

## АНЕСТЕЗИЯ И ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ В ПЕДИАТРИИ

## ANESTHESIA AND INTENSIVE CARE IN PEDIATRICS

<https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-134-146>

### Оценка гликемии и потребности в глюкозе у новорожденных детей во время оперативного вмешательства: проспективное клиническое исследование

### Evaluation of blood glucose and need of glucose in newborn undergoing surgery: a prospective clinical study

М.М. Нассер <sup>1</sup>, Ю.В. Жиркова <sup>1,2,\*</sup>, Ю.И. Кучеров <sup>1,2</sup>, В.М. Межевикина <sup>1,2</sup>

M. M. Nasser <sup>1</sup>, Yu. V. Zhirkova <sup>1,2,\*</sup>, Yu. I. Kuchеров <sup>1,2</sup>, V. M. Mezhevikina <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского ДЗМ», Москва, Россия

<sup>1</sup> Children's City Clinical Hospital No. 9 named after G.N. Speransky, Moscow, Russia

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), Moscow, Russia

#### Реферат

#### Abstract

**АКТУАЛЬНОСТЬ:** Несмотря на многочисленные исследования и существование множества рекомендаций касательно инфузионной терапии у новорожденных, потребность в дотации и четкое дозирование интраоперационной глюкозы для детей неонатального периода не определено. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Анализ интраоперационного гликемического профиля у новорожденных детей и определение потребности в дотации парентеральной глюкозы во время оперативного вмешательства у данной категории пациентов. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** В проспективное нерандомизированное исследование включен 101 новорожденный ребенок в возрасте до 28 дней жизни с хирургическими заболеваниями, требующий оперативного лечения в неонатальный период. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова № 192 от 27.01.2020. Демографические и клинические данные оценены методами непараметрической статистики и представлены в виде медианных значений с межквартильными интервалами. Непрерывные переменные сравнивались с использованием однофакторного дисперсионного анализа. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** При отсутствии плановой дотации глюкозы интраоперационно у 74,5 % детей отмечается гипогликемия < 2,9 ммоль/л, у 55,3 % — сахар крови < 2,6 ммоль/л, особенно на этапах интубации и разреза кожи. При плановом титровании глюкозы в дозе 2,3 мг/кг/мин гипогликемия регистрируется почти в 2 раза реже (40 % детей) ( $p < 0,001$ ), у трети детей отмечалась гипергликемия (16,7 %) и ги-

**INTRODUCTION:** Despite numerous studies and the existence of many recommendations regarding infusion therapy in newborns, the need for subsidies and precise dosing of intraoperative glucose for children of the neonatal period has not been determined. **OBJECTIVES:** Analysis of the intraoperative glycemic profile in newborns and determination of the need for parenteral glucose subsidies during surgery in this category of patients. **MATERIAL AND METHODS:** The study included 101 newborn children under 28 days of age with surgical diseases requiring surgical treatment in the neonatal period. The study was approved by the local ethics committee of the Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov reference number 192 dated January 27, 2020. Demographic and clinical data were assessed using nonparametric statistics and presented as median values with interquartile ranges. Continuous variables were compared using one-way analysis of variance. **RESULTS:** In the absence of a planned subsidy of glucose intraoperatively, 74.5 % of children have hypoglycemia < 2.9 mmol/l, 55.3 % have blood sugar < 2.6 mmol/l, especially at the stages of intubation and skin incision. With planned titration of glucose at a dose of 2.3 mg/kg/min, hypoglycemia is recorded almost 2 times less often (40 % of children) ( $p < 0.001$ ), a third of children had hyperglycemia (16.7 %) and a hyperosmolar state (50 %). When glucose was administered at a dose of 1.15 mg/kg/min, more children had euglycemia of 55 %,  $p = 0.038$ . **CONCLUSIONS:** A statistically significant difference in glycemia during surgery in children was revealed depending on the intraoperative glucose supplement. The need of glucose is individual and depends on many factors.

перосмолярное состояние (50 %). При введении глюкозы в дозе 1,15 мг/кг/мин у большего числа детей отмечалась эугликемия (55 %) ( $p = 0,038$ ). **ВЫВОДЫ:** Выявлено статистически значимое различие по гликемии во время оперативного вмешательства у детей в зависимости от интраоперационной дотации глюкозы. Потребность в глюкозе индивидуальна и зависит от многих факторов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** интраоперационный гликемический профиль, новорожденные, гипогликемия, гипергликемия, интраоперационная инфузия

\* *Для корреспонденции:* Юлия Викторовна Жиркова — д-р мед. наук, доцент кафедры детской анестезиологии и интенсивной терапии РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия; зав. отделением реанимации и интенсивной терапии для новорожденных ДГКБ им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия; e-mail: zhirkova@mail.ru

✉ *Для цитирования:* Нассер М.М., Жиркова Ю.В., Кучеров Ю.И., Межевикина В.М. Оценка гликемии и потребности в глюкозе у новорожденных детей во время оперативного вмешательства: проспективное клиническое исследование. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2025; 1: 134–146. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-134-146>

📅 *Поступила:* 26.03.2024

📅 *Принята к печати:* 02.12.2024

📅 *Дата онлайн-публикации:* 31.01.2025

**KEYWORDS:** intraoperative period, blood glucose, infant, newborn, hypoglycemia, hyperglycemia, fluid therapy

\* *For correspondence:* Yulia V. Zhirkova — Dr. Med. (Sci.), Docent of Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care of the Russian National Research University named after N.I. Pirogov, Moscow Russia, head of Department of Intensive Care for newborns, Moscow, Russia; e-mail: zhirkova@mail.ru

✉ *For citation:* Nasser M.M., Zhirkova Yu.V., Kucherov Yu.I., Mezhevikina V.M. Evaluation of blood glucose and need of glucose in newborn undergoing surgery: a prospective clinical study. Annals of Critical Care. 2025; 1: 134–146. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-134-146>

📅 *Received:* 26.03.2024

📅 *Accepted:* 02.12.2024

📅 *Published online:* 31.01.2025

DOI: 10.21320/1818-474X-2025-1-134-146

## Введение

В последнее время появляется все больше сведений о важности и необходимости периоперационного мониторинга гликемии у всех пациентов [1, 2], особенно это актуально у новорожденных детей, которые входят в группу риска по гипо- и гипергликемии. Исследование интраоперационного гликемического профиля у новорожденных активно внедряется в практику анестезиолога наряду с мониторингом артериального давления, пульса, темпа диуреза и т. д. [3]. Обеспечение нормогликемии в периоперационный период имеет большое значение для качественного оказания анестезиолого-реанимационной помощи новорожденным пациентам наряду с поддержанием адекватного волемического и респираторного статуса, электролитного и метаболического баланса. Интраоперационная гликемия зависит не только от нейроэндокринных изменений на операционный стресс, но и определяется составом инфузион-

ных сред, вводимых во время операции. Традиционно использовали адаптированную к периоперационному введению формулу Holliday и Segar [4]. По данным новых исследований, подразумевается применение в качестве фоновой инфузии изотонического сбалансированного солевого раствора с содержанием глюкозы 1–2,5 % всем доношенным новорожденным [5, 6]. Несмотря на это и существование множества рекомендаций, потребность в дотации и четкое дозирование интраоперационной глюкозы для новорожденных, в том числе с сопутствующей патологией, не определено.

