

Снисарь В.И., Егоров С.В.**КРИСТАЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ У ДЕТЕЙ***ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»*

Внутривенная инфузионная терапия в последнее время имеет значительную тенденцию своего развития. Рекомендации Holliday MA, Segar WE., что вошли в основу проведения жидкостной терапии, привели к преимущественному использованию гипотонических растворов. Гипонатриемия, которая часто развивается у детей и имеет ряд серьезных осложнений, была вызвана, в основном, их использованием. Чтобы избежать развития острой гипонатриемии, было рекомендовано внутривенное введение 0,9% NaCl. Однако, кислотно-основные нарушения за счет развития гиперхлоремического ацидоза ограничивают его применение.

В последние годы создаются и активно применяются растворы, не только способствующие коррекции водного баланса, электролитных нарушений, кислотно-основного состояния, но и обладающие сбалансированным солевым эффектом, что, безусловно, очень важно. Поэтому, использование сбалансированных солевых растворов в качестве изотонической жидкости выбора, должно иметь преимущество перед введением 0,9% физиологического раствора. Цель данного обзора предоставить краткое изложение нынешней концепции для внутривенного введения жидкости в педиатрических отделениях интенсивной терапии. Изложены определенные постулаты, которых нужно придерживаться, назначая ребенку внутривенную жидкость. Описаны определенные преимущества и недостатки солевых растворов, которые применяются у детей. В большей степени сравнивается 0,9% NaCl со сбалансированным изотоническим солевым раствором Стерофундином. Он имеет концентрацию натрия (140 ммоль/л) и значительно более низкую концентрацию хлорида (127 ммоль/л), а также калий, магний, что более приближено к составу плазмы. В обзоре представлены данные о солевом растворе Рингер-лактат, который имеет несколько пониженную концентрацию натрия (131 ммоль/л) в сравнении с нормальным физиологическим раствором и Стерофундином. Низкая концентрация натрия и содержание лактата несколько ограничивают его применения, особенно при нейрохирургической патологии.

Ключевые слова: Дети, сбалансированные солевые растворы, внутривенная инфузия жидкости

Гипонатриемия определяется в том случае, когда сывороточный натрий (Na) < 135 ммоль/л. Это состояние стало все чаще рассматриваться, как одна из причин ряда заболеваний и смертности у госпитализированных детей [1-9]. В последние годы много опубликовано сообщений о серьезных осложнениях, которые были обусловлены нозокомиальной гипонатриемией, как следствие проведения инфузионной терапии. В ряде случаев это являлось и причиной смертей среди многих детей [1-9]. В своем системном обзоре Choong K. с соавт. сообщили, что у 40 из 432 (9%) педиатрических пациентов с исходно нормальным уровнем

натрия в плазме крови, после проведения внутривенной инфузионной терапии развилась гипонатриемия с уровнем Na < 136 ммоль/л [2]. Другие исследования показали частоту гипонатриемии у госпитализированных детей – 24% [10].

Гипонатриемия была вызвана в основном, использованием гипотонических растворов, вводимых внутривенно. Применение такой инфузии приводит к увеличению свободной воды, особенно у детей, которые и так подвержены риску повышенной секреции антидиуретического гормона (АДГ) [3,11,12]. Клиническим последствием развившейся острой

гипонатриемии (при снижении Na на протяжении 48 часов) является острый отек головного мозга, проявляющийся головной болью, вялостью и судорогами, а также возможной остановкой дыхания и сердца вследствие вклинения его ствола. Однако это, скорее всего, следует рассматривать при тяжелой острой гипонатриемии, когда уровень Na <130 ммоль/л.

Введение внутривенно гипотонических растворов легло в основу рекомендации Holliday MA, Segar WE. опубликованные еще в 1957 году [13], а именно, введение 5% глюкозы с добавлением от 20 ммоль/л до 30 ммоль/л Na, что в итоге получается 0,2% NaCl/5% глюкоза. Эти рекомендации были основаны на калорийности расходов у здоровых детей и содержании электролитов в грудном и коровьем молоке, согласно которым для метаболизма 1 ккал энергии необходим 1 мл воды. Авторы полагали, что основной метаболизм у ребенка в критическом состоянии 100–120 ккал/кг/сут, однако позже было выявлено, что он составляет лишь 50–60 ккал/кг/сут. Это послужило причиной пересмотра принципов расчета инфузионной программы, так как объем вводимой жидкости в два раза превышал реальные потребности ребенка [14].

В последнее время известно, что у большинства госпитализированных детей с тошнотой, болью, воспалением легких, травмой центральной нервной системы, а также после хирургических вмешательств и широкого использования морфина, возникает угроза нефизиологической секреции антидиуретического гормона. Высокий процент не связанной с натрием (свободной) воды в гипотонических растворах по сравнению с нормальным физиологическим раствором, в сочетании с нарушенными способностями выводить воду в результате повышенной секреции АДГ, будет приводить к развитию острой гипонатриемии у детей, нуждающихся в инфузионной терапии.

