

<https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-2-41-49>



Сравнительный анализ применения сбалансированного и физиологического растворов в интраоперационной инфузионной терапии у новорожденных

Нассер М.М.¹, Кучеров Ю.И.^{2,3}, Жиркова Ю.В.^{2,3}

¹ Саратовская областная детская клиническая больница; Вольская ул., д. 6, г. Саратов, Россия, 410028

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, Россия, 117997

³ Детская городская клиническая больница им. Г.Н. Сперанского; Шмитовский пр., д. 29, г. Москва, Россия, 123317

Резюме

Целью исследования стало сравнение показателей кислотно-основного состояния, электролитного состава крови и гемодинамики у новорожденных в зависимости от состава интраоперационной инфузионной терапии. Исследование проведено у 60 новорожденных, которым во время операции проводилась базовая инфузия 10 мл/кг/час в I группе (n=31) Стерофундином изотоническим и во II группе (n=29) – физиологическим раствором.

Результаты: после операции различий между группами pH крови не отмечено, зафиксированы метаболические нарушения умеренной степени. Во II группе выявлено снижение Ме бикарбонатов с 22,2 до 20,5 (p=0,047). В I группе чаще (29%), чем во II группе (20%) зафиксирован нормальный электролитный состав к концу

хирургического вмешательства. Во II группе по сравнению с I группой чаще у детей определялась гипокалиемия 34,5% и 22,6%, гипернатриемия – 44,8% и 25,8% и гиперхлоремия – 63% и 51,7%, соответственно. В I группе у 29% (n=9) детей и II группе у 17,2% (n=5) использовали болюсное введение жидкости для достижения целевого уровня артериального давления. Адреномиметики в I группе применялась у 42% и во II группе у 27,6% (p=0,038), суммарные дозы этих препаратов не различались. **Заключение.** Использование Стерофундина и физиологического раствора показало сходные характеристики эффективности и влияние на показатели кислотно-основного состояния, электролитного и гемодинамического статуса в интраоперационном периоде у новорожденных.

Ключевые слова: инфузионная терапия, новорожденные, хирургические операции, электролиты крови

Для цитирования: Нассер М.М., Кучеров Ю.И., Жиркова Ю.В. Сравнительный анализ применения сбалансированного и физиологического растворов в интраоперационной инфузионной терапии у новорожденных. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2019;9(2): 41–49. <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-2-41-49>

Для корреспонденции: Нассер Марианна Мохаммед Абдул Маджид; Вольская ул., д. 6, г. Саратов, Россия, 410028; тел.: 8(927)152-60-52, E-mail: mnasser@bk.ru

Получена: 03.03.2019. Принята к печати: 25.05.2019.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования не указан.

Comparative analysis of using balanced and normal saline solutions as an intraoperative therapy in newborns

Marianna M. Nasser¹, Yuri I. Kucherov^{2,3}, Yuliya V. Zhirkova^{2,3}

¹ Saratov Regional Children's Clinical Hospital; Volskaya 6, Saratov, Russia, 410028

² Pirogov Russian National Research Medical University; Ostrovityanov 1, Moscow, Russia, 117997

³ G. N. Speransky Children's Municipal Clinical Hospital; Shmitovskiy av. 29, Moscow, Russia, 123317

Abstract

The **purpose** of the study was to compare the values of acid base balance, electrolytic and hemodynamic parameters in newborns depending on the composition of intraoperative infusion therapy. The study was done in 60 newborns who were given Staerofundin ISO basic infusion (10 ml/kg/hour) in group I (n=31) and normal saline solution in group II (n=29) during a surgery. **Results:** following the surgery, no differences in pH values were observed between the groups, moderate metabolic disturbances were found. In Group II, levels of bicarbonates decreased from 22.2 to 20.5 (p=0.047). By the end of the surgery, normal electrolyte composition was found more frequently in group I (29%) as compared to group II (20%).

Key words: infusion therapy, newborns, surgeries, blood electrolytes

Гипопотасемия (34.5% and 22.6%), гиперпотасемия (44.8% and 25.8%) and hyperchloremia (63% and 51.7%) were found more frequently in group II as compared to group I, respectively. To achieve the target level of blood pressure, the bolus was injected to 29% (n=9) of children from group I and 17.2% (n=5) of children from group II. Adrenergic agonists were used in 42% of children from group I and 27.6% of children from group II (p=0,038). There were no differences between the cumulative doses. **Conclusion.** Sterofundin and normal saline solution demonstrated equivalent values of effectiveness and produced similar effect on the values of acid base balance, electrolytic and hemodynamic parameters during the intraoperative period in newborns.