## Цель исследования

Анализ интраоперационного гликемического профиля у новорожденных детей и определение потребности в дотации парентеральной глюкозы во время оперативного вмешательства у данной категории пациентов.

## Материалы и методы

Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова № 192 от 27.01.2020. В исследование включены 115 новорожденных детей в возрасте до 28 дней жизни с хирургическими заболеваниями, требующих оперативного лечения в неонатальном периоде. Критериями исключения из исследования были состояния, связанные с врожденными нарушениями гликемического профиля, такие как диабетическая фетопатия, транзиторная гиперинсулинемия, патология надпочечников и введение препаратов крови во время операции. Из исследования были исключены 14 новорожденных в связи с потребностью во введении компонентов крови во время оперативных вмешательств. Дизайн работы — проспективное сравнительное нерандомизированное одноцентровое исследование. Учитывая разные подходы в тактике интраоперационной инфузионной терапии, при исследовании использовались малые размеры выборки для каждой из групп с последующей оценкой статистической значимости отличий в исследуемых группах.

Согласно дизайну исследования, на первом этапе был изучен гликемический профиль и потребность в глюкозе в интраоперационный период у детей периода новорожденности, которым во время анестезии проводилась базовая инфузионная терапия только кристаллоидными (глюкозосодержащими) растворами в объеме 10 мл/кг/ч, препараты глюкозы планомерно не вводились. Дети, у которых фиксировалась гипогликемия, получали болюсы глюкозы 10 % в дозе 2 мл/кг для коррекции. На данном этапе в исследование включен 51 ребенок — 1-я группа. Анализ полученных данных интраоперационной гликемии в 1-й группе выявил высокий процент гипогликемии у пациентов, и была рассчитана потребность в глюкозе на основании дозы, вводимой для коррекции (доза определена в результате анализа 1-й группы, см. результаты). На втором этапе уже сформирована 2-я группа ( $n = 30$ ), где детям планомерно с момента поступления в операционную внутривенным титрованием через отдельную инфузионную помпу вводилась рассчитанная на первом этапе доза глюкозы — 2,3 мг/кг/мин или 1,4 мл/кг/ч 10 % раствора глюкозы. Введение глюкозы осуществлялось через тот же венозный катетер, если состояние или объем операции не предусматривали несколько сосудистых доступов. При пересчете на весь объем инфузионной терапии во время операции концентрация вводимой глюкозы составила 1,25 %. Анализируя полученные данные периперационной гликемии у детей, которым планомерно парентерально вводилась глюкоза в дозе 2,3 мг/кг/мин, была выявлена тенденция к гипергликемии в периперационный период, что послужило поводом к созданию группы 3, в которой уменьшена дотация глюкозы во вре-

мя операции в 2 раза. В группе 3 участвовало 20 детей, которым во время оперативного вмешательства вводился также солевой раствор в дозе 10 мл/кг/ч и проводилась плановая дотация глюкозы в дозе 1,15 мг/кг/мин путем инфузионного титрования. Во 2-й и 3-й группах инфузию внутривенной глюкозы начинали сразу при поступлении детей в операционную с использованием шприцевой помпы.

Целевой гликемией во всех группах считали глюкозу крови от 2,9 до 8,2 ммоль/л. Уровень глюкозы крови ниже 2,9 ммоль/л ( $< 55$  мг/дл) расценивали как гипогликемию, однако коррекцию проводили только при концентрации глюкозы крови ниже 2,6 ммоль/л глюкозой 10 % в дозе 2 мл/кг в соответствии с рекомендациями по неонатальной гипогликемии [7]. Глюкозу крови свыше 8,2 ммоль/л ( $> 150$  мг/дл) считали гипергликемией. В 1-й группе гипергликемию расценивали как недостаточное обезболивание и углубляли анестезию. Во 2-й и 3-й группах гипергликемию корректировали путем отключения инфузии глюкозы, затем проводили контрольное измерение через 30 мин. Если гликемия нормализовалась, то инфузию глюкозы возобновляли. Интраоперационно инсулиноterapia не потребовалась ни одному ребенку за время исследования. Предполагалось введение инсулина при гипергликемии свыше 12 ммоль/л, так как у новорожденных детей это является порогом осмотического диуреза [8].

Исследование глюкозы крови проводилось на следующих этапах: 1-й этап — непосредственно до операции, 2-й этап — при интубации трахеи, 3-й этап — при разрезе кожи, 4–6-й этапы — каждые 30 мин во время операции, 7-й этап — в конце операции. Периперационное измерение глюкозы крови осуществлялось в капиллярной пробе глюкометром ЭЛТА Сателлит (Россия). Исследование гликемии на 1-м этапе во всех группах проводилось сразу же при поступлении ребенка в операционную до начала интраоперационной инфузии (только солевыми растворами или в комбинации с глюкозой). В каждой группе детей оценивали значения осмолярности венозной крови сразу после операции в зависимости от дозы вводимой глюкозы (аппарат FDL 800-Flex компании Radiometer Medical, Дания).

В группу 1 ( $n = 51$ ) вошли дети с гестационным возрастом от 24 до 40 недель, Ме — 38 [36,5; 38] недель гестации. Масса тела у этих детей колебалась от 730 до 4200 г, Ме массы тела — 3100 [2570; 3146]. На момент операции возраст детей был 12–360 ч, Ме возраста детей составляла 72 ч, интерквартильный ранг [36; 168] ч.

Во 2-й группе ( $n = 30$ ) исследовали интраоперационный гликемический профиль у детей от 29 до 40 недель гестации, Ме — 38 [29; 40]; возраст на момент операции — от 4 до 376 ч жизни, Ме — 37,5 [19,5; 66] ч жизни, массой тела — от 1310 до 4200 г, Ме массы тела у этих детей составила 3020 [2550; 3540] г.

В 3-й группе ( $n = 20$ ) исследование проводилось у 20 детей от 30 до 39 недель гестации, Ме — 38 [34; 40],

возраст — от 12 до 336 ч жизни, Ме составила 92 [48; 288] ч; масса тела составила от 1870 до 4500 г, Ме массы тела в 3-й группе — 3470 [2670; 3720] г.

По полу, гестационному возрасту группы не отличались между собой. По постнатальному возрасту имелись статистически значимые различия в часах жизни (от 12 до 376 ч жизни), однако все дети были до 15-го дня жизни (табл. 1).

Дети получали однотипную анестезию: комбинированную анестезию с использованием искусственной вентиляции легких и миоплегии (ингаляционный анестетик, фентанил, миорелаксант). У 5,9 % ( $n = 6$ ) детей дополнительно проводили регионарную анестезию с введением ропивакаина в дозе 2 мг/кг.

