

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 615.456.2.03:617-089/166-053.32

Кучеров Ю.И.¹, Жиркова Ю.В.¹, Нассер М.М.²

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ИНФУЗИОННАЯ ТЕРАПИЯ У НОВОРОЖДЁННЫХ ДЕТЕЙ

¹ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 117997, г. Москва;²ГУЗ «Саратовская областная детская клиническая больница», 410082, г. Саратов

Интраоперационная инфузия у новорождённых и недоношенных детей является очень важной составляющей анестезиологического обеспечения, влияющей на ход хирургического пособия и отдаленные результаты лечения. В статье приводится обзор литературы, посвященный современным представлениям и нерешенным вопросам проведения инфузионной терапии у новорождённых во время хирургических вмешательств. Целью инфузионной терапии у таких детей является поддержание нормоволемии, адекватной доставки кислорода к тканям, нормализация кислотно-основного состояния, электролитного баланса и нормогликемии. В большинстве случаев поддержание гемодинамики у новорождённых и недоношенных детей требует применения больших объемов кристаллоидных препаратов, которые в свою очередь ввиду своих физических и химических свойств приводят к дополнительным перестройкам в нейрогуморальном статусе ребёнка. Поэтому на современном этапе анестезиологии всё больше работ посвящается опыту применения сбалансированных растворов, содержащих носители резервной щёлочности, и оценивается влияние таких растворов на электролитный баланс и кислотно-основное состояние. Отдельный вопрос касается интраоперационной потребности новорождённых детей в глюкозе, дозирования глюкозы при анестезии, а также процентного содержания глюкозы в применяемых растворах.

Ключевые слова: новорождённые; инфузионная терапия; анестезия.

Для цитирования: Кучеров Ю.И., Жиркова Ю.В., Нассер М.М. Интраоперационная инфузионная терапия у новорожденных детей. *Детская хирургия*. 2018; 22(3): 130-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2018-22-3-130-134>

Для корреспонденции: Кучеров Юрий Иванович, доктор мед. наук, профессор кафедры детской хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова. 117997, Москва. E-mail: ykuchеров@mail.ru

Kuchеров Yu.I.¹, Zhirkova Yu.V.¹, Nasser M.M.²

INTRAOPERATIVE INFUSION THERAPY IN NEWBORNS

¹N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation;²Saratov Regional Children's Clinical Hospital, Saratov, 410028; Russian Federation;

Intraoperative infusion in newborns and premature infants is a very important part of anesthesia, which affects the course and long-term results of the surgical treatment. The purpose of the infusion therapy in these children is to maintain normovolemia, adequate oxygen supply to tissues, normalization of the acid-base state, electrolyte balance and normoglycemia. In most cases, the maintenance of hemodynamics in newborns and premature infants requires the use of large amounts of crystalloid preparations, which in turn, due to their physical and chemical properties, lead to additional changes in the neurohumoral status of the child. Therefore, at the present stage of anesthesiology more and more works are devoted to the experience of using balanced solutions containing carriers of reserve alkalinity. The influence of such solutions on the electrolyte balance and acid-base state is evaluated. A separate issue is concerned with the intraoperative need for glucose in newborn infants, the dosing of glucose in anesthesia, and the percentage of glucose in the solutions used. Correction of all pathophysiological disorders inevitably occurring in the immature body of a newborn, especially a premature baby, is the most important factor for achieving the optimal therapeutic effect.

Key words: intraoperative infusion in newborns; anesthesia; saline solutions; glucose.

For citation: Kuchеров Yu.I., Zhirkova Yu.V., Nasser M.M. Intraoperative infusion therapy in newborns. *Detskaya Khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)* 2018; 22(3): 130-134. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2018-22-3-130-134>

For correspondence: Yuri I. Kuchеров, MD, PhD, DSci., professor of the Department of Pediatric Surgery of the N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: ykuchеров@mail.ru

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment: The study had no sponsorship.

Received: 27 November 2017

Accepted: 22 January 2018

Ведущее место в структуре патологии новорождённых занимают врождённые пороки, которые являются одной из основных причин летальности в этом возрастном периоде. В связи с этим с каждым годом растёт число оперативных вмешательств у новорождённых детей [1]. Вместе с тем успех оперативного лечения во многом зависит не только от качественного хирургического пособия, но и от оптимального анестезиологического обеспечения, включая адекватное обезболивание на всех этапах и интраоперационную инфузионную терапию.