For citation: Marianna M. Nasser, Yuri I. Kucherov, Yuliya V. Zhirkova. Comparative analysis of using balanced and normal saline solutions as an intraoperative therapy in newborns. *Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019; 9(2): 41–49. <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-2-41-49>

For correspondence: Marianna.M. Nasser; Russia, Volskaya 6, Saratov, Russia, 410028; phone: +7(927)152-60-52, E-mail: mnasser@bk.ru

Received: 03.03.2019. Adopted for publication: 25.05.2019.

Information on funding and conflict of interest

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article. Source of funding is not specified

Вопрос качественного и количественного состава растворов для инфузии во время оперативных вмешательств у новорожденных в настоящее время является наиболее спорной и малоизученной темой в педиатрической анестезиологии. Особенности физиологической адаптации к внутриутробной жизни, хирургические и соматические заболевания, стресс-ответ на операционную травму новорожденного определяют уникальные особенности водно-электролитного обмена в периоперационном периоде, требующие проведения тщательного мониторинга и индивидуально подхода к анестезиологическому обеспечению

таких пациентов. В ряде исследований было показано, что стабильность функции жизненно важных органов и основных констант гомеостаза у новорожденных в интраоперационном периоде, которые напрямую зависят от проводимой инфузионной терапии, зачастую определяют течение ближайшего послеоперационного периода и исход лечения в целом [1,2,3].

Цель исследования: сравнить динамику кислотно – основного состояния, электролитного состава крови и гемодинамический статус у новорожденных в зависимости от состава интраоперационной инфузионной терапии.

Таблица 1. Характеристика пациентов по группам*Characteristics of patients by groups*

Показатель	1 группа (n=31)	2 группа (n=29)	p
Масса, г	3100 (2570;3540)	3266 (2700;3600)	0,19
Гестационный возраст, недели	38 (35;39)	38 (37;39)	0,4
Возраст на момент операции, часы	48 (24;144)	60 (48;168)	0,33
ИВЛ до операции	14 детей	11 детей	0,22
Адреномиметики до операции	11 детей	8 детей	0,7

Материалы и методы. проспективное одно-центровое исследование проведено у 60 детей периода новорожденности. Из них 14 детей (23,3%) недоношенные с гестационным возрастом от 29 до 36 недель. Масса тела варьировала от 1310 г до 4500 г (Me 3118). Возраст на момент операций составил Me 48 (25;144) часов жизни.

Распределение по хирургическим заболеваниям: врожденные пороки развития ЖКТ – 23 ребенка, пороки легких – 11 детей, объемные образования различных локализаций – 8 детей, пороки развития мочевыделительной системы – 5 детей, пороки развития челюстно-лицевой области – 5 детей, пороки развития передней брюшной стенки – 4 ребенка, другие хирургические заболевания – 4 ребенка.

Интраоперационная инфузионная терапия проводилась в объеме 10 мл/кг/час. Дети путем случайной рандомизации были распределены на 2 группы: в I группе (n=31) использовали Стерофундин изотонический (B.BRAUN MELSUNGEN AG, Германия), во II группе (n=29) – физиологический раствор (ОАО НПК «Эском», Россия). По основным характеристикам группы не различались между собой (см. табл. 1).

Оценивали КОС и электролитный состав венозной крови у детей непосредственно до (1 этап) и сразу после операции (2 этап) на аппарате ABL800-Flex компании Radiometer Medical, (Дания). Показатели ЧСС и артериального давления (сАД, дАД и срАД) фиксировали каждые 10 минут в течение всего анестезиологического обеспечения, используя монитор витальных функций Draeger Infinity Delta XL. Оценивали потребность в инотропной периоперационной поддержке.

Анестезиологическое обеспечение: комбинированная эндотрахеальная анестезия (севофлуран,

фентанил, миорелаксант). У 11% (n=6) детей дополнительно проводили регионарную анестезию с введением ропивокаина в дозе 2 мг/кг.

Статическая обработка проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica-6. Данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики и выражали в виде медианы (Me), интерквартильного ранга (Q1; Q2). Оценку достоверности различий осуществляли с помощью непараметрических критериев. Для определения различий использовали критерий Вилкоксона, используемый для зависимых выборок, и критерий Манна-Уитни для независимых выборок. Различия считали статистически достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты

По характеру оперативных вмешательств, длительности анестезии и постнатальному возрасту группы не различались между собой. До оперативного вмешательства всем детям проводилась необходимая предоперационная подготовка, и показатели кислотно-основного состояния крови были в пределах средних значений.