Статистическая обработка. Компьютерная обработка данных осуществлялась с помощью следующих программ: первичная статистическая обработка экспериментальных данных и построение графиков — Microsoft Excel из пакета MS Office 2010 (Google-таблицы); основная статистическая обработка — программа JamoviProject (2022, Version 2.3) (Computer Software). Для определения статистического вывода использовали методы непараметрической статистики, учитывая ненормальное распределение выборки (критерий Шапиро—Уилка,  $p > 0,05$ ). Для доказательства отличия непрерывных переменных между двумя и более группами был использован однофакторный дисперсионный анализ. Для сравнения двух зависимых выборок между собой (глюкоза крови у детей одной группы на разных этапах исследования) использовали критерий Уилкоксона. Для сравнения двух независимых групп использовали критерий Манна—Уитни. Данные критерии наиболее часто используются при обнаружении различия между двумя и более выборками.

## Результаты

В ходе исследования гликемии у детей 1-й группы в среднем по группе на всех этапах оперативного вмешательства выявлены отклонения от нормальных значений гликемии у 82,3 % ( $n = 42$ ). У 19,6 % ( $n = 10$ ) детей данной группы выявлена гипергликемия: 15 эпизодов от одного до трех раз за время анестезии. У 74,5 %

( $n = 38$ ) новорожденных зафиксировано 74 эпизода гипогликемии. Более часто низкий уровень глюкозы крови регистрировался на этапах интубации трахеи (Ме 2,8 [2,4; 4,2] ммоль/л, минимально до 1,3 ммоль/л) и разреза кожи (Ме 3,0 [2,7; 4,7] ммоль/л, минимально 1,6 ммоль/л) и статистически значимо был ниже по сравнению с дооперационным уровнем (критерий Уилкоксона,  $p = 0,001$  и  $0,048$  соответственно). В ходе операции через 30 и 60 мин после нее значения гликемии нарастали и соответствовали референсным (табл. 2). Коррекция гипогликемии введением глюкозы 10 % в дозе 2 мл/кг потребовалась 21 ребенку (55,3 %). В среднем каждому ребенку, у которого регистрировалась гипогликемия, потребовалось 3,4 мл/кг 10 % раствора глюкозы для коррекции уровня глюкозы крови интраоперационно (4,7 мг/кг/мин) или 1,4 мл/кг 10 % глюкозы крови (2,3 мг/кг/мин). Учитывая полученные данные гликемического профиля и количество введенной глюкозы для коррекции гипогликемии у детей 1-й группы, сформирована 2-я группа, в которой детям дополнительно вводилась минимальная поддерживающая концентрация глюкозы во время операции 2,3 мг/кг/мин на фоне базовой интраоперационной инфузии солевым раствором 10 мл/кг/ч.

У детей 2-й группы глюкоза крови оставалась на более стабильном уровне (табл. 2). Регистрируемые интраоперационные медианные показатели глюкозы на всех этапах измерения не выходили за пределы допустимых значений. На этапах интубации трахеи и разреза кожи медианные значения гликемии были выше (3,85 [2,8; 4,5] и 4,05 [3,23; 5,02] ммоль/л), чем в 1-й группе, но без статистически значимой разницы (критерий Манна—Уитни,  $p = 0,062$  и  $p = 0,206$ ). Эпизоды гипогликемии фиксировались реже, чем в 1-й группе (40 % [ $n = 12$ ]), коррекция требовалась в 58 % случаев (семь эпизодов у семи детей). Гипергликемия отмечалась в 16,7 % случаев ( $n = 5$ ), при этом глюкоза крови достигала 11 ммоль/л. При возникновении гипергликемии отключали титрование глюкозы до следующего измерения и дополнительно обезболивали при необходимости, введение инсулина не потребовалось ни одному ребенку. Во 2-й группе дисгликемия отмечалась у 56,7 % ( $n = 17$ ) новорожденных детей.

**Таблица 1.** Сравнение детей 1, 2 и 3-й групп по возрасту, массе тела и длительности операции (Ме, критерий Краскелла—Уоллиса,  $p < 0,05$ )

**Table 1.** The distribution of children by age, body weight and duration of surgery (Me, Kruskal—Wallis,  $p < 0.05$ )

Характеристика групп	Группа 1 ( $n = 51$ )	Группа 2 ( $n = 30$ )	Группа 3 ( $n = 20$ )	$p$
Возраст, часы жизни	72 [36; 168]	37,5 [19,5; 66]	92 [48; 288]	0,005
Масса тела, г	3100 [2570; 3146]	3020 [2550; 3540]	3470 [2670; 3720]	0,390
Гестационный возраст, нед. гестации	38 [36,5; 38]	38 [29; 40]	38 [34; 40]	0,197

При анализе гликемического статуса у детей 3-й группы на этапе интубации трахеи зафиксирована гипогликемия 2,6 ммоль/л (один эпизод у одного ребенка), требующая коррекции. При разрезе кожи и через 30 мин после начала операции у всех детей регистрировалась нормогликемия, глюкоза крови составила 3,2–6,8 ммоль/л, отмечался один эпизод гипогликемии 2,7 ммоль/л, максимальный уровень глюкозы составлял 6,4 ммоль/л. Спустя один час после операции зафиксирована гипергликемия на уровне 10,5 ммоль/л у одного ребенка, минимальная гликемия составляла 3,6 ммоль/л у одного ребенка. На 90-й мин операции глюкоза крови оставалась в пределах допустимых значений у всех детей (3,6–9 ммоль/л). После операции однократно зафиксирована гипергликемия на уровне 10,7 ммоль/л. В 3-й группе на всех этапах исследования Ме глюкозы крови оставалась в пределах референсных значений (табл. 2).

При сравнительной оценке гликемического профиля во время анестезии у новорожденных детей путем проведения однофакторного дисперсионного анализа (табл. 3) было выявлено статистически значимое различие по уровню глюкозы интраоперационно у детей 1, 2 и 3-й групп на этапах интубации и разреза кожи, через 30 мин после начала операции и по окончании хирургического лечения. Самые низкие медианные значения на этапах интубации трахеи и разреза кожи зафиксиро-

ваны у детей в 1-й группе: Ме глюкозы — 2,8 [2,4;4,2] и 3,0 [2,7;4,7] ммоль/л по сравнению со 2-й (Ме глюкозы — 3,85 [2,8;4,5] и 4,0 [3,2;5,0] ммоль/л) и 3-й группой (Ме 3,7 [3,5;4,45] и 4,3[3,9;5,2] ммоль/л). В 3-й группе глюкоза крови оставалась на более стабильном уровне на всех этапах исследования. Единичные эпизоды гипогликемии и гипергликемии зафиксированы при интубации трахеи, через 30 и 60 мин от начала операции без влияния на общую тенденцию в группе.

Проанализирована частота встречаемости нормогликемии и отклонений от нормальных значений гликемии у детей в зависимости от интраоперационной дозы глюкозы (от 0 до 2,3 мг/кг/мин) (рис. 1).

В 1-й группе во время оперативного вмешательства (суммарно на всех этапах исследования) статистически значимо чаще фиксировалась гипогликемия (74,5 %), во 2-й группе — 40 % ( $p = 0,015$ ), в 3-й группе — 15 % ( $p < 0,001$ ). Гипергликемия во всех группах зарегистрирована в равном соотношении (19,6 % — группа 1, 16,7 % — группа 2 и 15 % — группа 3) без статистически значимой разницы (табл. 4). Меньшая вариабельность глюкозы крови во время операции (табл. 4) зафиксирована у детей 3-й группы (70 %), что достоверно превышает таковой показатель в 1-й группе (5,9 %,  $p = 0,037$ ) и без статистической значимости выше, чем во 2-й группе (43,3 %,  $p = 0,897$ ).