Особенности водно-электролитного обмена у новорождённых

Жидкость в организме новорождённого ребёнка, как и у взрослого человека, распределена во внутриклеточном (интрацеллюлярном) и внеклеточном (экстрацеллюлярном) пространстве. Внутриклеточное пространство у новорождённого содержит практически 2/3 жидкости с высоким содержанием белка, а калий и фосфат – главные катионы и анионы данного сектора. Чтобы клетка

нормально функционировала, состав цитоплазмы и интерстициальной жидкости должен удерживаться в узких границах нормального гомеостаза. Для этого при необходимости происходит обмен воды и растворённых веществ между клеткой и интерстицием. Клеточная мембрана свободно пропускает только воду и вещества, растворимые в жирах. Все остальные вещества проходят через клеточную мембрану по специальным управляемым каналам или в результате активного транспорта, выполняемого белками-переносчиками [2]. Трансмембранные ионные каналы и электрохимические градиенты поддерживают распределение ионов и движение воды через водопроницаемые клеточные мембраны, сохраняя осмотическое равновесие.

Примерно 1/3 общей воды у новорождённого содержится внеклеточно. Внеклеточная жидкость подразделяется на два основных сектора: внутрисосудистую (плазма) и интерстициальную среду. Внутритрубно плод находится в жидкой окружающей среде, и его водный баланс определяется плацентарным потоком крови, а в более поздние сроки – абсорбцией амниотической жидкости через желудочно-кишечный тракт. Недоношенные дети имеют больший объём экстрацеллюлярной жидкости (ЭЦЖ) в сравнении с доношенными новорождёнными и более старшими детьми. Также следует отметить, что в раннем фетальном периоде 90% массы тела плода составляет вода. Так, у недоношенных детей ЭЦЖ составляет 60%, у новорождённых – 40%, у младенцев – 30%, у взрослых – 0% от массы тела. Отмечается разное соотношение общей воды тела и внеклеточной жидкости в зависимости от гестационного возраста и массы тела при рождении. При гестационном возрасте 23–27 нед и экстремально низкой массой тела на долю воды приходится до 90% массы, при этом 60–70% находится во внеклеточном пространстве. У детей, родившихся на 28–32-й неделе гестации с очень низкой массой тела (1000–2000 г), общая вода тела составляет 85%, до 60% которой находится во внеклеточном пространстве. У доношенных детей 36–40 нед гестации ЭЦЖ составляет 40% от общей воды тела. Однако состав и функция ЭЦЖ схожи во всех возрастных группах [3]. Во внеклеточном пространстве главным катионом является натрий, а главным анионом – ионы хлора. У недоношенных детей снижена способность к реабсорбции натрия, что приводит к отрицательному балансу натрия и гипонатриемии. Таким образом, необходимо тщательно подбирать состав инфузионной терапии, чтобы избежать гипо- и гипернатриемии.

Главным депо воды, ионов и буферной ёмкости у новорождённых служит интерстициальное пространство. Всё, что получает клетка, приходит из интерстициального пространства. Всё, что отдаёт клетка, уходит в интерстициальное пространство. Для восстановления нормального состава интерстициальной жидкости и концентрации веществ, нарушенных в ходе жизнедеятельности клеток, происходит постоянный обмен интерстициальной жидкости с плазмой крови [2].

Перемещение жидкости, ионов и белков между внутрисосудистым и промежуточным компонентами жидкостной среды организма ребёнка зависит от состояния капиллярного эндотелия и капиллярного эндотелиального гликокаликса, которые вместе формируют эндотелиальный гликокаликсный слой (ЭГС). ЭГС состоит из гликопротеинов и протеогликанов, содержащих глюкозаминогликаны и альбумин. Таким образом, для адекватного функционирования капиллярной мембраны требуется нормальный уровень плазменного альбумина. Сосуди-

стый барьер ЭГС полупроницаем для альбумина, но непроницаем для больших молекул белка (более 70 кДа) в плазме. В норме натрий и ионы хлора из плазмы свободно проходят в интерстициальное пространство через ионные каналы в капиллярном эндотелии. Поэтому раствор, который существенно отличается от состава внеклеточной жидкости, непригоден в условиях включения нейроэндокринной стресс-реакции у детей и новорождённых [4]. ЭГС развивается на ранних сроках гестации, но есть некоторые различия между ЭГС у новорождённого и взрослого человека. Эти различия способствуют потере альбумина в интерстициальное пространство. Также при проведении оперативного вмешательства у новорождённых в септическом состоянии целостность ЭГС нарушается, повышая потерю альбумина и других коллоидов в интерстициальное пространство. Это может усугубить нарушение функции лёгких и заживление ран [5].