В группе применения Стерофундина до операции рН крови составил 7,35 (7,30;7,40), в группе 0,9% натрия хлорида – 7,34 (7,32;7,38) ($p=0,68$). В обеих группах отмечался умеренный дефицит буферных оснований, несколько более выражены изменения были в группе II (Me -3,6 (-1,1;-5,7)), изменения между группами были статистически недостоверны, $p=0,11$. Значения бикарбонатов крови находились в пределах допустимых значений. До операции средний (Me) уровень калия, натрия и кальция и осмолярности крови в обеих группах оставался в пределах референтных значений (см. табл. 2).

Таблица 2. Динамика КОС и электролитного состава крови до и после оперативного вмешательства в I и II группах (критерий Wilcoxon, Mann-Whitney, $p \leq 0.05$)*Dynamics of CBS and electrolyte composition of blood before and after surgery in groups I and II (Wilcoxon, Mann-Whitney test, $p \leq 0.05$)*

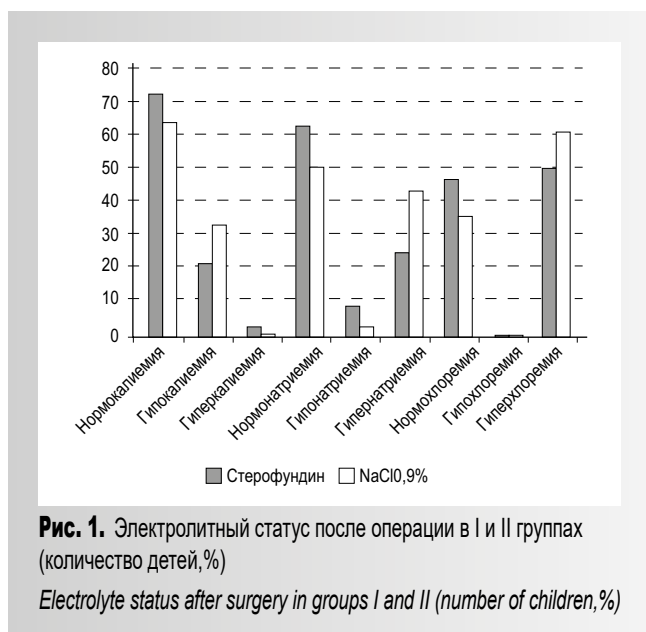
Показатели (Me, Q1; Q2)	До операции			После операции		
	Группа I (n=31)	Группа II (n=29)	p	Группа I (n=31)	Группа II (n=29)	p
pH	7,35 (7,32;7,39)	7,34 (7,32;7,38)	0,68	7,39 (7,30;7,45)	7,38 (7,32;7,43)	0,007
pCO ₂	40,5 (35,8;46,7)	42,1 (34,4;45,6)	0,35	34,6 (29,9;42,8)	33,2 (28,8;39,4)	0,04
BE (ммоль/л)	-1,5 (0,05;-5,1)	-3,6 (-1,1;-5,7)	0,11	-4 (-1,7;-5,8)	-5,1 (-2;-6,5)	0,29
Лактат (ммоль/л)	1,8 (1,4;2,2)	1,7 (1,5;2,5)	0,17	2,1 (1,5;3)	1,7 (1,3;2,2)	0,008
Уровень бикарбонатов (ммоль/л)	22,5 (20,5;23,7)	22,2 (19,8;23,2)	0,17	21,5 (19,3;23,3)	20,5 (19,5;22,1)	0,047
Калий (ммоль/л)	4 (3,4;4,3)	4,0 (3,5;4,6)	0,73	3,9 (3,5;4,4)	3,6 (3,2;4,2)	0,55
Натрий (ммоль/л)	142(138,5;145)	144(139;149)	0,21	143(138;146)	145(139;152)	0,007
Хлор (ммоль/л)	109(106;113)	112(110;116)	0,01	111(107;115)	113(111;117)	0,006
Кальций (ммоль/л)	1,32(1,2;1,4)	1,35(1,18–1,45)	0,63	1,3(1,22;1,47)	1,33(1,19;1,47)	0,19
Осмолярность (мосм/л)	289,9 (282,4–300,1)	291,4 (284,8;303,4)	0,17	291 (284;298)	295,2 (285,3;310,8)	0,006

Однако у 54% (17 детей) в первой группе и 51,7% (15 детей) во второй были умеренные отклонения от нормальных значений уровня электролитов крови. Отмечалось незначительное повышение концентрации хлора в крови, максимальное увеличение до 116 ммоль/л (норма у новорожденных 101–111 ммоль/л) [3] в группе применения физиологического раствора ($p=0,08$, сравнение I и II групп).