**Таблица 2.** Сравнительный анализ интраоперационной глюкозы крови у детей 1, 2 и 3-й групп (глюкоза крови, ммоль/л)

**Table 2.** Comparative analysis of intraoperative blood glucose in children of 1, 2 and 3 groups (blood glucose, mmol/l)

Показатели	Группа	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	7-й этап
Ме [Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> ]	1-я группа (n = 51)	5,3 [4,2; 6,6]	2,8 [2,4; 4,2]	3,0 [2,7; 4,7]	4,0 [3,0; 4,6]	5,0 [3,98; 6,05]	5,00 [3,85; 5,95]	5,9 [4,78; 7,18]
	2-я группа (n = 30)	5,1 [4,1; 6,4]	3,85 [2,8; 4,5]	4,0 [3,2; 5,0]	4,8 [4,25; 5,2]	5,2 [4,8; 6,55]	5,40 [5,15; 5,85]	6,5 [4,88; 7,82]
	3-я группа (n = 20)	4,8 [3,9; 5,4]	3,7 [3,5; 4,45]	4,3 [3,9; 5,2]	4,8 [4,13; 5,08]	5,95 [5,27; 7,05]	6,0 [5,35; 6,95]	7,95 [7,28; 8,77]

**Таблица 3.** Сравнение глюкозы крови во время хирургической операции между тремя группами (однофакторный дисперсионный анализ Краскела—Уоллиса,  $p < 0,05$ )

**Table 3.** Comparison of blood glucose during surgery between three groups (single-factor analysis of variance Kruskal—Wallis,  $p < 0.05$ )

Этапы исследования	$\chi^2$	Df (степеней свободы)	$p$
Глюкоза «интубация»	6,271	2	0,043
Глюкоза «разрез»	5,028	2	0,018
Глюкоза «30 мин»	8,259	2	0,016
Глюкоза «60 мин»	3,463	2	0,177
Глюкоза «90 мин»	1,734	2	0,420
Глюкоза «после операции»	12,509	2	0,002

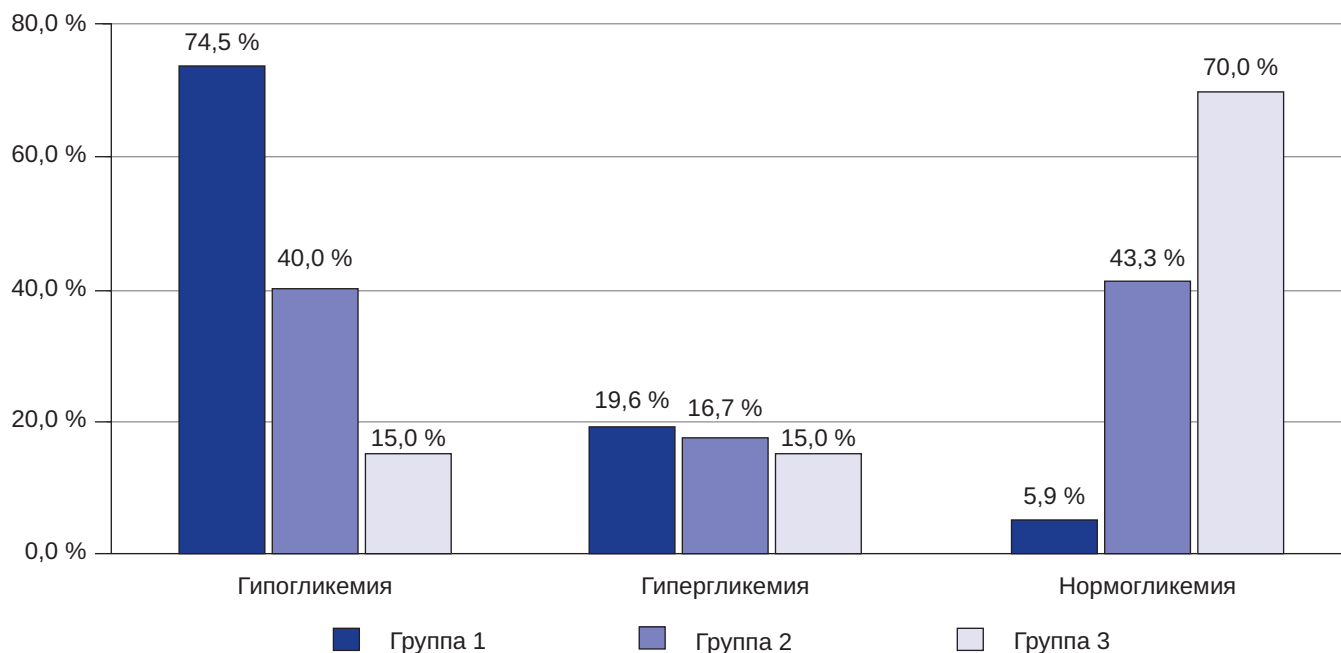


Рис 1. Нормогликемия и дисгликемия во время оперативного вмешательства у новорожденных детей

Примечание: группа 1 — без плановой интраоперационной дотации глюкозы; группа 2 — интраоперационная дотация глюкозы 2,3 мг/кг/мин; группа 3 — интраоперационная дотация глюкозы 1,15 мг/кг/мин.

Fig 1. The incidence of dysglycemic conditions during surgery in newborns

Note: group 1 — without planned intraoperative glucose donation; group 2 — intraoperative glucose donation 2.3 mg/kg/min; group 3 — intraoperative glucose donation of 1.15 mg/kg/min.

Таблица 4. Парные сравнения DSCF-тест дисгликемических состояний у детей между группами ( $p < 0,05$ )

Table 4. Pairwise comparisons of DSCF-test of dysglycemia in children between groups ( $p < 0.05$ )

Группы	Гипогликемия			Гипергликемия			Нормогликемия		
	$p$								
1-2	0,015			0,909			0,060		
1-3	< 0,001			0,620			0,037		
2-3	0,082			0,493			0,897		

При сравнительном анализе осмолярности венозной крови после операции (рис. 2) выявлено, что в 1-й группе зафиксировано больше детей с гипоосмолярным состоянием (39 %,  $n = 20$ ), чем во 2-й ( $p = 0,014$ ) и 3-й группах ( $p = 0,400$ ). Во 2-й группе у детей выявлена гиперосмолярность (50 %,  $n = 15$ ) чаще, чем в 1-й ( $p = 0,115$ ) и 3-й группах ( $p = 0,058$ ) без статистической значимости. В 3-й группе у 65 % детей ( $n = 13$ ) зарегистрирована осмолярность в пределах возрастной нормы, что достоверно выше, чем в 1-й группе ( $p = 0,047$ ).