Под действием оперативного вмешательства и быстрой инфузии внутривенных жидкостей, в результате ишемии, гипоксии, влияния провоспалительных цитокинов и острой гипергликемии ЭГС может быть повреждён, что ведёт к увеличению сосудистой проницаемости и отёку вследствие увеличенной потери белка плазмы крови, включая альбумин, в интерстициальное пространство. Установлено, что трансапикалярная утечка альбумина может быть значительно увеличена при шоке [6]. Также при избыточном поступлении жидкости в интерстициальное пространство часть межклеточной жидкости оказывается не связанной с протеогликановой сетью, приводя к образованию избыточной свободной жидкости (в норме не более 1%) [2].

Некоторые работы свидетельствуют о наличии защитных свойств ряда лекарственных препаратов (севофлюран, гидрокортизон и антитромбин III) для ЭГС, что может использоваться на практике и принести терапевтическую пользу [6].

Эндокринная регуляция водно-электролитного обмена у новорождённого ребёнка осуществляется ренин-ангиотензин-альдостероновой системой (РААС), предсердным натрийуретическим пептидом (ПНУП) и антидиуретическим гормоном (АДГ). Ренальные потери жидкости определяются уровнем АДГ и ПНУП в плазме. В 1-е сутки жизни уровень АДГ высокий, а ренальные потери низкие. По мере восстановления лёгочной функции и снижения сопротивления лёгочных сосудов наполнение левого предсердия возрастает, и повышается уровень ПНУП, что приводит к восстановлению диуреза. Начиная с 3-х суток жизни возникает полиурия, что объясняет физиологическую потерю массы тела на 1-й неделе жизни, которая в норме составляет 10–13%. У новорождённых и недоношенных детей помимо физиологических перестроек, указанных выше, концентрация АДГ в плазме повышается при патологических состояниях, например при снижении внутрисосудистого объёма более чем на 10%, в результате чего падает темп диуреза [7].

Скорость и объём интраоперационной инфузионной терапии

Основными целями инфузионной терапии во время операции являются адекватное возмещение существующего дефицита жидкости в организме, обеспечение физиологической потребности в восполнении текущих видимых и неощутимых потерь (перспирации) у новорождённого (особенно недоношенного) ребёнка, чтобы избежать резкого падения артериального давления и ишемии во время анестезии. Объём циркулирующей крови у доношенных

составляет 80–85 мл/кг (90–95 мл/кг у недоношенных). Для правильной оценки назначаемого объема инфузии у новорожденных следует учитывать физиологическую потребность в жидкости: 1-й день жизни – 2 мл/кг/ч, 2-й день – 3 мл/кг/ч, 3-й день – 12 мес – 4 мл/кг/ч (формула Веггу, 1986). Восполнение текущих потерь зависит от характера хирургического вмешательства: при абдоминальных операциях 6–10 мл/кг/ч, при торакальных операциях 4–7 мл/кг/ч, при поверхностных операциях, нейрохирургии 1–2 мл/кг/ч. В случае необходимости (массивная кровопотеря, длительные открытые абдоминальные операции и т. д.) может потребоваться инфузия до 30 мл/кг/ч. Перспирационные потери у недоношенных детей ввиду большой площади поверхности тела и тонкой кожи могут достигать 200 мл/сут, или около 8 мл/кг/ч. У детей с гемодинамической нестабильностью восстановить циркуляцию можно применением внутривенных болюсов сбалансированных растворов в объеме 10–20 мл/кг, но не более 3 раз [8].

Незрелость функций почек у новорожденных, а именно неспособность к концентрации мочи, определяет отсутствие компенсаторной задержки жидкости даже в условиях дегидратации. Поэтому режим ограничения введения жидкости во время операции в 1-ю неделю жизни может усилить почечные расстройства [8].