Все это означает, что традиционные рекомендации Holliday MA, Segar WE по

введению внутривенно гипотонических жидкостей, вероятно, требуют пересмотра.

Рецепты внутривенных растворов среди врачей различных специальностей и место их нахождения широко варьируют. Так, проведенное исследование в нескольких больницах Великобритании показало, что 77 из 99 детей, которым назначали капельницу, получали гипотонические растворы. У двадцати одного из 86 детей (24%), которым измеряли электролиты в сыворотке крови, была обнаружена гипонатриемия. Подавляющему большинству из них внутривенно вводились гипотонические растворы [10].

Таким образом, у детей, находящихся в критическом состоянии, применение инфузионных растворов является наиболее распространенной практикой. И это помогает спасти их жизнь, но при неправильном использовании способно нанести ребенку большой вред [15].

Чтобы избежать развитие острой гипонатриемии, ряд авторов рекомендовали изотонический 0,9% NaCl/5% глюкоза (физиологический раствор с глюкозой), что по их мнению должно быть стандартным решением в назначении инфузионной терапии. [2, 11, 12.] Нормальный физиологический раствор содержит 154 ммоль/л Na, который является изотоническим по отношению к клеточной мембране. Однако, это предложение вызвало определенную озабоченность по поводу возможного развития гипернатриемии и перегрузки водой [16]. Тем не менее, если ребенок способен выводить Na и нет нарушений в концентрационной способности почек, все это представляется в определенной степени теоретическим. Риск развития гиперхлоремического ацидоза была обнаружена при быстром и преимущественном введении изотонического солевого раствора в интраоперационном периоде [17], но нет данных о его развитии при внутривенном применении физиологического раствора в течение суток, когда он использовался по потребности.

Однако, определенная настроженность в развитии метаболического ацидоза есть, особенно при использовании в переперационной инфузионной терапии больших объемов физиологического раствора [18, 19], что связано с увеличением концентрации ионов хлора. Houghton J, Wilton N показали, что большая нагрузка хлоридом и связанный с этим ацидоз, может быть вредным в послеоперационном периоде, как для сердечной, так и почечной функции, особенно у детей, перенесших операцию на почках или имеющие сопутствующие почечные заболевания [20].

Примерно пять лет назад были опубликованы два системных обзора, в которые были включены 283 абстракта, 55 полнотекстовых статей и 3 исследования. Авторы сравнивали у госпитализированных детей применение гипотонических и изотонического солевого раствора с целью определить, увеличивают гипотонические растворы риск развития острой гипонатриемии. Хотя все исследования были наблюдательными и в целом не имели доказательств, однако все авторы статей, вошедших в этот обзор, предостерегали от рутинного использования гипотонических жидкостей, при введении которых развивалась не всегда объяснимая острая гипонатриемия. На основании этого Choong K с соавт. (2006) и Beck CE. (2007) сделали вывод, что в дальнейшем требуются дальнейшие наблюдения и соответствующие доказательства [2, 21]. В то время, проспективные исследования, ограниченные небольшими наблюдениями у хирургических пациентов и обезвоженных детей с гастроэнтеритом показали, что более низкая плазменная концентрация Na развивалась при внутривенном введении гипотонических растворов по сравнению с изотоническими жидкостями [22, 23, 24].

В шести рандомизированных контролируемых исследованиях, в которые вошли 759 детей, было отмечено снижение уровня натрия. И это наблюдалось преимущественно

у тех больных, которые получали гипотонические растворы [25, 26, 27, 28, 29,30]. К тому же, Choong K с соавт. [29] показали, что изотонические растворы были значительно безопаснее, чем гипотонические жидкости в развитии послеоперационной гипонатриемии. Кроме того, они не увеличивали риск гипернатриемии.

Таким образом, по совокупности применения в инфузионной терапии преобладают различные солевые растворы. Натрий – основной их компонент и представляющий собой главный электролит, содержащийся во внеклеточном пространстве. Причем 80% его содержится вне сосудистого русла [6]. Следовательно, внутривенно введенный в составе солевых растворов натрий, вскоре оказывается за пределами сосудистого русла. При этом, большинство анестезиологов для восполнения дефицита жидкости предпочитает использовать 0,9%-ный раствор натрия хлорида или Рингер-лактат [4].