Отмечались более высокие значения осмолярности венозной крови у детей во 2-й группе, чем у детей в 1-й и 3-й группах ( $\chi^2 = 0,930$ ,  $p = 0,010$ ). С целью уточнения полученных данных выполнялся тест попарного сравне-

ния, в котором выявлено статистически значимое различие в осмолярности венозной крови после операции у детей между 1-й и 2-й группой ( $W = 4,13$ ,  $p = 0,010$ ); в то время, как между 1-й и 3-й группой ( $W = 1,26$ ,  $p = 0,648$ ) и между 2-й и 3-й группой ( $W = -2,62$ ,  $p = 0,152$ ) статистически значимых различий не обнаружено (табл. 5).

Для изучения влияния факторов риска на возникновение гипо- и гипергликемии во время операции у новорожденных детей использовали анализ таблиц сопряжения дисгликемии в зависимости от отсутствия дотации интраоперационной глюкозы, гестационного возраста (доношенные и недоношенные), постнатального возраста (до и свыше 7 дней жизни), длительности опера-

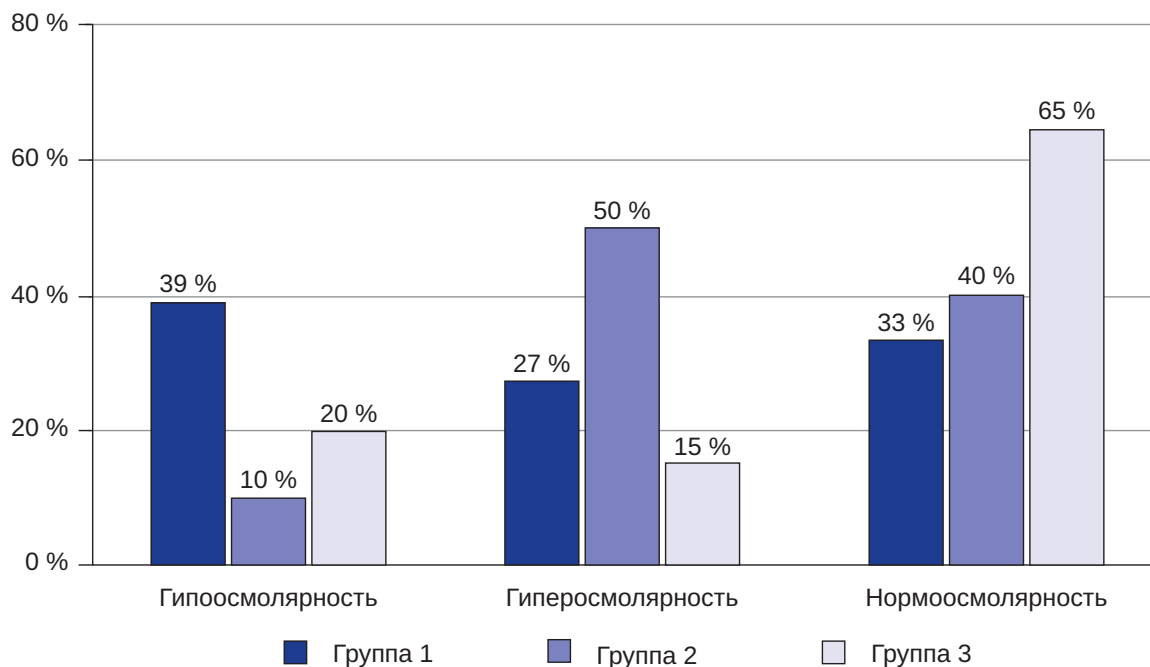


Рис. 2. Показатели осмолярности венозной крови после операции у новорожденных детей с хирургическими заболеваниями

Fig.2. Indicators of venous blood osmolarity after surgery in newborn children with surgical diseases

Таблица 5. Парные сравнения DSCF-тест осмолярности у детей между группами ( $p < 0,05$ )

Table 5. Pairwise comparisons of DSCF-test of osmolarity in children between groups ( $p < 0.05$ )

Группы	Гипоосмолярность		Гиперосмолярность		Нормоосмолярность	
	W	p	W	p	W	p
1-2	3,96	0,014	2,87	0,105	1,37	0,596
1-3	1,83	0,400	1,28	0,636	3,35	0,047
2-3	1,63	0,484	3,23	0,058	1,98	0,340

ции (до 1 ч и выше), вида оперативного вмешательства (открытые, эндоскопические, абдоминальные и торакальные) и этапов операции (начальные и другие этапы). Выявлено, что отсутствие дотации глюкозы во время хирургического лечения у новорожденных детей может определять статистически значимое увеличение шансов развития дисгликемии в 3,6 раза и гипогликемии в 6 раз (табл. 6–8).

В результате исследования получено, что у 59,2 % недоношенных детей ( $n = 16$  из 27) зафиксирована дисгликемия, все из них имели гипогликемию, а трое детей еще и гипергликемию. У доношенных детей в 69 % случаев ( $n = 51$  из 74) также выявили гипогликемию и в 30 % ( $n = 22$  из 74) — гипергликемию, при этом обнаружена средняя взаимосвязь между гестационным возрастом и развитием дисгликемии ( $\chi^2 = 0,474$ ,  $p = 0,491$ ), но статистически недостоверная. Таким образом, ге-

стационарный возраст не оказывал значимого влияния на развитие отклонений от нормальных значений гликемии во время операции. Выявлено, что чаще всего нарушения гликемического профиля фиксировались у детей менее 1 недели жизни (65 % детей [ $n = 52$  из 80]), у более старших детей частота составила 71,4 % ( $n = 15$  из 21), хотя разница статистически недостоверная ( $\chi^2 = 0,236$ ,  $p = 0,627$ ). Следует отметить, что у всех детей отмечалась гипогликемия ( $n = 52$ ,  $\chi^2 = 4,3$ ,  $p = 0,231$ ), из них у 27,5 % ( $n = 22$  из 80) также была и гипергликемия ( $\chi^2 = 1,75$ ,  $p = 0,626$ ), различия статистически недостоверные.

В результате изучения влияния длительности оперативного вмешательства выявлена дисгликемия в равной степени: при операции до одного часа у 68,4 % ( $n = 26$  из 38), а при операциях свыше одного часа у 70,7 % ( $n = 41$  из 58), без статистически достоверной разницы

**Таблица 6.** Зависимость частоты дисгликемических состояний при отсутствии введения глюкозы во время хирургических операций

**Table 6.** Dependence of the frequency of dysglycemic conditions on the factor of administration or absence of glucose administration during surgical operations

Фактор риска	Исходы	
	Дисгликемия «+»	Дисгликемия «-»
Глюкоза не вводилась	41	10
Глюкоза вводилась	26	23
	Гипогликемия «+»	Гипогликемия «-»
Глюкоза не вводилась	38	13
Глюкоза вводилась	16	33
	Гипергликемия «+»	Гипергликемия «-»
Глюкоза не вводилась	38	38
Глюкоза вводилась	16	12

**Таблица 7.** Отношение шансов и относительный риск дисгликемии и гипогликемии к фактору риска (отсутствие дозации глюкозы интраоперационно)

**Table 7.** Odds ratio and relative risk of dysglycemia to the risk factor (lack of intraoperative glucose subsidy)

Показатель	Значение	95% ДИ	
		нижняя граница	верхняя граница
<b>Дисгликемия</b>			
Отношение шансов	3,63	1,49	8,83
Относительный риск	1,52	1,13	2,04
<b>Гипогликемия</b>			
Отношение шансов	6,03	2,53	14,4
Относительный риск	2,28	1,48	3,52