После оперативного вмешательства в обеих группах сохранялось компенсированное по pH состояние, в большей степени за счет умеренной гипервентиляции, Me pH находилась в пределах референтных значений в обеих группах и составила 7,39(7,30;7,45) и 7,38(7,32;7,43) соответственно. При этом на 2 этапе исследования в обеих группах выявлено нарастание метаболических нарушений в виде снижения количества буферных оснований и снижения BE. При изучении изменений КОС после операции в I группе выявлено статистически значимое снижение BE с $-1,5$ до $-4,0$ ($p=0,05$), а так-

же снижение бикарбонатов с 22,5 до 21,5 ($p=0,06$) по сравнению с дооперационным уровнем. Статистически достоверных различий в значениях лактата и электролитов венозной крови у детей в I группе до и после оперативного вмешательства не было. Во II группе к концу операции также отмечалось нарастание метаболического ацидоза с $-3,6$ до $-5,1$, $p = 0,14$; уровень лактата крови оставался в пределах допустимых значений и в динамике не вырос, $p=0,1$. Также как и в группе I показатели бикарбонатов крови после операции снизились с 22,2 до 20,5 ($p=0,17$). Достоверных различий в значениях электролитного состава и осмолярности венозной крови в группе применения физиологического раствора до и после оперативного вмешательства не отмечалось (таблица № 2).

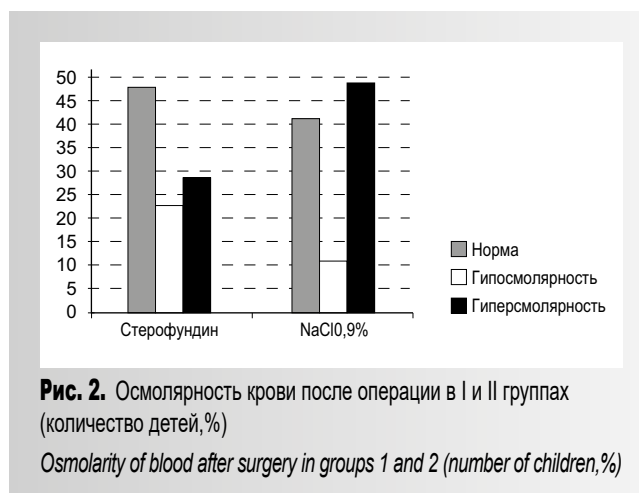
В группе применения Стерофундина дефицит буферных оснований после операции выражен в меньшей степени (Me $-4(-1,4;-5,4)$ ммоль/л), чем при применении физиологического раство-



ра $-5,1$ ($-1,3$; $-6,3$) ммоль/л ($p=0,29$). Однако, следует отметить, что в группе с применением физиологического раствора ДВЕ меньше (с $-3,6$ до $-5,1$), чем при использовании Стерофундина (с $-1,5$ до -4). Уровень бикарбонатов крови после операции в группе II был ниже, чем в группе I, $p=0,047$. После операции лактат в крови в обеих группах не превышал 3 ммоль/л, однако в группе применения Стерофундина его значения были выше, чем во II группе, $p=0,008$.

Сравнение послеоперационного электролитного статуса выявил значимые отличия между первой и второй группами. После операции в первой группе значения калия сохранились на нормальном уровне 3,9 (3,5;4,4) ммоль/л; во второй группе были ниже 3,6 (3,2;4,2) ммоль/л ($p=0,55$). Во группе II уровень натрия был достоверно выше (Me 145(139;152) ммоль/л), чем в группе I (Me 143 (138;146), $p=0,007$). Средний уровень кальция остался в пределах нормы и не различался между группами ($p=0,19$). Определено, что в группе применения физиологического раствора концентрация ионов хлора выше (113 ммоль/л), чем при использовании Стерофундина (111 ммоль/л), $p=0,006$. Значения осмолярности крови после операции ожидаемо выше в группе II до 295,2 мосм/л, чем в группе I (291 мосм/л), $p=0,006$ (см.табл. 2).

На рис. 1 и 2 указаны особенности электролитных нарушений после операции в каждой группе. В I группе у 29% ($n=9$) детей все электролиты кро-



ви были сбалансированы на 2 этапе исследования. Нормокальцемия встречалась у 74,2% ($n=23$), гипокальцемия ($<3,5$ ммоль/л) наблюдалась у 7 детей (22,6%), один случай гиперкальцемии (7,7 ммоль/л). Гипонатриемия (<135 ммоль/л) наблюдалась у 3 детей (9,6%), гипернатриемия (>145 ммоль/л) у 8 детей (25,8%), остальные дети (64,6%) имели нормальный натриевый баланс. У большинства детей (64,6%) в этой группе также сохранялась нормокальцемия, 5 детей имели гипер- и 6- гипокальцемию. Половина детей 48,3% в данной группе имели нормальную концентрацию хлора (96–111 ммоль/л), у остальных определялась гиперхлоремия, максимально до 119 ммоль/л. 22,6% детей имели гипоосмолярное, 29% гиперосмолярное состояние, у остальных детей 48,4% ($n=15$) осмолярность в пределах нормальных значений (см. рис. 1 и 2).