Приступая к лечению больного ребенка и назначая ему жидкость необходимо придерживаться определенных постулатов [30, 31, 32, 33, 34]:

1. Перед началом проведения инфузионной терапии должны быть определены в плазме крови Na, K, глюкоза, мочевины, креатинин.
2. У любого ребенка, который требует инфузионной терапии, следует рассматривать риск развития гипонатриемии и повышения антидиуретического гормона. Особенно это может наблюдаться у больных, перенесших операцию, а также у пациентов с заболеваниями центральной нервной системы (менингит, энцефалит, ЧМТ и др.) и органов дыхания (бронхиолит, пневмония и др.).
3. Жидкости, назначаемые перорально имеют низкое содержание натрия. Если в объеме общей потребности жидкости представлена ее комбинация (внутривенная и энтеральная), то необходимо

учитывать и контролировать уровень натрия и водный баланс.

4. В связи с малыми запасами гликогена у маленьких пациентов может наблюдаться гипогликемия. В этом случае глюкоза должна быть частью состава инфузионного раствора. Возможно сочетание 5% глюкозы с изотоническим солевым раствором (например, 5% глюкоза с 0.9% NaCl или 5% глюкоза с 0.45% NaCl).
5. Назначение инфузионных растворов должно быть по аналогии с назначением сильнодействующих лекарств. Важно при проведении инфузионной терапии мониторировать содержание электролитов в крови, а также объем и скорость их введения.
6. Дети с высоким риском почечной экскреции воды, во время инфузионной терапии должны регулярно и часто взвешиваться. У старших детей важно ежедневно, а может и чаще контролировать водный баланс и электролиты плазмы крови.
7. Внутривенные растворы с содержанием NaCl < 0,45% являются гипотоничными и не должны использоваться для регулярной инфузионной терапии у детей.
8. При нормальном содержании натрия в крови целесообразно использовать изотонические сбалансированные солевые растворы или 5% глюкозу с 0.45% NaCl. Когда Na сыворотки крови на нижней границе нормы (135 ммоль/л до 137 ммоль/л) предпочтителен первый вариант.
9. Если содержание натрия в плазме находится на уровне от 145 ммоль/л до 154 ммоль/л, необходимо назначить 5% глюкозу с 0.45% NaCl, при этом должен осуществляться частый мониторинг натрия в крови (табл. 1).
10. Когда результаты содержания электролитов в плазме еще не известны, рекомендуется начинать инфузионную терапию изотоническими солевыми сбалансированными растворами.

Кристаллоидные растворы. Они были разработаны для увеличения объема интерстициального пространства, куда они

Таблица 1. Назначение внутривенной жидкости в зависимости от содержания

Содержание Na у детей в возрасте от 1 месяца до 18 лет.	Тоничность внутривенных растворов
Na <138 ммоль/л	Изотонические солевые растворы
Na 138 ммоль/л – 144 ммоль/л	Изотонические солевые растворы или полуизотонические (5% глюкозу с 0.45% NaCl)
Переоперационный период	Изотонические солевые растворы

способны достаточно быстро перемещаться. Например, в сосудистом русле останется всего 20% изотонического раствора натрия хлорида через 1 час после его внутривенной инфузии. Эти растворы успешно используются для возмещения жидкости при различных формах ее потери и дефицита в организме пациента [35, 36, 37, 38]. Изменение объема циркулирующей крови после введения кристаллоидных растворов зависит от применяемого препарата. У детей, находящихся в критическом состоянии, внутривенное введение инфузионных электролитных растворов – наиболее распространенная манипуляция. Это помогает спасти жизнь, но при неправильном использовании способно нанести ребенку большой вред [39, 40].

Сегодня у детей в общем пользовании только три изотонические внутривенные инфузионные растворы – это 0,9% хлористый натрий, раствор Рингера и Стерофундин (табл.2).

0,9% хлористый натрий. Уже более 50 лет 0,9% NaCl является инфузионным раствором выбора. Он широко использовался, так как еще не были изучены все неблагоприятные эффекты его введения [41]. Все крупные рандомизированные исследования были в основном посвящены оценке потенциально неблагоприятных последствий

Таблица 2. Растворы, используемые в педиатрической практике

	Ингредиенты, ммоль/л							Осмо- лярность, мосм/л	Тоничность
	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO ₂	Ацетат		
ПЛАЗМА	132- 152	3,5- 5,0	2,1- 2,6	0,8- 1,0	96- 105	24- 26	-	280- 300	
Рингер-лактат	131	4	2	1	111	3	30 лактат	280	изотоничен
0,9% NaCl	154	-	-	-	154	-	-	309	изотоничен
Рингер	140	4	6	-	150	-	-	307	изотоничен
Стерофундин изотонический	140	4	2,1	1	127	-	Ацетат 24 малат 5	304	изотоничен
Трисоль	133	14	-	-	98	48	-	294	изотоничен
Хлосоль	108	20	-	-	101	-	Ацетат 26	294	изотоничен
Кватрасоль	124	20	-	-	101	12	31	288	изотоничен
Хартмана	131	5,4	1,36	-	112	-	27 лактат	280	изотоничен
Ацесоль	100	14	-	-	99	-	Ацетат 15	244	гипотоничен
Дисоль	133	14	-	-	98	48	-	294	гипотоничен
045% NaCl	77	-	-	-	77	-	-	-	гипотоничен
5% глюкоза	-	-	-	-	-	-	-	-	гипотоничен

