболивания эффективны и безопасны при анестезиологическом обеспечении ортопедо-травматологических оперативных вмешательств на нижних конечностях у детей, однако применение сочетанной анестезии позволяет: снизить потребность в наркотических анальгетиках и ингаляционных анестетиках на травматичном этапе, обеспечить длительное обезболивание и уменьшить выраженность хирургического стресс-ответа.

Ключевые слова: общая анестезия, детская ортопедия, сочетанная анестезия, проводниковые блокады, малые дозы, кортизол.

Abstract.

Objectives. To determine the effectiveness and safety of various methods of pain relief during anesthesia for orthopedic and trauma surgical interventions on the lower extremities in children.

Material and methods. Based on the anesthesia method two groups were distinguished: the 1st of multicomponent balanced general anesthesia (n=40); the 2nd of combined anesthesia (n=50). To solve these problems, we determined: the need for inhalational anesthetics and narcotic analgesics, the depth of anesthesia, the levels of cortisol, glucose and lactate, the distribution features of local anesthetic during sciatic nerve blockades, and the duration of pain relief in the postoperative period.

Results. There were no complications associated with anesthesia. The amount of fentanyl required for pain relief during surgical interventions in patients in the 1st group was 3.7 [2.7;4.8] mcg/kg, which was 7.4 times higher than in patients in the 2nd group, where the fentanyl dosage was 0.5 [0.43;0.53] mcg/kg.

The values of the bispectral index at the traumatic stage and at the end of the operation were significantly lower in children in group 1 compared to patients in group 2 and amounted to 38 [34;45] a.u., 40 [33;44] a.u. and 48 [45;53] a.u., 50 [48;54] a.u. respectively. Reference values of cortisol, glucose and lactate did not exceed the age norm in children in both groups. In patients in the combined anesthesia group during surgery, the levels of cortisol, glucose and lactate were significantly lower than in patients in the multicomponent general anesthesia group. The duration of postoperative pain relief in group 1 was 23 [15; 65] minutes, in group 2 – 270 [240;335] minutes.

Conclusions. Both methods of pain relief are effective and safe in the anesthesia during orthopedic and traumatological surgical interventions on the lower extremities in children, however, combined anesthesia can reduce the need for narcotic analgesics and inhalational anesthetics at the traumatic stage, provide long-term pain relief and reduce the severity of the surgical stress response.

Keywords: *general anesthesia, pediatric orthopedics, combined anesthesia, conduction blockades, small doses, cortisol.*

Введение

Заболевания и врожденные аномалии опорно-двигательного аппарата у детей представляют собой важную медико-социальную проблему в связи с широкой распространенностью данной патологии, высокой стоимостью и длительностью лечения [1]. В этой связи своевременная диагностика и хирургическая коррекция позволят предотвратить нарушения функций конечностей в процессе роста и развития ребенка, что приведет к снижению частоты инвалидности и повышению дальнейшего качества жизни.

Одной из ключевых составляющих в успешном выполнении ортопедо-травматологических оперативных вмешательств у детей является применение эффективной и безопасной анестезии [2]. Наиболее распространенным методом анестезиологического обеспечения при ортопедо-травматологических операциях на нижних конечностях у детей остается многокомпонентная сбалансированная общая анестезия [3, 4]. К ее основным преимуществам относятся: быстрая и безболезненная индукция, высокая управляемость, эффект «отсутствия ребенка на собственной операции», что обеспечивается использованием современных ингаляционных анестетиков, гипнотиков, наркотических анальгетиков и ми-

орелаксантов. Однако данный способ анестезии не лишен и ряда недостатков, таких как послеоперационная когнитивная дисфункция, риск злокачественной гипертермии, увеличение частоты возникновения тошноты и рвоты, отсутствие обезболивания в раннем послеоперационном периоде [5]. В связи с этим в практическую деятельность многих детских стационаров при операциях на нижних конечностях стали внедряться сочетанные методы обезболивания, основанные на комбинации многокомпонентной сбалансированной общей анестезии и проводниковых блокад периферических нервов [4, 6].

Данные методы обезболивания сочетают в себе как преимущества многокомпонентной общей анестезии, так и проводниковых блокад, благодаря воздействию на разные уровни проведения боли. Использование низких концентраций севофлурана, дозировок опиоидных анальгетиков, местных анестетиков и миорелаксантов позволяют обеспечить приемлемые показатели гемодинамики, стабильные уровни кортизола, глюкозы и лактата, раннее пробуждение ребенка после анестезии [3, 7, 8].

Вышеперечисленные достоинства сочетанной анестезии существенно расширяют возможности анестезиолога в выборе метода оптимального анестезиологического обеспечения и

послеоперационного обезболивания при травматичных ортопедо-травматологических вмешательствах у детей [3].

Цель работы – определить эффективность и безопасность различных методов обезболивания при анестезиологическом обеспечении ортопедо-травматологических оперативных вмешательств на нижних конечностях у детей.

Материал и методы

После разрешения комитета по этике Института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет», протокол № 7 от 13.10.2021, проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование.