Во второй группе после применения раствора натрия хлорида 0,9% зафиксирован нормальный электролитный состав у 20% ($n=6$) детей. Гипокальцемия выявлена у 34,5% детей ($n=10$), остальные дети (65,5%) имели нормокальцемию. 51,8% новорожденных сохранили нормальный уровень натрия, один ребенок имел тяжелую гипонатриемию 119 ммоль/л, у 13 детей (44,8%) отмечалась гипернатриемия, максимально до 165 ммоль/л. У 37% нормохлоремия, у 63% гиперхлоремия. У 44,5% выявлена нормокальцемия, у 37% гипокальцемия, у 18,5% – гиперкальцемия. Осмолярность крови у 11 детей (40,7%) оставалась в пределах нормы, у 11,1% отмечалось гипоосмолярное, у 48,2% гиперосмолярное состояние (см. рис. 1 и 2).

Динамика показателей ЧСС и артериального давления представлена в Таблице 3.

Таблица 3. Динамика гемодинамических показателей во время оперативного вмешательства в I и II группах (критерий Mann-Whitney, $p \leq 0.05$)
Dynamics of hemodynamic parameters during surgery in groups 1 and 2 (Mann-Whitney test, $p \leq 0.05$)

этапы	До операции			Индукция			Разрез			Конец операции		
	Ме (Q1; Q2)	Группа 1	Группа 2	р	Группа 1	Группа 2	р	Группа 1	Группа 2	р	Группа 1	Группа 2
ЧСС уд/в мин	137 (125;147)	135 (121;146)	0,77	138 (128;146)	132 (125;141)	0,33	138 (126;147)	132 (119;140)	0,1	138 (121;153)	126 (115;137)	0,002
АД (сист.) мм.рт.ст.	61 (55;67)	59 (54;65)	0,88	58 (54;65)	58 (53;64)	0,7	58 (54;63)	60 (52;64)	0,99	57 (50;63)	57 (54;62)	0,71
АД (диаст.) мм.рт.ст.	32 (25;41)	32 (27;40)	0,86	31 (25;40)	31 (24;33)	0,06	32 (28;40)	30 (27;37)	0,37	32 (26;36)	31 (26;36)	0,71
АД (ср.) мм.рт.ст.	43 (39;50)	41 (38;51)	0,51	42 (37;49)	42 (37;47)	0,32	42 (39;50)	45 (38;48)	0,64	42 (36;47)	43 (39;46)	0,98

В обеих группах после индукции показатели артериального давления снижались на 10–19% и ЧСС на 3–5%. ЧСС в двух группах на этапе индукции, разреза и к концу операции не превышали границ нормальных значений. Однако к концу операции в группе II частота сердечных сокращений была статистически достоверно ниже, чем при применении Стерофундина, $p=0,002$.

По показаниям для поддержания гемодинамики использовали дополнительную нагрузку жидкостью и/или адреномиметики. В I группе болюсное введение жидкости в объеме 5 мл/кг (от одного до трех раз) до достижения целевого уровня артериального давления потребовалось у 29% ($n=9$) детей, при применении физиологического раствора у 17,2% ($n=5$) новорожденных ($p=0,038$). С учетом дополнительных болюсов объем интраоперационной инфузионной терапии в I группе составил 11,0 мл/кг/час и во II группе 10,8 мл/кг/час.

Адреномиметики (допамин и/или добутамин) до операции получали 11 детей в первой группе и 8 – во второй группе. Интраоперационно в группе применения Стерофундина кардиотоническая поддержка применялась у 42% ($n=13$) в максимальной (суммарной) дозе 10 мкг/кг/мин, одному ребенку потребовалось введение норадреналина. Во II группе у 27,6% ($n=8$) использовались адреномиметики интраоперационно, максимальная доза составила 10 мкг/кг/мин, так же одному ребенку потребовался норадреналин ($p=0,038$, сравнение I и II групп).

Различий по суммарной дозе симпатомиметиков в I и II группах (среднее значение: 7,13 мкг/кг/мин и 6,33 мкг/кг/мин) ($p=0,19$) не выявлено.