коллоидных растворов, а для сравнения в этих работах использовался 0,9% раствор NaCl, который при некоторых реанимационных ситуациях им не уступал и даже превосходил. Так в одном из крупнейших таких рандомизированных наблюдений у 7000 тяжелобольных пациентов, нуждающихся в реанимации внутрисосудистой жидкостью, сравнивались 0,9% раствор NaCl и 4% альбумин. Авторы пришли к выводу, что физиологический раствор так же хорошо, как и альбумин, уменьшал продолжительность механической вентиляции легких, улучшал функцию органов и

систем, повышал качество проведения интенсивной терапии, сокращал пребывание в стационаре и уровень 28-дневной летальности [42].

Guidet В с соавт., изучая гемодинамические эффекты жидкостной реанимации 0,9%NaCl и гидроксиэтилкрахмала, также не показали никакой разницы между сравниваемыми растворами по их влиянию на функцию почек, уровень смертности, коагуляцию. Наблюдение было до 90-го дня с момента их введения. Не отмечались и какие-либо осложнения, несмотря на большой объем солевого раствора, необходимый

для достижения гемодинамической цели [43]. Это не было замечено и у пациентов с гиповолемическими состояниями, черепно-мозговой травмой [43], гипергликемической комой [44], а также у детей [45]. Поэтому авторами и было рекомендовано использовать физиологический раствор для инфузии у больных в критическом состоянии.

В аргументах против 0,9% раствора NaCl все внимание было сосредоточено на его кислотно-основных нарушениях. По сравнению с другими растворами кристаллоидов 0,9% NaCl вызывает ацидоз, что показано в большом количестве исследований. Ацидоз является единственным отрицательным последствием введения 0,9% NaCl. Каких-либо других клинико-лабораторных осложнений отмечено не было. Изменения в кислотно-щелочном равновесии, так называемый NaCl-индуцированный ацидоз, обусловлен либо разбавлением бикарбоната, либо увеличением концентрации ионов хлора. [46, 47].

Kellum JA с соавт. на моделях сепсиса у животных показали, что гиперхлоремический ацидоз может быть обусловлен и воспалительной реакцией за счет активации ядерного фактора карра В, ДНК липополисахарид-стимулированных клеток RAW 264.7. [48]. Тем не менее, описаны и положительные аспекты ацидоза [41]. При его развитии наблюдается улучшенная отдача кислорода, вызванная эффектом Бора. Увеличение доставки кислорода, вызванное снижением рН на 0,2 единицы, эквивалентно повышению сердечного выброса на 30%. Поэтому, ацидоз является одним из компенсаторных механизмов сохранения клеток при развитии гипоксемии [49, 50].

Таким образом, переливание 0,9% NaCl, вызывает ацидоз, без каких-либо клинических последствий. И его изотоническая концентрация позволяет рекомендовать при оказании реанимационной помощи при шоках, черепно-мозговой травме. Но важным является не только гемодинамические эффекты физиологического раствора, но и его

количество. Перемещаясь в интерстициальное пространство, может наблюдаться накопление воды в тканях, особенно легких, вызывая их отек [51].

Гиперхлоремический ацидоз, связанный с использованием 0,9% раствора NaCl является также определенной клинико-лабораторной проблемой, что обусловила в последующем разработкам альтернативы 0,9% NaCl. При этом должен учитываться факт эффективности восстановления гемодинамики при проведении реанимационных мероприятий. Логично было бы заменить анион хлора на бикарбонат. Но это невыполнимо из-за трудности в хранении раствора и его нестабильности. Эти ограничения привели к решению использовать, так называемых предшественников бикарбоната, таких как лактат, ацетат и малат. Эти заменители аниона хлора быстро метаболизируются не изменяя рН и уровень бикарбоната [52]. В качестве жидкостей для реанимации эти растворы были разработаны и внедрены в начале последнего столетия Sellards AW и Hartmann AF. [53, 54]. Тем не менее, эти соединения имеют определенные побочные эффекты в дополнение к общим вредным последствиям, наблюдаемые при использовании всех кристаллоидов.