В исследование включено 90 детей в возрасте от 6 до 17 лет, которым за период с 01.12.2021 по 01.12.2024 в УЗ «Могилевская областная детская больница» были выполнены плановые ортопедо-травматологические оперативные вмешательства на нижних конечностях.

Критерии включения: возраст от 6 до 17 лет, наличие показаний к оперативному вмешательству на нижних конечностях, подписанное информированное согласие родителей или законных представителей на участие в исследовании, оценка физического статуса по шкале ASA I–II класс.

Критерии исключения: отказ родителей или законных представителей от участия в исследовании, возраст младше 6 и старше 17 лет, оперативные вмешательства на обеих нижних конечностях за одну операцию, аллергические реакции на компоненты анестезии, инфекционные поражения кожи в области проведения проводниковых блокад, хирургические вмешательства в области выше коленного сустава.

В зависимости от метода проведения анестезии пациенты были разделены на две клинические группы. Рандомизацию осуществляли при

помощи генератора случайных чисел программы Statistica 10.0.

Группа 1 включала 40 детей, оперированных в условиях многокомпонентной сбалансированной общей анестезии.

Группа 2 включала 50 детей, оперированных в условиях сочетанной анестезии (многокомпонентной сбалансированной общей анестезии в комбинации с проводниковыми блокадами седалищного и бедренного нервов).

Статистически достоверных различий по возрасту, полу, массе тела, росту, продолжительности операций и длительности анестезии между группами выявлено не было ($p > 0,05$ для критериев Манна-Уитни и χ^2 Пирсона).

Общая характеристика пациентов в обеих клинических группах представлена в таблице 1 [9].

Во всех случаях пациенты были госпитализированы в плановом порядке и осмотрены врачом анестезиологом-реаниматологом не позднее 24 часов до начала операции с заполнением приложения к приказу МЗ РБ №254 от 17.03.2014 «Осмотр анестезиолога».

Объем предоперационного обследования определялся в соответствии с постановлением МЗ РБ №57 от 19.04.2023 «Анестезиологическое обеспечение хирургических вмешательств». После получения информированного согласия на участие в исследовании от родителей или законных представителей ребенка приступали к проведению анестезии.

На этапе премедикации использовали диазепам 5 мг перорально за 2 часа до начала анестезии. При поступлении ребенка в операционную обеспечивали анестезиологический мониторинг.

В зависимости от возраста и эмоционального статуса детей применяли следующие способы индукции: ингаляционный – севофлураном, начиная с 7 объемных % в сочетании с кислородо-воздушной смесью (0,5/0,5) и фентанилом 0,005% – 0,5 мкг/кг ($n=39$), внутривенный – пропофол

Таблица 1 – Общая характеристика пациентов обеих клинических групп Me [LQ; UQ]

Критерии оценки	Группа 1 (n=40)	Группа 2 (n=50)	Значение p для статистического критерия
Возраст, лет	12 [9;13]	12,5 [10;14]	0,41 ¹
Масса, кг	50 [35;59]	46,3 [35,5;59]	0,95 ¹
Рост, см	156,5 [140;165]	154,5 [144,5;165]	0,85 ¹
Соотношение по полу, муж/жен	19/21	25/25	0,81 ²

Примечание: 1 – для статистического анализа использован критерий Манна–Уитни; 2 – для статистического анализа использован критерий χ^2 Пирсона.

1% в дозировке 1,9-2,1 мг/кг в комбинации с фентанилом 0,005% – 0,5 мкг/кг и сукцинилхолином 2% 1-2 мг/кг (n=51).

С целью обеспечения проходимости дыхательных путей выполняли постановку ларингеальной маски второго поколения I-Gel. Искусственную вентиляцию легких проводили наркозно-дыхательным аппаратом Primus (Drager, Германия) в режиме PCV. На этапе поддержания анестезии использовали севофлуран в сочетании с кислородо-воздушной смесью (0,4/0,6). Минимальную альвеолярную концентрацию (МАК) ингаляционного анестетика поддерживали на уровне 0,9-1,1 у пациентов 1-й группы и 0,5-0,7 у пациентов 2-й группы. Инфузионную терапию осуществляли 0,9% NaCl.

С целью обезболивания у детей в 1-й группе применяли внутривенное введение фентанила. У детей во 2-й группе проводниковые блокады седалищного и бедренного нервов. При выполнении блокад использовали аппарат для УЗИ LOGIQ E (General Electric, Корея) с линейным датчиком 12 МГц и электронейростимулятор Stimuplex 12 HNS (B.Braun, Германия). Блокаду седалищного нерва осуществляли подъягодичным доступом по методике «in plane». После визуализации кончика иглы в параневральном пространстве и получении сокращений мышц стопы при силе тока 0,3-0,4 мА фракционно вводили раствор местного анестетика до полного его распространения вокруг нерва [10].

При выполнении блокад седалищного нерва

с помощью ультразвуковой визуализации нами были изучены особенности распространения местного анестетика у 17 детей.