Обсуждение:

Периоперационная инфузионная терапия в настоящее время остается наиболее обсуждаемой темой в анестезиологии во всех возрастных группах. И, если для взрослых пациентов и детей достигнут определенный консенсус и основные принципы приняты, то для новорожденных все вопросы, касающиеся периоперационной инфузии находятся в стадии исследований и обсуждений. Основной целью периоперационной инфузионной терапии является поддержание адекватной работы сердечно-сосудистой системы, что включает нормализацию ОЦК, перфузионного давления, сердечного выброса, тканевой перфузии и доставки кислорода тканям, обеспечение электролитного баланса и кислотно-основного равновесия. Выбор вводимых растворов зависит от многих факторов, таких как тип операции, гестационного и постнатального возраста, физиологического созревания всех органов и систем, сопутствующей патологии и кровопотери [1].

В первую очередь сложность адекватного подбора инфузионной терапии по составу и количеству определяется особенностями водно-электролитного обмена у новорожденных, незрелости почечной и гормональной регуляции. Известно, что объем

циркулирующей крови у доношенных составляет 80 мл/кг, у недоношенных 100 мл/кг [3]. У доношенных новорожденных общая вода организма достигает 75%, при этом на внеклеточный сектор приходится 40%. Процент внеклеточной жидкости у недоношенных детей выше и зависит от степени незрелости. Дети с гестационным возрастом 23 недели на 90% состоят из воды, в 25–30 недель – 80–85%. После рождения жидкость перераспределяется, в результате становления моче-выделительной функции и появления перспирационных потерь [1].

Образование мочи определяется уровнем АДГ (антидиуретический гормон) и ПНУФ (предсердный натрийуретический фактор) в плазме [3]. В первые дни жизни у детей высокая концентрация АДГ определяет физиологическую олигурию. По мере улучшения легочной функции легочное сопротивление сосудов снижается, в результате увеличивается кровотоков в легких и левом предсердии. Этот процесс стимулирует выработку ПНУФ, усиление экскреции натрия и восстановление диуреза, что сопровождается уменьшением объема жидкости внеклеточного пространства [1,4].

Следующим фактором, влияющим на регуляцию водного обмена, является сниженная фильтрационная способность почек на фоне низкого САД (среднее артериальное давление) и высокого сосудистого сопротивления в почках. Важно учесть, что при увеличении САД снижается почечное сосудистое сопротивление и скорость клубочковой фильтрации (СКФ) увеличивается [1]. Физиология почечной функции детей с ЭНМТ отличается от доношенных новорожденных. Поскольку СКФ и эффективный почечный кровоток очень низкие (около 20 мл/кг/1,73 м²), недоношенные имеют ограниченную способность к выведению большого количества жидкости и могут быстро развивать гипергидратацию [1]. После рождения почечные каналцы незрелые, что обуславливает низкую способность к концентрации мочи из-за более коротких петель Генле и сниженной тоничности мозгового вещества. Ограниченная способность к концентрированию мочи у новорожденных имеется даже в условиях дегидратации. Поэтому рестриктивный режим введения жидкости в первую неделю жизни может ее усугубить [1].

У недоношенных детей неощутимые потери значительно повышены за счет большего отношения площади поверхности тела к массе, тахипноэ,

высокой проницаемости кожи и ее теплопроводности [1]. Так, у ребенка с массой тела менее 1000 г трансдермальные потери и потери через дыхательные пути составляют 100–150 мл/кг/сутки, у детей с массой тела более 2000 г – 50 мл/кг/сутки [3].

Новорожденные особенно восприимчивы к нарушению натриевого баланса, что делает необходимым контролировать объем и состав внутривенных растворов. Натрий активно реабсорбируется в дистальном отделе почечных канальцев с помощью Na⁺-K⁺-АТФазы, этот процесс регулируется ренин-ангиотензин-альдостероновой системой [4]. В неонатальном периоде почечная регуляция приспособлена к диете с относительно низким содержанием натрия (женское молоко 40 ммоль/л). Это связано с тем, что альдостерон медленно реагирует на нагрузку Na, следовательно, рекомендуется избегать назначения натрийсодержащих растворов до восстановления диуреза. После восстановления диуреза назначение Na является необходимым (особенно у недоношенных) для профилактики гипонатриемии, так как в данный период имеется частичная нечувствительность канальцев к альдостерону [1]. Тяжелые гипонатриемии у недоношенных детей коррелируют с плохим неврологическим исходом в дальнейшем [5]. Следует помнить, что при большой нагрузке натрием, снижение секреции АДГ может происходить медленно, что вызовет гипертнариемию с формированием отеков [1]. Доминирующим катионом внутриклеточного пространства является калий, но у новорожденных в течение первых 24–72 часов жизни происходит значительное увеличение уровня калия в крови, что обусловлено его транспортом из внутриклеточного во внеклеточное пространство и низкой экскрецией с мочой [3].