Стерофундин изотонический. Сбалансированный электролитный раствор (Стерофундин изотонический) со свойствами, описанными выше, подходит для использования либо в качестве кристаллоидного изотонического раствора для внеклеточного жидкостного замещения, либо в качестве изотонического, изоионного компонента совместно с коллоидной, изоонкотической составляющей для внутрисосудистого объемного замещения, что могло бы пошатнуть довольно пессимистическое утверждение, идущее из 1999 года, которое звучит следующим образом: «Вопреки более чем 20 годам исследований на животных и людях, оптимальная жидкость для реанимации в клинической ситуации остается не выявленной» [55].

Стерофундин изотонический имеет следующие отличительные особенности:

- Максимально приближен по электролитному составу к плазме.
 - Является изотоничным по отношению к плазме.
 - Содержит ацетат/малат вместо лактата.
 - Обеспечивает сбалансированный потенциальный избыток оснований (BE pot = 0 ммоль/л)
 - Поддерживает метаболические затраты (расход O₂) на низком уровне
- Для инфузионной терапии Стерофундин изотонический используется в следующих клинических ситуациях:
- Восполнение потерь внеклеточной жидкости при гипотонической и изотонической дегидратации.
 - Временное восполнение внутрисосудистого объема.
 - В комплексе терапии шока и острой кровопотери (совместно с коллоидными растворами и компонентами крови).
 - Обеспечение плановых и экстренных оперативных вмешательств в предоперационном, интраоперационном и послеоперационном периодах с целью поддержания и восстановления водно-электролитного и кислотно-основного баланса пациента.
 - В качестве компонента инфузионной терапии гнойно-септических осложнений в хирургии (перитонит, сепсис).
 - Ожоговая болезнь.
 - Восполнение потерь в результате рвоты, поноса, свищей.
 - Компенсация повышенной потребности в жидкости (жар, потоотделение, гипервентиляция).
 - Инфузионная терапия в педиатрической практике.
 - Дополнительное восполнение внутрисосудистой жидкости у детей и пожилых людей.
 - С целью регидратации при инфекционных заболеваниях.

Таким образом, сбалансированный раствор имеет физиологическую электролитную

модель плазмы в отношении натрия, калия, кальция, магния и хлорида и их относительных вкладов в осмоляльность, а также физиологический кислотно-основной баланс, достигаемый метаболизируемыми ионами для замещения бикарбоната, что дает следующие преимущества:

- Кроме возможной объемной перегрузки, вливание такого сбалансированного раствора не создает каких-либо ятрогенных электролитных нарушений равновесия [56].
- В частности, отсутствует риск гиперхлоремии внеклеточного пространства и сопутствующий ей риск почечного ангиоспазма и уменьшения диуреза, возможно, приводящего к значительной и продолжительной избыточной гидратации и прибавке веса.
- После вливания и анионного метаболизма раствора с BE pot, равным 0 ммоль/л, отсутствует влияние на кислотно-основной баланс пациента и, следовательно, не может быть вызван ни ацидоз, ни алкалоз, ни дилатационный ацидоз ятрогенного характера, создаваемый дилатацией бикарбоната во всем внеклеточном пространстве в случае инфузии раствора без носителей резервной щелочности [57].
- Использование в качестве носителей резервной щелочности анионов ацетата и малата позволяет свести к минимуму потребление кислорода в тканях для образования бикарбоната. К тому же, этот процесс не будет зависеть от функционального состояния печени, т. к. метаболизм ацетата и малата происходит преимущественно в мышечной ткани.

Рингер-лактат, раствор Хартманна.

Имеет более физиологичный состав, чем изотонический раствор натрия хлорида. Это сбалансированный комбинированный препарат, содержащий, в частности, раствор натрия хлорида и солей калия и кальция. В качестве буфера в раствор добавлен лактат (молочная кислота), который связывает водородные

ионы, а затем в печени превращается в глюкозу или метаболизируется. При этом рН среды возрастает. На это указывают в своей работе Murat I, Dubois SM, отмечая, что раствор Рингер-лактат быстро разлагается до бикарбоната в печени и ведет себя как буфер [58].

Раствор изотоничен по отношению к плазме крови. Однако нет никаких оснований говорить о растворе Рингер-лактат как об инфузионной среде, имеющей существенные преимущества перед изотоническим раствором натрия хлорида или Стерефундином. В частности, нет достоверных подтверждений того, что имеющийся в растворе лактат, обеспечивает достаточную емкость буферной системы при шоке [58].

Растворы Рингер-лактат и Хартмана содержат только 130 ммоль/л натрия, в связи с чем, они по отношению к плазме несколько гипотоничны. Кроме того, ионы K^+ , содержащиеся в растворе, могут оказать негативное влияние на состояние больных с недостаточностью надпочечников и заболеваниями почек. Ионы Ca^{2+} способны оказывать неблагоприятное влияние на восстановление кровотока после реанимационных мероприятий у больных с геморрагическим шоком. Наряду с препаратами крови существует ряд лекарственных средств, несовместимых с раствором Рингер-лактат вследствие его способности взаимодействовать с ионами Ca^{2+} в растворе (ампициллин, вибрамицин, миноциклин и др.).