После введения необходимого объема местный анестетик распространялся вокруг нерва, а также в краниальном и каудальном направлении от места инъекции образуя цилиндр (рис. 1, 2). Для определения длины распространения введенного местного анестетика вдоль нерва мы использовали формулу:

$$L=V/S,$$

где:

L – протяженность распространения местного анестетика, см,

V – объем введенного местного анестетика, мл,

S – площадь поперечного сечения местного анестетика (ППС), см².

ППС кольца (S), соответствующего местному анестетику, определялась как разница между общей площадью поперечного сечения (S2) и площадью поперечного сечения седалищного нерва (S1).

Блокаду бедренного нерва выполняли паховым доступом. После обработки операционного поля линейный датчик аппарата для УЗИ устанавливали в области паховой связки. Нерв определяли как гиперэхогенное овальное образование, располагающееся кнаружи от бедренной артерии под подвздошной фасцией. Для обеспечения блокад использовали малые дозы и объемы местных анестетиков: комбинацию лидокаина 1% в количестве 1,58 [1,30;1,90] мг/кг и ропивакаина



Рисунок 1 – Поперечное изображение седалищного нерва: 1 – площадь поперечного сечения седалищного нерва, 2 – площадь поперечного сечения местного анестетика

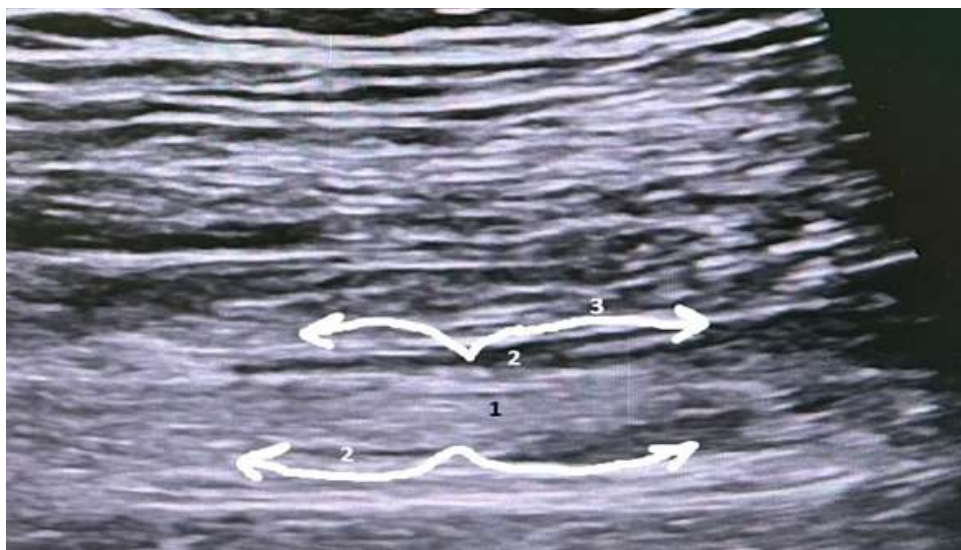


Рисунок 2 – Продольное изображение седалищного нерва: 1 – седалищный нерв; 2 – местный анестетик; 3 – распространение местного анестетика в краниальном и каудальном направлении

0,5%–0,78 [0,70;0,94] мг/кг мг/кг в соотношении 1:1. Объем местного анестетика, необходимый для блокады седалищного нерва, составил 0,2 [0,17;0,24] мл/кг, для блокады бедренного нерва – 0,1 [0,09; 0,14] мл/кг. 2/3 рассчитанного объема анестетика вводили для блокады седалищного нерва и 1/3 для блокады бедренного нерва.

Оценку эффективности обезболивания осуществляли по изменению значений частоты сердечных сокращений (ЧСС), неинвазивного артериального давления (НИАД), биспектрального индекса в ответ на хирургическую травму. При увеличении данных показателей на 15% и более от исходных значений, дополнительно вводили фентанил.

Для решения задач исследования было выделено 7 этапов: 1 – исходный, ребенок на операционном столе; 2 – индукция в анестезию; 3 – постановка ларингеальной маски; 4 – начало операции; 5 – травматичный этап операции; 6 – окончание операции; 7 – после извлечения ларингеальной маски. На 1, 4, 5, 7-м этапах контролировали степень глубины анестезии путем оценки показателей биспектрального индекса (BIS). Для оценки выраженности хирургического стресс-ответа проводили мониторинг эндокринно-метаболических показателей на 1, 5, 6-м этапах исследования, который включал забор венозной крови для определения уровней кортизола, глюкозы и лактата. Значения глюкозы и лактата определяли анализатором Radiometr ABL800 Flex (Дания). Исследование уровня кортизола выполняли ме-

тодом иммуноферментного анализа набором реагентов (Кортизол-ИФА, Россия). Показатели кортизола представлены в нмоль/л. Референсными значениями содержания кортизола считали 138–690 нмоль/л, глюкозы 3,5–5,5 ммоль/л, лактата 0,5–1,8 ммоль/л [11].