Вместе с тем все дети с хирургической патологией относятся к группе риска развития жизнеугрожающих состояний, таких как отек легких и смерть при избыточном введении жидкости [7]. Установлено, что у детей с гастрошизисом на каждые дополнительно введенные 17 мл/кг в сутки периперационно длительность вентиляции легких после операции увеличивается на 1 день [9]. Таким образом, либеральный режим инфузионной терапии приводит к нарушению сердечно-легочной, гастроинтестинальной, почечной функций, увеличению количества послеоперационных осложнений и длительности реабилитации [6].

Важным фактором, определяющим темп и состав интраоперационной инфузии, является мониторинг жизненно важных функций. Однако для новорожденных детей оптимальный объем интраоперационного мониторинга до настоящего времени остается предметом дискуссии [6].

Качественный состав инфузионных сред

M. Holiday и W. Seger [10] рекомендовали известное «правило 4-2-1» для расчета инфузионной терапии у детей, которое почти немедленно было принято как международный стандарт. В основу рекомендаций по составу внутривенной жидкости был положен состав нормального грудного молока, в котором содержание натрия находится в диапазоне 10–40 ммоль/л. Таким образом, в качестве стандарта было принято введение растворов глюкозы с низким содержанием натрия. Рутинным стало применение 0,4% раствора натрия и 0,18% глюкозы («четыре и одна пятая»), которое практиковалось в Британии. Однако накопленный опыт использования таких растворов показал высокую частоту развития гипонатриемии в послеоперационном периоде у детей: по некоторым данным, она достигает 30%. Введение гипотоничных растворов признается одним из основных факторов, в результате которого возникает гипонатриемия.

Другим фактором, способствующим развитию периперационной гипонатриемии, является повышение уровня АДГ. При изучении нейрогуморального ответа на хирургический стресс, в том числе при введении опиоидных анальгетиков, было выявлено повышение выработки АДГ, что приводило к задержке свободной воды в орга-

низме и гипонатриемии разведения [11]. Гипонатриемия повреждает нервные структуры у детей, особенно у недоношенных новорожденных [12]. Гипонатриемия способствует притоку воды в мозг, сначала вызывая глиальный отек, первоначально сохраняя нейронный объем клетки, но в конечном счете приводит к отеку мозгового вещества, вклинению ствола мозга и смерти. Новорожденные подвергаются повышенному риску невралжных осложнений, связанных с гипонатриемической энцефалопатией из-за больших размеров головного мозга по отношению к черепной коробке, и сниженной выработки ПНУП по сравнению со взрослыми [13, 14].

Исследования показали, что у новорожденных и детей до 6 мес концентрация натрия коррелирует с количеством свободной воды в организме, назначаемой как во время операции, так и в раннем послеоперационном периоде [11]. Так, увеличение свободной воды в организме на 6,5 мл приводит к снижению уровня плазменного натрия на 4 ммоль/л. Поэтому введение гипотонических растворов в неонатальной практике должно быть подвергнуто сомнению [3].

Обычный физиологический раствор эффективен при гиповолемии, однако применение больших его объемов может повысить осмолярность плазмы, вызвать гиперхлоремический ацидоз и нарушить клубочковую фильтрацию, что особенно неблагоприятно для новорожденных [12, 15]. В случае инфузии небольших объемов эти изменения, как правило, компенсируются у детей [16]. Сбалансированные изотонические растворы более сходны по электролитному составу с внеклеточной жидкостью, а также оказывают меньшее нежелательное влияние на осмолярность и кислотно-основное состояние. В случае уже существующих водно-электролитных нарушений сбалансированные растворы эффективнее компенсируют электролитный состав. Эти свойства обеспечивают дополнительную безопасность в случае инфузии больших объемов [17–19]. Большинство исследователей рекомендуют использовать изотонические растворы для инфузии в периперационном периоде у новорожденных, что более физиологично, снижает риск гипонатриемии, энцефалопатии, отека мозга и дыхательной недостаточности [20–26].

В многоцентровом исследовании [27] показано эффективное использование изотонического солевого раствора с 1% глюкозой у 66 новорожденных со скоростью 10 мл/кг/ч с коррекцией по уровню глюкозы, среди которых в послеоперационном периоде не зафиксировано ни одного случая гипер- или гипонатриемии.