Таким образом, в растворе Рингер-лактата (растворе Хартманна) присутствуют ионы натрия, калия, кальция и хлора, в состав входит носитель резервной щелочности – лактат. На первый взгляд всё идеально, но есть определенный нюанс. Входящий в состав инфузионной среды лактат несколько ограничивает её применение, ведь отрицательное воздействие этого соединения на организм включает в себя:

- Непредсказуемый метаболизм, в случае нарушения функции печени [59].

- Лактат может вызвать интерстициальный отёк головного мозга [60], поэтому в нейротравматологии Рингер-лактат, следует избегать вследствие возникновения риска увеличения церебрального отека [61].

- Он усиливает агрегацию тромбоцитов и эритроцитов [62].

- Увеличивает метаболическое потребление кислорода – оно достигает 2,5 литров O_2 на 1 литр раствора, содержащего лактат [63].

К вышесказанному следует добавить, что Рингер-лактат следует применять только у пациентов с гипернатриемией после тщательного рассмотрения ее основной причины и альтернативных внутривенных жидкостей. Во время лечения рекомендуется мониторинг натрия в плазме и объемного статуса. Введение натрия лактат должно осуществляться с особой осторожностью у пациентов с патологиями, предрасполагающими к гипернатриемии (например, адренокортикальной недостаточности, несахарный диабет или обширные травмы тканей), а также у пациентов с заболеваниями сердца.

К тому же в инструкциях к украинским растворам Ринген-лактат и Хартманна, к сожалению, нет показаний у детей, хотя во всем мире в педиатрической практике они широко используются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Классические рекомендации Holliday MA, Segar WE по объему вводимой жидкости обеспечивают достаточную потребность для ее восполнения, связанные с внепочечными и почечными потерями. Однако по своему составу внутривенно вводимая жидкость гипотонична, что часто будет приводить к гипонатриемии у госпитализированных детей. По крайней мере, мы должны изменить нашу практику рутинного использования 5-10% глюкозы и 0,2% физиологического раствора.

Для предотвращения гипонатриемии в последнее время рекомендуются вводить

изотонические солевые растворы. При этом, чем они больше приближены к ионному составу плазмы, тем они предпочтительнее. Солевые сбалансированные растворы с уровнем Na = 140 ммоль/л являются изотоническими к плазме крови и не будут приводить ни к гипо-, ни к гипернатриемии. Как и 0,9% NaCl эти растворы успешно могут применяться и при жидкостной ресусцитации у детей в критическом состоянии без нарушений кислотно-щелочного обмена.