**Таблица 8.** Статистический анализ таблиц сопряжения, тест  $\chi^2$

**Table 8.** Statistical analysis of conjugation tables, test  $\chi^2$

Показатель	$\chi^2$	Df (степеней свободы)	p
$\chi^2$ (дисгликемия)	8,44	1	0,004
$\chi^2$ (гипогликемия)	17,6	1	< 0,001
$\chi^2$ (гипергликемия)	1,06	3	0,786

( $\chi^2 = 0,283$ ,  $p = 0,595$ ). При операциях, длящихся менее часа, большая часть детей (80,8 % [ $n = 21$  из 26]) имели низкий уровень глюкозы крови, 19,2 % ( $n = 5$  из 26) имели гипергликемию. При операциях, которые длились свыше часа, 46,5 % ( $n = 27$  из 58) страдали гипогликемией, а 29,3 % ( $n = 17$  из 58) — гипергликемией.

Статистически достоверно доказано увеличение частоты гипогликемии на этапах интубации трахеи и раз-

реза кожи в 2 раза и увеличение частоты возникновения дисгликемии при проведении эндоскопических операций в 3 раза (табл. 9–11).

Оценка влияния вида оперативного вмешательства (открытые/эндоскопические операции) показывает, что проведение эндоскопических операций в 3 раза увеличивает частоту дисгликемии;  $p = 0,029$  (табл. 12–14).



**Таблица 9.** Отношение шансов и рисков развития гипогликемических состояний у новорожденных детей

**Table 9.** The odds ratio and relative risk of hypoglycemic conditions in newborn sodd ratio

Фактор риска	Гипогликемия «+»	Гипогликемия «-»
Интубация/разрез «+»	79 (39,7 %)	120 (60,3 %)
Интубация/разрез «-»	75 (21,5 %)	273 (78,5 %)

**Таблица 10.** Отношение шансов и рисков развития гипогликемических состояний у новорожденных детей

**Table 10.** The odds ratio and relative risk of developing hypoglycemic conditions in newborns

Показатель	Значение	95% ДИ	
		нижняя граница	верхняя граница
Отношение шансов	2,4	1,64	3,51
Относительный риск	1,84	1,42	2,4

**Таблица 11.** Статистический анализ таблиц сопряжения, тест  $\chi^2$

**Table 11.** Statistical analysis of conjugation tables, test  $\chi^2$

Показатель	$\chi^2$	Df (степеней свободы)	p
$\chi^2$ (гипогликемия)	20,6	1	< 0,001

**Таблица 12.** Зависимость дисгликемии от вида оперативного вмешательства

**Table 12.** Dependence of dysglycemia on the type of surgery

Фактор риска	Исходы	
	Дисгликемия «+»	Дисгликемия «-»
Эндоскопические операции «+»	37 (50,6 %)	11 (15 %)
Эндоскопические операции «-»	13 (17,8 %)	12 (16,4 %)
	Гипогликемия «+»	Гипогликемия «-»
Эндоскопические операции «+»	28 (38,3 %)	20 (27,4 %)
Эндоскопические операции «-»	10 (13,7 %)	15 (20,5 %)
	Гипергликемия «+»	Гипергликемия «-»
Эндоскопические операции «+»	12 (16,4 %)	36 (49,3 %)
Эндоскопические операции «-»	5 (6,8 %)	20 (27,4 %)

**Таблица 13.** Отношение шансов и рисков развития дисгликемии у новорожденных детей при проведении эндоскопических операций

**Table 13.** The odds ratio and relative risk of developing hypoglycemic conditions in newborns during endoscopic operations

Показатель	Значение	95% ДИ	
		нижняя граница	верхняя граница
Отношение шансов	3,10	1,10	8,73
Относительный риск	1,48	0,987	2,23

Таблица 14. Статистический анализ таблиц сопряжения, тест  $\chi^2$

Table 14. Statistical analysis of conjugation tables, test  $\chi^2$

Показатель	$\chi^2$	Df (степеней свободы)	p
$\chi^2$ (дисгликемия)	4,79	1	0,029
$\chi^2$ (гипогликемия)	7,8	3	0,050
$\chi^2$ (гипергликемия)	0,995	3	0,802

## Обсуждение

Поддержание эугликемии на всех этапах оперативного вмешательства и анестезиологического пособия является важным фактором благополучного исхода хирургического лечения, выживаемости и сохранности должного развития центральной нервной системы у новорожденных детей, наряду с адекватной тканевой перфузией, функцией внешнего дыхания и электролитным балансом натрия и хлора [8]. Операционный стресс, метаболические эффекты анестезиологических препаратов и анальгетических средств увеличивают риск развития дисгликемии у новорожденных детей [9]. В крупном исследовании Вандерхук С.М. и соавт. на достаточно большом количестве наблюдений показано отрицательное влияние дисгликемии в послеоперационный период, которое ассоциировалось с высоким риском перифокальных инфекционных осложнений, сепсисом, увеличением заболеваемости и временем госпитализации [10].

Для новорожденных детей опасна и гипо- и гипергликемия в периоперационный период в той же степени, что и у более старших пациентов. Стойкая, рецидивирующая или тяжелая гипогликемия (уровень глюкозы в крови менее 2,5 ммоль/л) может привести к необратимому повреждению головного мозга с тяжелыми последствиями у новорожденных детей. Независимым предиктором интраоперационной гипогликемии является возраст до 30 дней и недоношенность [1, 11, 12]. Это объясняется тем, что при рождении у детей ограничены запасы гликогена, и имеется неадекватный инсулиновый ответ в связи с незрелостью  $\beta$ -клеток поджелудочной железы, что способствует гипогликемии в данном возрастном периоде [8, 13]. Недоношенные дети и дети с задержкой внутриутробного развития также подвержены более высокому риску гипогликемии. В связи с этим рекомендуется сводить к минимуму время предоперационного голодания и использовать поддерживающую инфузию, содержащую глюкозу [14] (однако доза не определена) или регулярно контролировать уровень глюкозы в крови для обеспечения нормогликемии.

Результаты нашего исследования согласуются с данными зарубежных авторов, в которых отражена высокая вероятность интраоперационной гипогликемии при отсутствии планового введения глюкозы во время

анестезии. В нашей работе частота данного осложнения достигала 74,5 % без планового введения глюкозосодержащих препаратов (группа 1). Особенно уязвимыми к гипогликемии являются этапы интубации трахеи и разреза кожи (ОШ = 2,4; 95% ДИ 1,64–3,51, ОР = 1,84; 95% ДИ 1,42–2,4,  $p = <0,001$ ). Около 55 % детей имели крайне низкие показатели глюкозы (менее 2,6 ммоль/л), что повышает риск неврологического повреждения. Также обращает на себя внимание, что в 1-й группе зафиксировано больше детей с гипоосмолярным состоянием (39 %,  $n = 20$ ), чем во 2-й (10 %,  $p = 0,014$ ) и 3-й группах (20 %,  $p = 0,400$ ), что может приводить к клеточной гипергидратации, в том числе клеток головного мозга [15]. В данном исследовании введение интраоперационной глюкозы в дозе 1,15–2,3 мг/кг/мин посредством отдельной инфузионной помпы обеспечивало более стабильный уровень глюкозы крови на всех этапах оперативного вмешательства. Эпизоды гипогликемии во 2-й и 3-й группах фиксировались статистически достоверно реже (у 40 % и 15 % детей соответственно), чем в группе только солевых растворов (1 группа ( $p = < 0,015$ )). Таким образом, представляется возможным расценить отсутствие дотации препаратов глюкозы как фактора риска дисгликемии (ОШ = 3,63; 95% ДИ 1,49–8,83, ОР = 1,52; 95% ДИ 1,13–2,04,  $p = 0,004$ ) и гипогликемии (ОШ = 6,03; 95% ДИ 2,53–14,4, ОР = 2,28; 95% ДИ 1,48–3,52,  $p < 0,001$ ).