Традиционно, с середины прошлого столетия, у новорожденных во время операций для поддержания физиологической потребности использовались гипотонические растворы для предотвращения избыточного введения натрия. Однако использование таких растворов может приводить к гипонатриемии, которая опасна тяжелыми неврологическими последствиями [2,6]. Кроме того, новорожденные с хирургическими заболеваниями имеют более высокий риск гипонатриемии из-за целого ряда факторов, приводящих к повышению АДГ в крови: кровопотеря более 10% ОЦК, гипоксемия, ацидоз, гиперкапния, стресс, боль,

воспаление, ИВЛ [1,7]. Необходимо помнить, что у новорожденных с сепсисом и с дыхательной недостаточностью может развиваться синдром неадекватной секреции АДГ, что следует учитывать при выборе тактики инфузии. В связи с этим недавние исследования рекомендуют использовать у новорожденных солевые растворы с содержанием натрия близкой к плазме крови (более 120 ммоль/л) интраоперационно [1,5,6]. В нашей работе мы не применяли гипотоничные растворы, однако у 6,7% новорожденных к концу операции зафиксирована гипонатриемия: три ребенка при использовании Стерофундина имели гипонатриемию умеренной степени и один недоношенный ребенок при применении физиологического раствора развил гипонатриемию тяжелой степени. Nkilly G.E. и соавт (2014) сообщили о 11,9% частоте гипонатриемии после хирургических вмешательств в первый месяц жизни [8].

Для определения объема инфузии во время операций рекомендуется учитывать физиологическую потребность, текущие потери (включая кровопотерю) и имеющийся дефицит жидкости (например, в результате голодания). С другой стороны важным является интраоперационный мониторинг, однако точное определение гемодинамического статуса у новорожденных, особенно недоношенных, бывает затруднено [1,9]. Во время анестезии волемический статус новорожденного оценивают по уровню артериального давления, чаще всего гипотензия указывает на гиповолемию [10]. Помимо стандартного мониторинга траспищеводная ЭХОКГ рассматривается как один из наиболее перспективных методов оценки гемодинамики у новорожденных во время хирургических вмешательств. Периоперационная гиповolemия опасна развитием тканевой гипоксии вследствие вазоконстрикции периферических сосудов для поддержания кровотока в головном мозге и сердце. С другой стороны, все дети с хирургической патологией относятся к группе риска развития жизнеугрожающих состояний, таких, как отек легких и смерть при избыточном объеме жидкости [9].

В Европейском консенсусе по интраоперационной инфузионной терапии рекомендовано использование «сбалансированных» растворов с содержанием глюкозы 1%-2% и носителей резервной щелочности [11], оптимальная стартовая скорость введения 10 мл/кг/час [12]. Такой режим позволяет

избежать электролитного сдвига (гипонатриемии, гиперхлоремии), поддерживает оптимальный подбор анионов, что улучшает метаболизм и снижает потребление O_2 , нормализации кислотно-основного баланса. В нашем исследовании при применении Стерофундина у новорожденных к концу операции сохранялся баланс кислотно-основного состояния, электролитные нарушения зафиксированы реже, чем при применении физиологического раствора. Большую роль в водно-электролитном балансе играет тоничность растворов. Наиболее приближенным к плазме в настоящий момент является Стерофундин изотонический (осмолярность 304 ммоль/л) и рекомендован к применению у новорожденных и пациентов с кровопотерей.

На сегодняшний день на рынке представлено разнообразие полиионных и сбалансированных растворов с добавлением носителей резервной щелочности (лактат, малат, ацетат). Однако преимущества их использования перед физиологическим раствором у детей первых месяцев жизни не доказано. С другой стороны известно, что применение большого количества физиологического раствора ограничивается риском развития гиперхлоремического ацидоза, и нарушением клубочковой фильтрации, которое неблагоприятно сказывается на новорожденных [1].

Выводы

1. Использование Стерофундина и физиологического раствора показало сходные характеристики эффективности и влияние на показатели кислотно-основного состояния, электролитного и гемодинамического статуса в интраоперационном периоде у новорожденных.

2. При инфузии Стерофундина во время операций чаще (29%), чем при применении физиологического раствора (20%) зафиксирован нормальный электролитный состав крови к концу хирургического вмешательства, а электролитные нарушения при применении физиологического раствора включают гипокалиемию (34,5), гипернатриемию (48,2%) и гиперхлоремию (63%).

3. При применении Стерофундина во время операции потребность в дополнительных болюсах жидкости (29% и 17,2%, соответственно, $p=0,038$) и адреномиметиков (42% и 27,6%, соответственно, $p=0,038$) выше, чем при введении физиологического раствора.