После окончания оперативного вмешательства прекращали подачу севофлурана, переходили на ИВЛ 80–100% кислородом, с потоком превышающим минутную вентиляцию пациента. Извлечение ларингеальной маски осуществляли после восстановления адекватного спонтанного дыхания, сознания и защитных рефлексов.

После полного пробуждения детей в сопровождении медицинского персонала транспортировали в ортопедо-травматологическое отделение или отделение анестезиологии и реанимации, где продолжалось посленаркозное наблюдение.

В послеоперационном периоде оценивали длительность безболевого периода (время от момента окончания операции до первого введения анальгетика).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Statistica 10.0. Учитывая, что распределение количественных признаков расценивалось как отличное от нормального, данные представлены в виде медианы [Me], нижнего и верхнего квартилей [LQ; UQ].

Для сравнения двух независимых групп применяли критерий Манна-Уитни. Сравнение номинальных данных двух независимых групп про-

Таблица 2 – Компоненты анестезиологического обеспечения и инфузионная терапия на этапе поддержания анестезии в группах 1 и 2, Ме [LQ; UQ]

Показатель/этап операции	Группа 1 (n=40)	Группа 2 (n=50)	p
Севофлуран на вдохе, об% (начало операции)	3,5 [3,0;3,5]	1,8 [1,5;2,0]	<0,0001
Севофлуран на вдохе, об% (травматичный этап операции)	3,5[2,9;3,7]	1,7 [1,5;2,0]	<0,0001
Севофлуран на вдохе, об% (окончание операции)	2,5 [1,7;3,0]	1,5 [1,0;1,7]	<0,0001
МАК, ед. (начало операции)	1,0 [1,0;1,1]	0,7 [0,6;0,7]	<0,0001
МАК, ед. (травматичный этап операции)	1,1 [1,0;1,2]	0,6 [0,6;0,6]	<0,0001
МАК, ед. (окончание операции)	0,9 [0,8;1,0]	0,6 [0,5;0,6]	<0,0001
Объем инфузионной терапии, мл/кг/час	6,2 [4,5;7,4]	5,3 [4,5;7,1]	0,47

Примечание: для статистического анализа использован критерий Манна-Уитни.

водили с использованием критерия хи-квадрат (χ^2) Пирсона, при числе наблюдений менее 10 применяли критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность. Для сравнения зависимых переменных внутри групп между этапами исследования использовали критерий Вилкоксона. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

Количество фентанила, использованное для интраоперационного обезболивания у пациентов в 1-й группе, составило 3,7 [2,7; 4,8] мкг/кг, у пациентов во 2-й группе – 0,5 [0,43;0,53] мкг/кг ($p < 0,05$, для критерия Манна-Уитни). Также у детей в группе МСОА выявлены достоверно большие значения МАК и концентрации севофлурана на вдохе на 4-м, 5-м и 6-м этапах периоперационного периода по сравнению с группой сочетанной анестезии (табл. 2). Объем инфузионной терапии в группе 1 составил 6,2 [4,5;7,4] мл/кг/час, в группе 2 – 5,3 [4,5;7,1] мл/кг/час. Статистически значимые различия между группами отсутствовали ($p > 0,05$, для критерия Манна-Уитни). У 2 из 50 пациентов 2-й группы отмечался частичный сенсорный блок, о чем свидетельствовало повышение ЧСС, НИАД, биспектрального индекса более 15% от исходных показателей во время разреза кожи.

Площадь поперечного сечения местного анестетика при блокаде седалищного нерва составила 0,55 [0,36;0,66] см². Объем местного анестетика при блокаде седалищного нерва составил 9,5 [8,5;10,0] мл. Подставив полученные данные в формулу $L=V/S$, нами получены следующие результаты: медиана длины распространения раствора местного анестетика вдоль седалищного нерва в краниальном и каудальном направлении

составила 17,3 см. На основании полученных результатов нами предложена формула для определения необходимого объема местного анестетика при блокаде седалищного нерва у детей:

$$V=17,3 \times S \times 1,8,$$

где:

V необходимый объем местного анестетика (мл);

17,3 – длина распространения местного анестетика вдоль седалищного нерва, см;

S площадь поперечного сечения седалищного нерва, см²;

1,8 – поправочный коэффициент.

Значения BIS-индекса представлены в таблице 3.

При поступлении в операционную (1-й этап) статистически значимые различия между группами отсутствовали ($p > 0,05$, для критерия Манна-Уитни). При разрезе кожи и на травматичном этапе хирургических вмешательств показатели BIS-индекса в группе МСОА были на 21% и на 20% ниже по сравнению с группой сочетанной анестезии ($p < 0,05$, для критерия Манна-Уитни). После извлечения ларингеальной маски (7-й этап) показатели биспектрального индекса достигли значений 76 [70;78] у.е в 1-й группе и 78 [74;81] у.е во 2-й группе, статистически значимые различия между группами отсутствовали.