В ряде исследований в качестве фоновой интраоперационной инфузии рекомендуется использовать изотонический сбалансированный солевой раствор с содержанием глюкозы 1–2,5 % всем здоровым доношенным новорожденным [5]. Однако это создает трудности дозирования при использовании официальных глюкозосодержащих растворов, что может вызвать ятрогенную гипергликемию. Наряду с этим операционный стресс и массивная кровопотеря вызывают нейроэндокринный ответ, характеризующийся повышением концентрации глюкозы в крови, что также может неблагоприятно влиять на течение периоперационного периода [16, 17]. Повышенный уровень глюкозы в крови ухудшает функцию нейтрофилов и вызывает перепроизводство активных форм кислорода, свободных жирных кислот и медиаторов воспаления. Эти патофизиологические изменения вносят вклад в прямое повреждение клеток, сосудистые и иммунные дисфункции [18]. В некоторых исследованиях указывается на то, что коррек-

ция гипергликемии снижает госпитальные осложнения и смертность у пациентов [19, 20]. Гипергликемия также может быть опасным состоянием для головного мозга из-за накопления лактата, снижения внутриклеточного рН и последующего нарушения клеточной функции в контексте глобальной или очаговой ишемии головного мозга [20, 21]. Также опубликованы исследования, в которых неблагоприятные исходы в результате гипергликемии, которые включают в себя нарушение иммунитета, задержку заживления ран, повреждение почек и лактатацидоз [15, 16, 20, 23, 24], отмечались у детей младшей возрастной группы при уровне глюкозы в крови  $> 8,3$  ммоль/л (150 мг/дл). Учитывая нейроэндокринные и физиологические особенности, новорожденные дети являются группой риска по нарушению углеводного обмена. Дополнительными факторами риска развития послеоперационной гипергликемии у таких детей могут быть скорость интраоперационной инфузии глюкозы и гестационный возраст [12]. Результаты данного исследования согласуются с современными представлениями о высоком риске интраоперационной гипогликемии, клиническая оценка которой невозможна во время анестезии [25], и с необходимостью дотации препаратов глюкозы во время операции у новорожденных детей [26, 27], особенно при проведении эндоскопических операций, при которых риск дисгликемии увеличивается в 3 раза (ОШ = 3,1; 95 % ДИ 1,1–8,7, ОР = 1,48; 95% ДИ 0,987–2,2,  $p = 0,029$ ). Следует тщательно проводить гликемический контроль в данной возрастной группе, поддерживать нормогликемию в периоперационный период и регулировать скорость введения глюкозосодержащих растворов. Некоторые авторы используют практику снижения дотации глюкозы вдвое от дозы углеводов, вводимой до операции, и оценивают данный метод как эффективный эмпирический подход к интраоперационному контролю уровня глюкозы у новорожденных высокого риска [24]. Исходя из полученных данных и на основании анализа литературы по данному вопросу, складывается впечатление о необходимости рутинного мониторинга данного показателя интраопе-

рационно каждые 30–60 мин (особенно при длительных и эндоскопических операциях), так как последствия гипогликемии могут быть очень тяжелыми и даже инвалидизирующими (ввиду пагубного воздействия гипогликемии на развивающийся мозг), и/или следует проводить дозирование интраоперационной глюкозы во время анестезии.

## Выводы

При дотации глюкозы интраоперационно у новорожденных детей снижается риск возникновения дисгликемии во время оперативного лечения. Внутривенное интраоперационное введение глюкозы в дозе 1,15 мг/кг/мин является безопасным и эффективным методом сохранения периоперационной эугликемии у 70 % новорожденных детей ( $p = 0,038$ ).

Без плановой дотации препаратов глюкозы во время оперативного вмешательства у 82,3 % новорожденных детей отмечались отклонения от нормальных значений глюкозы крови. У 74,5 % из них регистрировалась гипогликемия, что статистически значимо чаще, чем у детей во 2-й (40 %,  $p = 0,015$ ) и 3-й (15 %,  $p < 0,001$ ) группах.

Определены факторы риска возникновения гипогликемии: начальные этапы операции (интубация трахеи и разрез кожи) (ОШ = 2,4; 95% ДИ 1,64–3,51, ОР = 1,84; 95% ДИ 1,42–2,4,  $p = <0,001$ ) и отсутствие интраоперационной дотации глюкозы (ОШ = 6,03; 95 % ДИ 2,53–14,4, ОР = 2,28; 95% ДИ 1,48–3,52,  $p = <0,001$ ); дисгликемия (проведение эндоскопических операций) (ОШ = 3,1; 95 % ДИ 1,1–8,7, ОР = 1,48; 95 % ДИ 0,987–2,2,  $p = 0,029$ ) и отсутствие интраоперационной дотации глюкозы (ОШ = 3,63; 95 % ДИ 1,49–8,83, ОР = 1,52; 95% ДИ 1,13–2,04,  $p = 0,029$ ). Не выявлено зависимости потребности в глюкозе от гестационного возраста, постнатального возраста, массы, длительности операции и вида оперативного вмешательства.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare no competing interests.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

**Author contribution.** All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

**Этическое утверждение.** Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова № 192 от 27.01.2020. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (пересмотр 2013 года).

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of the Pirogov Russian National Research Medical University, reference number 192 dated January 27, 2020. The study was performed in accordance with the principles of the Helsinki Declaration (revised in 2013).