Литература/ References

1. 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
2. Anand K.J., Hansen D.D., Hickey P.R. Hormonal-metabolic stress responses in neonates undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology*. 1990; 73(4): 661–70
3. Володин Н.Н. *Неонатология: национальное руководство: краткое издание*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2019, 896 с. Volodin N.N. Neonatology: national guide: summary. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. p. 896. (In Russ.)
4. Gormley M.D., Crean M.B. Basic principles of anaesthesia for neonates and infants. *British Journal of Anaesthesia*. 2005; 1(5): 130–3. DOI:10.1093/bjacepd/1.5.130
5. Sumpelmann R., Karin B., Brenner S., Breschan C. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Pediatric Anesthesia*. 2016; 27(1): 10–8. DOI:10.1111/pan.13007
6. Ting Xu., Jianmin Z. Perioperative fluid administration in children: is there consensus? *Pediatric Anesthesia*. 2017; 27: 4–6. DOI:10.1111/pan.1307
7. Lais H., Camacho N., Otavio Costa Auler J., A. Bloomstone J., Cannesson M. Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group. *Perioperative Medicine*. 2015; 18(4): 543–54. DOI:10.1186/s13741-015-0014-z
8. Nkilly G.E., Michelet D., Hilly J. Postoperative decrease in plasma sodium concentration after infusion of hypotonic intravenous solutions in neonatal surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 2014; 112(3): 540–5. DOI:10.1093/bja/aet374
9. Frances O'Brien, Isabeau A. Fluid homeostasis in the neonate. *Pediatric Anesthesia*. 2013; 24(1): 49–9. DOI: 10.1111/pan.12326
10. Baraton L., Ancel P.Y., Flamant C., Orsonneau J.L., Darmaun D., Rozé J.C. Impact of changes in serum sodium levels on 2-year neurologic outcomes for very preterm neonates. *Pediatrics*. 2009; (124):655–61. DOI: 10.1542/peds.2008-3415
11. Arieff A.I., Ayus J., Fraser C.L. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ*. 1992; (304): 1218–22. DOI:10.1136/bmj.304.6836.1218
12. Sumpelmann R., Karin B., Crean P., Jöhr M., Lönnqvist P.A., Strauss J.M., Veyckemans F. European consensus statement for intraoperative fluid therapy in children. *European Journal of Anaesthesiology*. 2011; 28(9): 637–9. DOI:10.1097/EJA.0b013e3283446bb8

Авторы/Authors

<p>НАССЕР Марианна Мохаммед Абдул Маджид Marianna M. Nasser</p>	<p>Врач анестезиолог-реаниматолог, «Саратовская областная детская клиническая больница»; Вольская ул., д. 6, г. Саратов, Россия, 410028; тел.: 8(927)152–60–52, E-mail: mnasser@bk.ru</p> <p><i>Doctor of the department of pediatric anesthesiology and intensive care of Saratov regional children's clinical hospital; Volskaya 6, Saratov, Russia, 410028; phone: +7(927)152–60–52, E-mail: mnasser@bk.ru</i></p>
<p>КУЧЕРОВ Юрий Иванович Yurii I. Kucherov</p>	<p>Доктор медицинских наук, профессор кафедры детской хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова, зав. отделением неотложной хирургии ГБУЗ «Детская городская клиническая больница им. Г.Н. Сперанского ДЗМ»; Шмитовский пр., д. 29, г. Москва, Россия, 123317; тел.: 8(985)774–41–46, E-mail: ykucherov@mail.ru</p> <p><i>Dr. Sci (Med), Professor of the department of pediatric surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), Moscow, Russia, branch manager of the department of emergency surgery of G.N. Speransky City Children's Hospital № 9; Shmitovskiy av. 29, Moscow, Russia, 123317; phone: +7(985)774–41–46, E-mail: ykucherov@mail.ru</i></p>
<p>ЖИРКОВА Юлия Викторовна Yuliya.V. Zhirkova</p>	<p>Доктор медицинских наук, профессор кафедры детской анестезиологии и интенсивной терапии РНИМУ им. Н.И. Пирогова, врач анестезиолог-реаниматолог отделения неотложной хирургии «Детская городская клиническая больница им. Г.Н. Сперанского ДЗМ»; Шмитовский пр., д. 29, г. Москва, Россия, 123317; тел.: 8(905)505–54–72, E-mail: zhirkova@mail.ru</p> <p><i>Dr. Sci (Med), Professor of the department of pediatric anesthesiology and intensive therapy Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), Moscow, Russia, doctor-anesthesiologist of the department of emergency surgery of G.N. Speransky City Children's Hospital № 9; Shmitovskiy av. 29, Moscow, Russia, 123317; phone: +7(905)505–54–72, E-mail: zhirkova@mail.ru</i></p>