На сегодняшний день имеются разнообразные полиионные и сбалансированные растворы с добавлением носителей резервной щелочности (лактат, малат, ацетат). Европейским консенсусом по интраоперационной инфузионной терапии рекомендовано использование сбалансированных растворов, изготовленных на основе 1–2% глюкозы и содержащих носители резервной щелочности. Такой режим позволяет избежать электролитного сдвига (гипонатриемии, гиперхлоремии), поддерживает оптимальный подбор анионов, что улучшает метаболизм и снижает потребление кислорода, а также способствует нормализации кислотно-основного баланса [27]. Большую роль в водно-электролитном балансе играет тоничность растворов.

В случае монотерапии кристаллоидами при рефрактерной интраоперационной гиповолемии часто происходит интерстициальная гипергидратация с гемодилюцией, что может привести к уменьшению доставки кислорода

в ткани и задержке послеоперационного восстановления. В такой ситуации часто во время крупных операций используются коллоидные препараты в качестве следующего шага для стабилизации волемического статуса [28]. Искусственные коллоиды по сравнению с изотоническими сбалансированными солевыми растворами более эффективны для поддержания внутрисосудистого объема. Однако их применение связано с повышенным риском побочных реакций, например аллергии, нарушения гемостаза и функции почек. У новорожденных при нестабильном кровообращении коллоиды могут быть использованы интраоперационно, например альбумин, желатиноль, гидроксизтилкрахмал (ГЭК 130) в небольших дозах 5–10 мл/кг и при крайней необходимости [5].

Результаты многоцентрового исследования использования желатиноля и свежзамороженной плазмы у новорожденных показали отсутствие различий в заболеваемости и смертности по сравнению с контрольной группой (с применением солевых растворов) [29]. Желатиноль и ГЭК 130 могут привести к нарушению коагуляции в зависимости от дозы. При соблюдении дозирования 10–20 мл/кг отрицательные воздействия будут минимальны [30–32].

Исследований, посвященных использованию коллоидных препаратов интраоперационно у новорожденных, практически нет. При проведении интенсивной терапии обнаружено, что коллоидные препараты у недоношенных детей с низкой массой тела ухудшают дыхательные функции и снижают доставку кислорода к тканям [26]. Физиологический раствор в сравнении с 5% альбумином одинаково эффективен в терапии гипотензии у недоношенных, но альбумин ассоциируется с большей ретенцией жидкости в следующие 48 ч. Ближайшие исходы хуже в группах с болюсом жидкости в сравнении с группой без болюса [27]. 81–90% анестезиологов предпочитают использовать альбумин для коррекции периоперационных потерь [33].

Применение глюкозосодержащих растворов интраоперационно

Следующим важным фактором у новорожденных детей является поддержание эугликемического состояния на всех этапах лечения. Внутритрубно глюкоза поступает к плоду со скоростью 4–5 мг/кг/мин [34]. После рождения этот источник глюкозы прекращает существование, и ребенок полностью зависит от интенсивности собственного глюконеогенеза и поступления глюкозы извне (пища, парентеральное питание). Такие факторы, как предоперационное голодание, ограничение запасов гликогена, неадекватный инсулиновый ответ и высокие энергетические затраты во время операции, приводят к тяжелой гипогликемии. При проведении интенсивной терапии у новорожденных минимальная внутривенная дотация углеводов должна составлять 4–6 мг/кг/мин [35]. Однако данные, касающиеся интраоперационной потребности в глюкозе, неоднозначны.

В имеющихся источниках литературы данные о концентрации глюкозы крови у новорожденных в зависимости от гестационного и постнатального возраста различаются. На сегодняшний день принято считать гипогликемией уровень глюкозы крови менее 45–50 мг/дл (2,5–2,7 ммоль/л) в первые 24 ч жизни и менее 50–60 мг/дл (2,7–3,3 ммоль/л) в последующие дни. Уровень сахара более 140–150 мг/дл (7,7–8,2 ммоль/л) в крови определяют как гипергликемию [36].

Установлено, что гормональный стрессовый ответ у новорожденных детей в 3–5 раз выше, чем у взрослых, при схожей хирургической травме [31]. Операционный

стресс, метаболические эффекты анестетиков и анальгетических средств в сочетании с незрелостью гормонального ответа изменяют гликемическую реакцию у больного ребенка. Показано, что частые эпизоды гипо- или гипергликемии у новорожденных детей с хирургическими заболеваниями неблагоприятно влияют на послеоперационные исходы [37].