При анализе показателей BIS-индекса внутри групп: в группе 1 (МСОА) выявлены статистически достоверные различия между 1-м и 4-м, а также 5-м и 7-м этапами. В группе 2 (сочетанная анестезия) данные различия определялись между 1-м и 4-м, 4-м и 5-м, 6-м и 7-м этапами ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона).

Результаты исследования уровней кортизола, глюкозы, лактата представлены в таблице 4. По ее данным, у детей в обеих группах на всех

Таблица 3 – Значения показателей BIS-индекса у пациентов обеих групп на этапах оперативного вмешательства Me [LQ; UQ]

Этап исследования	BIS-индекс 1-я группа, у.е	BIS-индекс 2-я группа, у.е	p
1 этап (исходный)	97 [97;97]	97 [96;97]	0,06
4 этап (начало операции)	38 [34;45] *	48 [45;53] *	<0,001
5 этап (травматичный этап операции)	40 [33;44]	50 [48;54] *	<0,001
7 этап (после удаления ларингеальной маски)	76 [70;78] *	78 [74;81] *	0,07

Примечание: для статистического анализа использован критерий Манна-Уитни; * – достоверность различий показателей по сравнению с предыдущим этапом ($p < 0,05$), критерий Вилкоксона.

Таблица 4 – Показатели уровня кортизола, глюкозы, лактата у пациентов 1 и 2 группы на различных этапах исследования Me [LQ; UQ]

Показатель	Клинические группы	Этапы исследования		
		1-й	5-й	6-й
Кортизол, нмоль/л	1-я группа	282,7 [181,6;434,6]	245,0 [174,3;403,2]	326,4 [182,9; 675,1]
	2-я группа	375,9 [232,7;537,1]	133,8 [90,5;195,3]##	159,2 [95,3; 361,6]*
Глюкоза, ммоль/л	1-я группа	5,2 [4,9;5,5]	5,4 [4,8;5,7]	5,4 [5,0;6,1]
	2-я группа	5,2 [4,8;5,5]	5,0 [4,7;5,5]	5,0 [4,5;5,5]*
Лактат, ммоль/л	1-я группа	1,6 [1,2;2,0]	1,5 [1,1;1,8]	1,5 [1,2;2,2]#
	2-я группа	1,6 [1,3;2,0]	1,1 [0,9;1,4] ##	1,4 [1,0;1,8]#

Примечание: * – достоверность различий показателей между двумя группами ($p < 0,05$), критерий Манна-Уитни; # – достоверность различий показателей по сравнению с предыдущим этапом ($p < 0,05$), критерий Вилкоксона.

этапах периоперационного периода исследуемые показатели не превышали границ возрастных норм. На 1-м этапе достоверные различия в содержании кортизола, глюкозы и лактата между группами отсутствовали ($p > 0,05$, для критерия Манна-Уитни).

На 5-м этапе у детей в группе сочетанной анестезии уровни кортизола и лактата были на 45,4% и 26,7% меньше по сравнению с пациентами группы МСОА, а уровни глюкозы не имели значимых различий.

В момент окончания операций показатели кортизола и глюкозы были достоверно меньше у детей во 2-й группе, уровни лактата статистически не отличались между группами.

При сравнительном анализе эндокринно-метаболических показателей внутри групп, у детей в 1-й группе значения кортизола, глюкозы на всех этапах исследования статистически не отличались ($p > 0,05$ для критерия Вилкоксона). У детей во 2-й группе уровни кортизола на 5-м этапе были достоверно ниже по сравнению с 1-м этапом ($p < 0,05$, для критерия Вилкоксона).

Уровни лактата у пациентов в группе МСОА на 1-м и 5-м этапах исследования статистически не различались, у пациентов в группе сочетан-

ной анестезии показатели лактата были на 31,2% ниже на 5-м этапе исследования по сравнению с 1-м этапом ($p < 0,05$, для критерия Вилкоксона). На 6-м этапе отмечалось увеличение уровней лактата у детей в обеих группах ($p < 0,05$, для критерия Вилкоксона).

Длительность обезболивания в послеоперационном периоде у детей в 1-й группе составила 23 [15; 65] минуты, у пациентов во 2-й группе 270 [240;335] минут ($p < 0,05$, для критерия Манна-Уитни).

С целью обезболивания в первые сутки после хирургического вмешательства наркотические анальгетики (промедол) применяли у 32 (80%) из 40 детей группы 1 и у 31 (62%) из 50 детей группы 2. У пациентов группы сочетанной анестезии количество промедола, необходимого для послеоперационного обезболивания, было на 31% меньше по сравнению с пациентами группы МСОА. Парацетамол использовали у 36 (90%) из 40 детей 1-й группы и у 47 (94%) из 50 детей 2-й группы. Кеторолак применяли у 5 (12,5%) из 40 пациентов группы 1 и у 12 (24%) из 50 пациентов группы 2.