Однако необходимы дополнительные исследования с целью определения оптимальных объемов жидкости у детей в разные периоды их критического заболевания, а также особенно в периоперационном периоде. Мы должны, в конечном счете, изменить наш подход к основным рекомендациям жидкостной терапии и сместить нашу практику к целенаправленному ее назначению, основанному на рациональности и мониторинге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Arieff A. I. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children / A. I. Arieff, J. C. Ayus, C. L. Fraser // *BMJ*. – 1992. – Vol. 304, N 6836. – P. 1218-22.
- Hypotonic versus isotonic saline in hospitalised children: A systematic review / K. Choong, M. E. Kho, K. Menon, D. Bohn // *Arch. Dis. Child.* – 2006. – Vol. 91, N 10. – P. 828-35.
- Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: An observational study / E. J. Hoorn, D. Geary, M. Robb, M. L. Halperin, [et al.] // *Pediatrics*. – 2004. – Vol. 113, N5. – P. 1279-1284.
- Hyponatremia-related death after paediatric surgery still exists in France / Y. Auroy, D. Benhamou, F. Piquignot, E. Jouglu, [et al.] // *Br. J. Anaesth.* – 2008. – Vol. 101, N 5. – P. 741.
- McRae R. G. Iatrogenic hyponatremia: A cause of death following pediatric tonsillectomy / R. G. McRae, A. J. Weissburg, K. W. Chang // *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* – 1994. – Vol. 30, N 3. – P. 227-232.
- Duke T. Hyponatremia and seizures in oncology patients associated with hypotonic intravenous fluids / T. Duke, S. Kinney, K. Waters // *J. Paediatr. Child. Health.* – 2005. – Vol. 41, N 12. – P. 685-686.
- Plain D5W or hypotonic saline solutions post-op could result in acute hyponatremia and death in healthy children. *ISMP Med Saf Alert* 2009 Aug 13 [cited 2009 Sept 15];14(16):1-4 <http://ismp.org/newsletters/acute-care/articles/20090813.asp> (Accessed August 7, 2012).
- Hyponatremia in children. Ottawa (ON): Canadian Medical Protective Association; 2008 Dec: IL0840-1-E [cited 2009 Sept 16]: http://www.cmpa-acpm.ca/cmpapd04/docs/resource_files/infoletters/2008/com_il0840_1-e.cfm (Accessed August 7, 2012).
- Report of the Paediatric Death Review Committee and Deaths Under Five Committee, Toronto (ON) // Office of the chief Coroner Province of Ontario. – Toronto, 2007. – P. 19-20.
- Paediatric Research Society. Hyponatremia and hypokalemia during intravenous fluid administration / K. Armon, A. Riordan, S. Playfor, [et al.] // *Arch. Dis. Child.* – 2008. – Vol. 93, N 4. – P. 285-287.
- Moritz M. L. Prevention of hospital-acquired hyponatremia: A case for using isotonic saline / M. L. Moritz, J. C. Ayus // *Pediatrics*. – 2003. – Vol. 111. – P. 227-230.
- Halberthal M. Lesson of the week: Acute hyponatraemia in children admitted to hospital; Retrospective analysis of factors contributing to its development and resolution / M. Halberthal, M. L. Halperin, D. Bohn // *BMJ*. – 2001. – Vol. 322, N 7289. – P. 780-782.
- Holliday M. A. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy / M. A. Holliday, W. E. Segar // *Pediatrics*. – 1957. – Vol. 19, N 5. – P. 823-832.
- Александрович Ю.С. Современные принципы инфузионной терапии в педиатрической практике / Ю. С. Александрович, В. И. Гордеев, К. В. Пшениснгов // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. – 2011. – № 3.
- Steurer M. A. Infusion therapy for neonates, infants and children / M. A. Steurer, T. M. Berger // *Anaesthetist*. – 2011. – P. 13.
- Holliday M. A. Reducing errors in fluid therapy management / M. A. Holliday, W. E. Segar, A. Friedman // *Pediatrics*. – 2003. – Vol. 111, N 2. – P. 424-425.
- Rapid saline infusion produces hyperchloremic acidosis in patients undergoing gynecologic surgery / S. Scheingraber, M. Rehm, C. Sehmisch, U. Finsterer // *Anesthesiology*. – 1999. – Vol. 90, N 5. – P. 1265-1270.
- The effect of different crystalloid solutions on acid-base balance and early kidney function after kidney transplantation / N. Hadimioglu, I. Saadawy, T. Saglam, Z. Ertug, [et al.] // *Anesth Analg.* – 2008. – Vol. 107. – P. 264-269.
- Normal saline versus lactated Ringer's solution for intraoperative fluid management in patients undergoing abdominal aortic aneurysm repair: an outcome study / A. Gottlieb, P. Schoenwald, M. Popovich, J. Sprung, [et al.] // *Anesth Analg.* – 2001. – Vol. 93. – P. 817-822.
- Houghton J. Choice of isotonic perioperative fluid in children / J. Houghton, N. Wilton // *Anesth Analg.* – 2011. – Vol. 112, N 1. – P. 246-247.
- Beck C. E. Hypotonic versus isotonic maintenance intravenous fluid therapy in hospitalized children: A systematic review / C. E. Beck // *Clin. Pediatrics*. – 2007. – Vol. 46, N 9. – P. 764-770.
- Burrows F. A. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in a postsurgical pediatric population / F. A. Burrows, J. G. Shutack, R. K. Crone // *Crit. Care Med.* – 1983. – Vol. 11, N 7. – P. 527-531.
- Brazel P. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in postoperative scoliosis patients: The role of fluid management / P. Brazel, I. B. McPhee // *Spine*. – 1996. – Vol. 21, N 6. – P. 727.
- Isotonic is better than hypotonic saline for intravenous rehydration of children with gastroenteritis: A prospective randomized study / K. A. Neville, C. F. Verge, A. R. Rosenberg, [et al.] // *Arch. Dis. Child.* – 2006. – Vol. 91, N 3. – P. 226-232.
- The use of isotonic fluid as maintenance therapy prevents iatrogenic hyponatremia in pediatrics: A randomized, controlled open study / P. A. Montacana, V. Modesto, V. Alapont, A. P. Ocun, [et al.] // *Pediatr. Crit. Care Med.* – 2008. – Vol. 9, N6. – P. 589-597.
- Yung M. Randomised controlled trial of intravenous maintenance fluids / M. Yung, S. Keeley // *J. Paediatr. Child. Health.* – 2009. – Vol. 45, N 1-2. – P. 9-14.