Гипергликемия повышает риск внутрижелудочковых кровоизлияний, осмотического диуреза, усугубляя дегидратацию; нарушает выработку коллагена, снижая репаративные процессы; способствует гипофосфатемии, угнетению хемотаксиса гранулоцитов и снижению пула нейтрофилов на фоне гликогенирования эндотелия, что усугубляет течение инфекционных заболеваний (некротический энтероколит, сепсис) [38]. В исследовании R. Ives и соавт. [39] было установлено, что гипергликемия во время кардиохирургических операций у детей коррелировала с высокой заболеваемостью в послеоперационном периоде. Гипергликемия может быть также вредна для развивающегося мозга новорожденного из-за накопления лактата, снижения внутриклеточного pH и впоследствии ставит под угрозу клеточную функцию в контексте глобальной или центральной мозговой ишемии [36]. Чаше гипергликемия развивается при обширных и травматичных абдоминальных операциях на фоне применения 5,5% растворов глюкозы [11]. При этом для снижения уровня сахара крови у новорожденных детей инсулин не применяют, так как при обычном темпе введения глюкозы (от 0,5–0,75 г/кг/ч до 8 мг/кг/мин) утилизация происходит инсулиннезависимо, а дотация инсулина несёт угрозу гипогликемии с возможным летальным исходом [40, 41].

С другой стороны, новорожденные также подвергаются повышенному риску периоперационной гипогликемии и липолиза из-за более высокой скорости метаболизма по сравнению со взрослыми пациентами. Гипогликемия в неонатальном периоде приводит к нарушению кровотока и метаболизма в центральной нервной системе, что негативно отражается на нейрокognитивном развитии ребенка [42].

В течение полувека многие рекомендации были основаны на использовании 5% глюкозы в сочетании с гипотоническим солевым раствором во время хирургических вмешательств у новорожденных. Однако в настоящее время многими исследованиями доказано, что такая практика приводит к тяжелой гипонатриемии и гипергликемии, что вызывает серьезное повреждение головного мозга и приводит к смерти [29, 36, 39, 40]. Показано, что назначение во время операции 5% растворов глюкозы у новорожденных часто приводит к гипергликемии из-за стрессиндуцированной инсулинорезистентности [38]. Однако у недоношенных детей, новорожденных на фоне сепсиса, больных, находящихся на полном парентеральном питании, а также пациентов, имеющих диабетическую фетопатию, ввиду высокой потребности в углеводах допускается использование 2,5–5% глюкозы интраоперационно [8].

Применение инфузионных растворов без глюкозы у новорожденных во время анестезии увеличивает риск гипогликемии и липолиза с продукцией кетоновых тел и жирных кислот. Гипогликемия в этой возрастной группе может развиваться даже во время кратковременных и минимально-инвазивных процедур [29]. Гипогликемия у новорожденных, особенно недоношенных детей, провоцирует судороги и отставание в психомоторном развитии [36, 38].

В одном из последних исследований P. Datta и D. Pawar [43] сравниваются эффекты при использовании 1, 2 и 10% растворов глюкозы в сочетании с раствором Рингера.

В результате все 3 раствора при введении со скоростью 10 мл/кг/ч эффективно поддерживали гомеостаз глюкозы, однако при применении 1% раствора глюкозы происходило снижение уровня инсулина, что приводило к повышению частоты рикошетной гипергликемии, снижению уровня буферных оснований и ацидозу в послеоперационном периоде. Большинство авторов все же рекомендуют использовать 1–2,5% растворы глюкозы в составе изотонических солевых растворов для поддержания нормального уровня сахара во время операций у новорожденных [7, 9]. Если применения 1% раствора глюкозы недостаточно для поддержания эугликемии, рекомендуется провести коррекцию гипогликемии болюсным введением раствора глюкозы 100–200 мг/кг и/или увеличить дозу вводимой глюкозы. Для этого добавляют 40% раствор глюкозы в основной солевой раствор (добавление 6 мл на 250 мл увеличивает концентрацию глюкозы на 1%). Однако инфузия такого раствора должна проводиться с использованием инфузомата, так как существует угроза развития гипергликемической гипертонической комы [44].

Важным фактором обеспечения интраоперационного эугликемического состояния является мониторинг уровня глюкозы во время операции. Некоторые авторы предпочитают проводить мониторинг гликемического профиля интраоперационно, применяя глюкозосодержащие растворы только при возникновении гипогликемии.