Осложнений при проведении анестезии в обеих группах отмечено не было. Зарегистрировано 18 случаев неблагоприятных инцидентов

Таблица 5 – Частота неблагоприятных инцидентов при проведении анестезии у пациентов в обеих группах

Наименование инцидента	Группа 1 (n=40)	Группа 2 (n=50)
Послеоперационная тошнота и рвота, n	6	8
Интраоперационная гипотензия, n	2	0
Брадикардия, n	1	1
Общее количество неблагоприятных инцидентов, n	9	9

(табл. 5). Значимые различия между группами отсутствовали ($p > 0,05$ для критерия χ^2 Пирсона с поправкой Йетса на непрерывность).

Обсуждения

В настоящее время доказано, что наиболее эффективная защита пациентов от хирургического стресса и послеоперационной боли может быть обеспечена только мультимодальным подходом к обезболиванию, когда блокированы основные звенья ноцицепции [12, 13].

Практический опыт многопрофильных европейских детских стационаров показывает ведущую роль проводниковых блокад как компонента сочетанной анестезии в снижении частоты значимых осложнений после травматичных оперативных вмешательств. Кроме анальгетического эффекта, за счет симпатической блокады местные анестетики улучшают регионарную перфузию в оперируемой конечности, что приводит к сокращению сроков заживления послеоперационных ран [14, 15].

По-прежнему нерешенной проблемой остается расчёт оптимальной дозировки и объема местного анестетика при выполнении проводниковых блокад у детей. В результате чего отмечаются значительные отличия в дозировках и объемах местных анестетиков в организациях здравоохранения [13]. В связи с этим в последнее десятилетие в ряде публикаций зарубежных авторов приводятся различные способы расчета необходимого объема местного анестетика для блокад периферических нервов [16, 17]. Так S. Parthasarathy et al для блокады седалищного нерва рекомендуют использовать формулу расчета местного анестетика в зависимости от возраста ребенка (возраст в годах = объем МА в мл) [16].

M. Kerplinger et al. предлагают рассчитывать объем анестетика необходимого для блокады седалищного нерва в зависимости от площади поперечного сечения, измеренного предварительно с помощью УЗИ ($0,15 \text{ мл} \times \text{площадь поперечного сечения в мм}^2$) [18].

По нашему мнению, при расчете объема местного анестетика необходимо учитывать не только возраст и ППС блокируемого нерва, но и особенности распространения раствора местного анестетика вдоль нерва в краниальном и каудальном направлении.

Заключение

1. Оба метода анестезии показали свою эффективность и безопасность при обеспечении ортопедо-травматологических оперативных вмешательств на нижних конечностях у детей, однако сочетанные методы обезбоживания позволяют уменьшить дозировку фентанила в 7,4 раза и снизить концентрацию севофлурана в 2,1 раза на травматичном этапе хирургического вмешательства.

2. Уровни кортизола, глюкозы и лактата на травматичном этапе и во время окончания хирургических вмешательств были достоверно ниже у пациентов в группе сочетанной анестезии.

3. Применение сочетанных методов обезбоживания при ортопедо-травматологических оперативных вмешательствах на нижних конечностях у детей позволяет проводить анестезию на более поверхностном уровне, о чем свидетельствуют более высокие показатели биспектрального индекса на травматичном этапе и в конце оперативных вмешательств по сравнению с группой пациентов, которым проводили многокомпонентную общую анестезию.

4. Для расчета необходимого объема местного анестетика при проводниковых блокадах седалищного нерва у детей возможно использовать формулу: $V = 17,3 \times S \times 1,8$.

Источники финансирования. Исследование проводилось при финансовой поддержке гранта Президента Республики Беларусь на 2024 год.

Funding. The study was carried out with the financial support of the grant of the President of the Republic of Belarus for 2024.