**Информация о финансировании.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Декларация о наличии данных.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить

у корреспондирующего автора по обоснованному запросу

**Data Availability Statement.** The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

#### ORCID авторов:

Нассер М.М. — 0000-0002-9080-7419

Жиркова Ю.В. — 0000-0001-7861-6778

Кучеров Ю.И. — 0000-0001-7189-373X

Межевикина В.М. — 0000-0001-5217-4641

## Литература/References

- [1] Mitchell N.A., Grimby C., Rosolowsky E.T., et al. Incidence and risk factors for hypoglycemia during fetal-to-neonatal transition in premature infants. *Front Pediatr.* 2020; 8: 34. DOI: 10.3389/fped.2020.00034
- [2] Morin N., Taylor S., Krahn D., et al. Strategies for intraoperative glucose management: a scoping review. *Can J Anaesth.* 2023; 70(2): 253–70. DOI: 10.1007/s12630-022-02359-1
- [3] Arumainathan R., Stendall C., Visram A. Management of fluids in neonatal surgery. *BJA Education.* 2018; 18(7): 199–203. DOI: 10.1016/j.bjae.2018.03.006
- [4] Hollyday M.A., Segar W.E. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics.* 1957; 19(5): 823–32. DOI: 10.1542/peds.19.5.823
- [5] Sumpelmann R., Becke K., Brenner S. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Paediatr Anaesth.* 2017; 27: 10–18. DOI: 10.1111/pan.13007
- [6] Narum H. Optimal perioperative blood glucose management and its effect on patient outcomes on patient outcomes. *Nursing Capstones*, 2020. Accessed 25 March 2024. Available at: <https://commons.und.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1309&context=nurs-capstones>
- [7] Иванов Д.О., Шабалов Н.П., Петренко Ю.В. Клинические рекомендации «Диагностика и лечение гипогликемии новорожденных». Российская ассоциация специалистов перинатальной медицины / под ред. Д.О. Иванова, Н.П. Шабалова, Ю.В. Петренко. – М. ; 2015. 58 с. [Ivanov D.O., Shabalov N.P., Petrenko Yu.V. Diagnosis and treatment of hypoglycemia of newborns: Russian Association of Perinatal Medicine Specialists. Clinical recommendations; 2015. 58 p (In Russ)]
- [8] Ritrosky Z. Prevalence of and risk factors for intraoperative non-euglycemia events in premature neonates > 2500 grams. Diss. University of Central Florida Orlando, Florida, 2010. 105 p.
- [9] Anand K.J., Hansen D.D., Hickey P.R. Hormonal-metabolic stress response in neonates undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology.* 1990; 73(4): 661–70. DOI: 10.1097/0000542-199010000-00012
- [10] Vanderhoek S.M., Prichett L., Hardeo H., et al. Association of dysglycemia with post-operative outcomes in pediatric surgery. *J Pediatr Surg.* 2023; 58(3): 365–72. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2022.09.019
- [11] Salaün J.P., Beaufils R., Chagnot A., et al. Evaluation of quality of care in neonatal anesthesia using a bundle of intraoperative parameters. *Paediatr Anaesth.* 2023; 33(10): 823–8. DOI: 10.1111/pan.14719
- [12] Wang J., Xu E., Xiao Y. Isotonic versus hypotonic maintenance IV fluids in hospitalized children: a meta-analysis. *Pediatrics.* 2014; 133(1): 105–13. DOI: 10.1542/peds.2013–2041.
- [13] Володин Н.Н. Неонатология: национальное руководство: краткое издание / под ред. Н.Н. Володина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. С. 364–9 [Volodin N.N. Neonatology: national guidelines: a short edition: GEOTAR-Media, 2019. P. 364–9 (In Russ)]
- [14] Heidi M., Karmen K. Neonatal anaesthesia. Update in Anaesthesia. 2015; 30(1): 123–32. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/283764111\\_Neonatal\\_anaesthesia](https://www.researchgate.net/publication/283764111_Neonatal_anaesthesia). Accessed March 24, 2024
- [15] Bailey A.G., McNaull P.P., Jooste E., et al. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? *AnesthAnalg.* 2010; 110(2): 375–90. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181b6b3b5
- [16] Тупицев Д.А., Горобец Е.С., Груздев В.Е. и др. Всегда ли необходимо продление искусственной вентиляции легких после перенесенной массивной кровопотери в плановой хирургии: аргументы и факты наблюдений одной клиники. *Вестник интенсивной терапии*, 2016; 4: 52–8 [Tupisev D.A., Gorobets E.S., Gruzdev V.E. et al. Is it always necessary to extend the artificial ventilation of the lungs after the massive blood loss in the planned surgery: the arguments and facts of the observations of one clinic. *Annals of Critical Care.* 2016; 4: 52–8. (In Russ)]

- [17] *Mierzweska-Schmidt M.* Intraoperative fluid management in children — a comparison of three fluid regimes. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2015; 47(2): 125–30. DOI: 10.5603/AIT.2015.0012
- [18] *Duggan E.W., Carlson K., Umpierrez G.E.* Perioperative Hyperglycemia Management: An Update. *Anesthesiology.* 2017; 126(3): 547–60. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001515
- [19] *Umpierrez G.E., Smiley D., Jacobs S., et al.* Randomized study of basal-bolus insulin therapy in the inpatient management of patients with type 2 diabetes undergoing general surgery (RABBIT 2 surgery). *Diabetes Care.* 2011; 34(2): 256–61. DOI: 10.2337/dc10-1407
- [20] *MacDonald D.B., Mackin M.J.* Intraoperative glucose management: when to monitor and who to treat? *Can J Anaesth.* 2023; 70(2): 177–82. DOI: 10.1007/s12630-022-02358-2
- [21] *Перепелица С.А., Молчанов И.В.* Влияние лактат-ацидоза на исходы заболевания недоношенных новорожденных в неонатальном периоде. *Общая реаниматология.* 2024; 20(5): 4–14. DOI: 10.15360/1813-9779-2024-5-4-14 [*Perepelitsa S.A., Molchanov I.V.* The Effect of Lactic Acidosis on Neonatal Outcomes in Premature Infants. *General Reanimatology.* 2024; 20(5): 4–14. DOI: 10.15360/1813-9779-2024-5-4-14 (In Russ)]
- [22] *Oh G.J., Sutherland S.M.* Perioperative fluid management and postoperative hyponatremia in children. *Pediatr Nephrol.* 2016; 31: 53–60. DOI: 10.1007/s00467-015-3081-y
- [23] *Somers M.J.* Maintenance intravenous fluid therapy in children. 2019. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/maintenance-intravenous-fluid-therapy-in-children>. Access date: 24.08.2024).
- [24] *Riegger L.Q., Leis A.M., Golmirzaie K.H., et al.* Risk factors for intraoperative hypoglycemia in children: a multicenter retrospective cohort study. *Anesth Analg.* 2021; 132(4): 1075–83. DOI: 10.1213/ANE.0000000000004979
- [25] *Kolesky S.E., Nyshadham S., Williams H.O., et al.* Intraoperative dextrose rate during exploratory laparotomies in neonates and the incidence of postoperative hyperglycemia: A retrospective observational study. *Paediatr Anaesth.* 2021; 31(2): 197–204. DOI: 10.1111/pan.14078.
- [26] *Sigurdsson T.S., Snaebjornsdottir S., Sigurdsson M.I.* Incidence of hypoglycaemia in fasting children after induction of anaesthesia for elective procedures: a descriptive observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2023; 40(12): 950–2. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001882
- [27] *Александрович Ю.С., Воронцова Н.Ю., Гребенников В.А. и др.* Рекомендации по проведению инфузионно-трансфузионной терапии у детей во время хирургических операций. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*, 2018; 15(2): 68–84. DOI: 10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84 [*Aleksandrovich Yu.S., Vorontsova N.Yu., Grebennikov V.A. et al.* Recommendations on infusion-transfusion therapy in children undergoing surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2018; 15 (2): 68–84. DOI: 10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84 (In Russ)]