Выводы

1. Новорожденные и недоношенные дети с хирургическими заболеваниями являются особой категорией пациентов с высоким операционно-анестезиологическим риском ввиду физиологических особенностей и морфофункциональной незрелости.

2. Не рекомендуется использовать во время операций гипотонические растворы, чтобы избежать гипонатриемии в послеоперационном периоде.

3. Новорожденным детям, особенно недоношенным, рекомендуется интраоперационно вводить сбалансированные солевые растворы, содержащие 1–2,5% глюкозы под контролем уровня глюкозы крови.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА (пп. 3–38, 41–44 см. в REFERENCES)

- Киреев С.С., Матвиенкова Л.В. Предоперационный период у новорожденных. *Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал)* 2013; 1: 1.
- Савин И.А., Горячев А.С. Водно-электролитные нарушения в нейроанестезии. М.: 2016; 34–54.
- Шабалов Н.П. *Неонатология*. Том 1. Изд. «МЕДпресс-информ»; М.: 2004.
- Дюк Дж. *Секреты анестезии*. Пер. с англ. М.: МЕДпресс-информ; 2005.
- Парк Г., Рой П. *Инфузионная терапия*. Пер. с англ. М.: БИНОМ-Пресс; 2005.

REFERENCES

- Kireev S.S., Matvienkova L.V. Preoperative period in newborns. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij (elektronnyj zhurnal)*. 2013;1: (in Russian)
- Savin I.A., Goryachev A.S. Water and electrolytic violations in neuroresuscitation [Vodno-elektrolitnye narusheniya v nejroreanimacii]. Moscow: 2016; (in Russian)
- Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Paediatr Anaesth*. 2017; 1: 10–8.
- Fock G. Fluid therapy in appendicitis with peritonitis in children. *Nord Med*. 1964;71:237–40.
- Visram A.R. Intraoperative fluid therapy in neonates. *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia*. 2017; 22(2): 46–51.
- Brien F. O., Walker I.A. Fluid homeostasis in the neonate. *Pediatric Anaesthesia*. 2016; 17(31):
- Hartnoll G. Basic principles and practical steps in the management of fluid balance in the newborn. *Semin Neonatol*. 2003;8(4): 307–13.
- Fluid management in neonates and infants (электронный ресурс): <http://gmch.gov.in/estudy/e%20lectures/Anaesthesia/Fluid%20management%20in%20neonates%20and%20infants.pdf>. 30–5