Литература

1. Манохина, Ю. А. Регионарная анестезия у детей с патологией нижних конечностей / Ю. А. Манохина, Г. Э. Ульрих // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2017. Т. 11, № 3. С. 157–163. DOI: 10.17816/RA42844
2. Чичахов, Д. А. Фармакоэкономическая оценка анестезии в детской ортопедии / Д. А. Чичахов, А. Ф. Потапов, Л. А. Апросимов // Дальневосточный медицинский журнал. 2010. № 3. С. 126–129.
3. Совершенствование комбинированной мультимодальной анестезии при абдоминальных хирургических вмешательствах у детей / О. Я. Файзиев, Т. С. Агзамходжаев, А. С. Юсупов, И. А. Маматкулов // Российский педиатрический журнал. 2018. Т. 21, № 6. С. 362–365.
4. Perioperative Anesthesia Care and Tumor Progression / M. W. Sekandarzad, A. A. J. van Zundert, P. B. Lirk [et al.] // Anesthesia and analgesia. 2017 May. Vol. 124, № 5. P. 1697–1708. DOI: 10.1213/ANE.0000000000001652
5. Опасности и осложнения общей анестезии : краткий справ. для анестезиологов / В. В. Лихванцев, К. Ю. Борисов, М. В. Габитов, О. А. Гребенчиков ; под ред. В. В. Лихванцева. Москва : МИА, 2014. 199 с.
6. Hemmerling, T. M. Pain management in abdominal surgery / T. M. Hemmerling // Langenbeck's archives of surgery. 2018 Nov. Vol. 403, № 7. P. 791–803. DOI: 10.1007/s00423-018-1705-y
7. Заболотский, Д. В. Ребенок и регионарная анестезия – зачем? куда? и как? / Д. В. Заболотский, В. А. Корячкин // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2016. Т. 10, № 4. С. 243–253. DOI: 10.18821/1993-6508-2016-10-4-243-253
8. Heydinger, G. Fundamentals and innovations in regional anaesthesia for infants and children / G. Heydinger, J. Tobias, G. Veneziano // Anaesthesia. 2021 Jan. Vol. 76, suppl. 1. P. 74–88. DOI: 10.1111/anae.15283
9. Влияние многокомпонентной сбалансированной общей и сочетанной анестезии на эффективность послеоперационного обезболивания при ортопедо-травматологических операциях на нижних конечностях у детей / Ю. Э. Розин, А. В. Марочков, А. Е. Кулагин, Д. А. Суворов // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2023. Т. 21, № 6. С. 575–582. DOI: 10.25298/2221-8785-2023-21-6-575-582
10. Розин, Ю. Э. Сравнительная оценка показателей гемодинамики при анестезиологическом обеспечении ортопедо-травматологических операций на нижних конечностях у детей / Ю. Э. Розин // Проблемы здоровья и экологии. 2024. Т. 21, № 1. С. 59–66. DOI: 10.51523/2708-6011.2024-21-1-07
11. Розин, Ю. Э. Роль эндокринно-метаболического мониторинга при анестезиологическом обеспечении ортопедо-травматологических операций на нижних конечностях у детей: проспективное сравнительное исследование / Ю. Э. Розин, А. В. Марочков // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2023. Т. 17, № 1. С. 51–58. DOI: 10.17816/RA121878
12. Илюкевич, Г. В. Регионарная анестезия / Г. В. Илюкевич, В. Э. Олецкий. Минск : Ковчег, 2006. 164 с.
13. Канус, И. И. Сравнительная характеристика параметров гемодинамики в ходе многокомпонентной сбалансированной анестезии при интраабдоминальных оперативных вмешательствах / И. И. Канус, С. С. Грачев // Медицинская панорама. 2010. № 7. С. 59–60.
14. Заболотский, Д. В. Лечебные эффекты регионарных блокад у пациентов с ортопедической патологией / Д. В. Заболотский, В. А. Корячкин // Медицина: теория и практика. 2018. Т. 3, № 4. С. 59–64.
15. Анестезиологическое обеспечение аутотрансплантации пальцев стоп на кисть у детей / Д. В. Заболотский, В. А. Корячкин, М. Д. Иванов [и др.] // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2016. Т. 10, № 2. С. 105–114.
16. Variation in pediatric local anesthetic dosing for peripheral nerve blocks: an analysis from the Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN) / A. H. Taenzer, M. Herrick, M. Hoyt [et al.] // Regional anesthesia and pain medicine. 2020 Dec. Vol. 45, № 12. P. 964–969. DOI: 10.1136/rapm-2020-101720
17. Parthasarathy, S. Evaluation of age-based local anaesthetic dosing of bupivacaine for popliteal sciatic nerve block in children undergoing foot and ankle surgery: A prospective single arm interventional study / S. Parthasarathy, T. K. Venkatesh, B. Saravanan // Indian journal of anaesthesia. 2023 Nov. Vol. 67, suppl. 4. P. S257–S260. DOI: 10.4103/ija.ija_171_23
18. Effective local anaesthetic volumes for sciatic nerve blockade: a clinical evaluation of the ED99 / M. Keplinger, P. Marhofer, D. Marhofer [et al.] // Anaesthesia. 2015 May. Vol. 70, № 5. P. 585–590. DOI: 10.1111/anae.13013

Поступила 06.02.2025 г.

Принята в печать 14.04.2025 г.

References

1. Manokhina YuA, Ulrikh GE. Regional anesthesia in children with lower extremity pathology. Regionarnaya Anesteziya Lechenie Ostroi Boli. 2017;11(3):157-163. (In Russ.). doi: 10.17816/RA42844
2. Chichakhov DA, Potapov AF, Aprosimov LA. Pharmacoeconomic evaluation of anesthesia in pediatric orthopedics. Dal'nevostochnyi Meditsinskii Zhurnal. 2010;(3):126-129. (In Russ.)
3. Fayziev OYa, Agzamkhodzhaev TS, Yusupov AS, Mamatkulov IA. Improvement of combined multimodal anesthesia in abdominal surgical interventions in children. Rossiiskii Pediatricheskii Zhurnal. 2018;21(6):362-365. (In Russ.)
4. Sekandarzad MW, van Zundert AAJ, Lirk PB, Doornebal CW, Hollmann MW. Perioperative Anesthesia Care and Tumor Progression. Anesthesia and Analgesia. 2017 May;124(5):1697-1708. doi: 10.1213/ANE.0000000000001652
5. Likhvantsev VV, Borisov KYu, Gabitov MV, Grebenchikov OA; Likhvantsev VV, red. Dangers and complications of general anesthesia: kratkii sprav dlya anesteziologov. Moscow, RF: MIA; 2014. 199 p.
6. Hemmerling TM. Pain management in abdominal surgery. Langenbeck's Archives of Surgery. 2018 Nov;403(7):791-803. doi: 10.1007/s00423-018-1705-y
7. Zabolotskiy DV, Koryachkin VA. The baby and regional