- Navarro L.H.C., Bloomstone J.A. Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group. *Perioperative Medicine*. 2015;4: 3.
- Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957; 19: 823–32.
- Lonnqvist PA III. III. Fluid management in association with neonatal surgery: even tiny guys need their salt. *Br. J. Anaesth*. 2014; 112(3): 404–6.
- Arieff AI, Ayus J, Fraser C. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ*. 1992;304: 1218–22.
- Edward F. Bell, MD and Michael J. Acarregui, MD. Fluid and Electrolyte Management in the Newborn. (<https://uichildrens.org/health-library/fluid-and-electrolyte-management-newborn>)
- G. Edjo Nkilly I, D. Michelet I, J. Hilly. Postoperative decrease in plasma sodium concentration after infusion of hypotonic intravenous solutions in neonatal surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 2014; 112 (3): 540–5.
- Sumpelmann R, Schurholz T, Marx G et al. Haemodynamic, acid-base and electrolyte changes during plasma replacement with hydroxyethyl starch or crystalloid solution in young pigs. *Paediatr Anaesth*. 2000; 10: 173–9.
- Sumpelmann R. On water, salt and more... infusion therapy for neonates, infants and children.
- Strauss JM, Sumpelmann R. Perioperative fluid management in infants and toddlers. *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 2013; 48: 264–71.
- Steurer MA, Berger TM. Infusion therapy for neonates, infants and children. *Anesthesiol.* 2011; 60: 10–22.
- Zander R. Requirements to be met by optimal volume substitution. *Anesth Intensivmed*. 2009; 50: 348–57.
- Fraser CL, Arieff AI. Epidemiology, pathophysiology, and management of hyponatremic encephalopathy. *Am. J. Med.* 1997; 102: 67–77.
- Duke T, Molyneux EM. Intravenous fluids for seriously ill children: time to reconsider. *Lancet*. 2003; 362: 1320–3.
- Choong K, Kho ME, Menon K et al. Hypotonic versus isotonic saline in hospitalized children: a systematic review. *Arch Dis Child*. 2006; 91: 828–35.
- Wang J, Xu E, Xiao Y. Isotonic versus hypotonic maintenance IV fluids in hospitalized children: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2014; 133: 105–13.
- Arieff AI. Postoperative hyponatremic encephalopathy following elective surgery in children. *Paediatr Anaesth*. 1998; 8: 1–4.
- Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ*. 1992; 304: 1218–22.
- Ayus JC, Achinger SG, Arieff A. Brain cell volume regulation in hyponatremia: role of sex, age, vasopressin, and hypoxia. *Am J. Physiol. Renal Physiol*. 2008; 295: 619–24.
- Robert Sumpelmann, Karin Becke, Peter Crean, Martin Jo hr, Per-Arne Lonnqvist, Jochen M. Staesse. European consensus statement for intraoperative fluid therapy in children. *Eur. J. Anaesthesiol*. 2011; 637–9.
- Hassinger AB, Wald EL, Goodman DM. Early postoperative fluid overload precedes acute kidney injury and is associated with higher morbidity in pediatric cardiac surgery patients. *Pediatr. Crit Care Med*. 2014; 15: 131–8.
- Northern Neonatal Nursing Initiative Trial Group. A randomized trial comparing the effect of prophylactic intravenous fresh frozen plasma, gelatin or glucose on early mortality and morbidity in preterm babies. *Eur. J. Pediatr*. 1996; 155: 580–8.
- Haas T, Preinreich A, Oswald E et al. Effects of albumin 5% and artificial colloids on clot formation in small infants. *Anaesthesia*. 2007; 62: 1000–7.
- Osthaus WA, Witt L, Johanning K et al. Equal effects of gelatin and hydroxyethyl starch (6% HES 130/0.42) on modified thrombelastography in children. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009; 53: 305–10.
- Witt L, Osthaus WA, Jahn W et al. Isovolemic hemodilution with gelatin and hydroxyethylstarch 130/0.42: effects on hemostasis in piglets. *Paediatr Anaesth*. 2012; 22: 379–85.
- Suderlind M, Salvignol G, Izard P. Use of albumin, blood transfusion and intraoperative glucose by APA and ADARPEF members: a postal survey. *Pediatric* 2001.
- Shabalov N.P. *Neonatology [Neonatologiya]*. Vol. 1. Moscow: Изд. «МЕДпресс-информ»; 2004.
- Zulay H. Ritrosky. Prevalence of and risk factors for intraoperative non-euglycemia even in premature neonates < 2500 grams. A doctoral thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Nursing Practice. 2010; 3–25.
- Tricia L. Gomella, Neonatology: Management, Procedures, On-Call Problems, Diseases, and Drugs. Copyright. Sixth Edition. 2009. 301–04, 313–8.
- Yang W., Wei L., Hyperglycemia and its association with clinical outcomes in postsurgical neonates and small infants in the intensive care unit. *Journal of Pediatric Surgery*. 2016; 10: 10–6.
- Zulay H. Ritrosky. Prevalence of and risk factors for intraoperative non-euglycemia even in premature neonates < 2500 grams. A doctoral thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Nursing Practice. 2010; 3–25.
- Ives RL, Cerqueira MP, Kravchete NC. Perioperative blood glucose level and postoperative complications in pediatric cardiac surgery. 2011; 97 (5): 372–9.
- Dzhejms Dyuk. *Secrets of anesthesia [Sekrety anesteziologii]*. Пер. с англ. Moscow: МЕДпресс-информ; 2005.
- Park G., Roy P. Infusion therapy [Infuzionnaya terapiya]. Пер. с англ. — М.: БИНОМ-Пресс, 2005.
- Yang W., Wei L., Hyperglycemia and its association with clinical outcomes in postsurgical neonates and small infants in the intensive care unit. *Journal of Pediatric Surgery*. 2016; 10: 10–6.
- Datta PK, Pawar DK. Dextrose-containing intraoperative fluid in neonates: a randomized controlled trial. *Paediatr Anaesth*. 2016; 26 (6): 599–607.
- Xu T., Zhang J. Perioperative fluid administration in children: is there consensus? *Paediatr Anaesth*. 2017; 27 (1): 4–6.

Поступила 27 ноября 2017

Принята в печать 22 января 2018