- anesthesia - why? where? and how? *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroi Boli*. 2016;10(4):243-253. (In Russ.). doi: 10.18821/1993-6508-2016-10-4-243-253
8. Heydinger G, Tobias J, Veneziano G. Fundamentals and innovations in regional anaesthesia for infants and children. *Anaesthesia*. 2021 Jan;76 Suppl 1:74-88. doi: 10.1111/anae.15283
 9. Rozin YuE, Marochkov AV, Kulagin AE, Suvorov DA. Effect of multicomponent balanced general and combined anesthesia on the effectiveness of postoperative analgesia in orthopedic and traumatologic surgeries on lower extremities in children. *Zhurnal Grodnenskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2023;21(6):575-582. (In Russ.). doi: 10.25298/2221-8785-2023-21-6-575-582
 10. Rozin YuE. Comparative evaluation of hemodynamic parameters during anesthetic support of orthopedic and traumatologic operations on lower extremities in children. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2024;21(1):59-66. (In Russ.). doi: 10.51523/2708-6011.2024-21-1-07
 11. Rozin YuE, Marochkov AV. Role of endocrine and metabolic monitoring during anesthetic support of orthopedic and traumatologic operations on lower extremities in children: a prospective comparative study. *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroi Boli*. 2023;17(1):51-58. (In Russ.). doi: 10.17816/RA121878
 12. Ilyukovich GV, Oletskiy VE. Regional anesthesia. Minsk, RB: Kovcheg; 2006. 164 p. (In Russ.)
 13. Kanus II, Grachev SS. Comparative characteristics of hemodynamic parameters during multicomponent balanced anesthesia during intraabdominal surgical interventions. *Meditsinskaya Panorama*. 2010;(7):59-60. (In Russ.)
 14. Zabolotskiy DV, Koryachkin VA. Therapeutic effects of regional blockades in patients with orthopedic pathology. *Meditsina: Teoriya i Praktika*. 2018;3(4):59-64. (In Russ.)
 15. Zabolotskiy DV, Koryachkin VA, Ivanov MD, Zaitseva NV, Malashenko NS. Anesthesiologic support of autotransplantation of toes to hand in children. *Regionarnaya Anesteziya i Lechenie Ostroi Boli*. 2016;10(2):105-114. (In Russ.)
 16. Taenzer AH, Herrick M, Hoyt M. Variation in pediatric local anesthetic dosing for peripheral nerve blocks: an analysis from the Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN). *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2020 Dec;45(12):964-969. doi: 10.1136/rapm-2020-101720
 17. Parthasarathy S, Venkatesh TK, Saravanan B. Evaluation of age-based local anaesthetic dosing of bupivacaine for popliteal sciatic nerve block in children undergoing foot and ankle surgery: A prospective single arm interventional study. *Indian Journal of Anaesthesia*. 2023 Nov;67(Suppl 4):S257-S260. doi: 10.4103/ija.ija_171_23
 18. Keplinger M, Marhofer P, Marhofer D, Schroegendorfer K, Haslik W, Zeitlinger M, et al. Effective local anaesthetic volumes for sciatic nerve blockade: a clinical evaluation of the ED99. *Anaesthesia*. 2015 May;70(5):585-590. doi: 10.1111/anae.13013

Submitted 06.02.2025

Accepted 14.04.2025

Сведения об авторах:

Розин Юрий Эдуардович – врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская областная детская больница»; аспирант кафедры детской анестезиологии и реаниматологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет», <https://orcid.org/0000-0002-8194-9028>, e-mail: rozinyury@yandex.by;

А.В. Марочков – д.м.н., профессор, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Могилёвская областная клиническая больница, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

А.Е. Кулагин – к.м.н., доцент, зав. кафедрой детской анестезиологии и реаниматологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет», <https://orcid.org/0009-0007-6682-0879>;

А.П. Панов – зав. отделением анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская областная детская больница».

Information about authors:

Yury E. Rozin – anesthesiologist-resuscitator of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Children's Hospital; postgraduate of the Chair of Pediatric Anesthesiology and Resuscitation, Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the educational institution "Belarusian State Medical University", <https://orcid.org/0000-0002-8194-9028>, e-mail: rozinyury@yandex.by;

A.V. Marochkov – Doctor of Medical Sciences, professor, anesthesiologist-resuscitator of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Clinical Hospital; <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

A.E. Kulagin – Candidate of Medical Sciences, associate professor, head of the chair of pediatric anesthesiology and resuscitation, Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the educational institution "Belarusian State Medical University", <https://orcid.org/0009-0007-6682-0879>;

A.P. Panov – head of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Children's Hospital.