27. Hypotonic versus isotonic maintenance fluids in critically ill children: A multicenter prospective randomized study /C. Rey, M. Los-Arcos, A. Hernández, [et al.] // *Acta Paediatrica*. – 2011. – Vol. 100, N 8. – P. 1138-1143.
28. Intravenous fluid regimen and hyponatremia among children: A randomized controlled trial / L. Kannan, R. Lodha, S. Vivekanandhan, [et al.] // *Pediatr. Nephrol.* – 2010. – Vol. 25, N 11. – P. 2303-2309.
29. Hypotonic versus isotonic maintenance fluids after surgery in children: A randomized controlled trial /K. Choong, S. Arora, J. Cheng, [et al.] // *Pediatrics*. – 2011. – Vol. 128, N 5. – P. 857-866.
30. A randomized controlled trial of isotonic versus hypotonic maintenance intravenous fluids in hospitalized children / T. G. Saba, J. Fairbairn, F. Houghton, [et al.] // *BMC Pediatrics*. – 2011. – Vol. 11. – P. 82.
31. Perioperative Crystalloid and Colloid Fluid Management in Children: Where Are We and How Did We Get Here? /A. G. Bailey, P. P. McNaull, E. Jooste, J. B. Tuchman // *Pediatric Anesthesiology*. – 2010. – Vol. 110, N 2.
32. Royal Children's Hospital Melbourne. Clinical practice guidelines / Intravenous fluids. – 2013.
33. Hospital for Sick Children, Toronto. Clinical practice guidelines/Fluid and electrolyte administration in children, 2007 [revised June 2010; reviewed January 2011]: <http://www.sickkids.ca/clinical-practice-guidelines/clinical-practice-guidelines/Fluid-and-Electrolyte-Administration-in-Children.html> (Accessed August 2, 2012).
34. National Patient Safety Agency. Background information, Patient safety alert 22: Reducing the risk of hyponatraemia when administering intravenous infusions to children. London (UK), March 2007: <http://www.nrls.npsa.nhs.uk/resources/?entryid45=59809> (Accessed August 13, 2012).
35. Dodge C. Crystalloid and colloid therapy /C. Dodge, D. D. Glass // *Semin Anesth.* – 1982. – N 1. – P. 293-301.
36. Tranbaugh R. F. Crystalloid fluid /R. F. Tranbaugh, F. R. Lewis // Dailey R. H., Callahan M. *Controversies in trauma management. Clinics in emergency medicine.* – Churchill Livingstone, 1985. – P. 121-133.
37. Shackford S. R. Fluid resuscitation of the trauma victim / S. R. Shackford, A. Perel // *Trauma. Problems in critical care.* – Philadelphia: J. B. Lippincott, 1987. – Vol. 1. – P. 576-587.
38. Horton J. Cardiac response to fluid resuscitation from hemorrhagic shock /J. Horton, R. Landreau, T. Tuggle // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1985. – Vol. 260. – P. 444-452.
39. Steurer M. A. Infusion therapy for neonates, infants and children /M. A. Steurer, T. M. Berger // *Anaesthetist*. – 2011. – P. 13.
40. Murat I. Perioperative fluid therapy in pediatrics /I. Murat, M. C. Dubois // *Pediatric Anesthesia*. – 2008. – P. 363-370.
41. Handy J. M. Physiological effects of hyperchloremia and acidosis /J. M. Handy, N. Soni // *Br. J. Anaesth.* – 2008. – Vol. 101. – P. 141-150.
42. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit /S. Finfer, R. Bellomo, N. Boyce [et al.] // *New Engl. J. Med.* – 2004. – Vol. 350. – P. 2247-2256.
43. Assessment of hemodynamic efficacy and safety of 6% hydroxyethylstarch 130/0.4 vs. 0.9% NaCl fluid replacement in patients with severe sepsis: the CRYSTMAS study / B. Guidet, O. Martinet, T. Boulain, [et al.] // *Crit. Care*. – 2012. – Vol. 16. – P. 94.
44. Brain Trauma Foundation American Association of Neurological Surgeons Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury / *Brain Trauma* // *J. Neurotrauma*. – 2007. – Vol. 24. – S1-S106.
45. Hyperglycemic crisis in adult patients with diabetes (Consensus Statement) / A. E. Kitabchi, G. E. Umpierrez, J. M. Miles [et al.] // *Diabetes Care*. – 2009. – Vol. 32. – P. 1335-1343.
46. Fluid resuscitation in neonatal and pediatric hypovolemic shock: a Dutch Pediatric Society evidence-based clinical practice guideline /N. Boluyt, C. W. Bollen, A. P. Bos [et al.] // *Intensive Care Med.* – 2006. – Vol. 32. – P. 995-1003.
47. Major complications, mortality, and resource utilization after open abdominal surgery: 0.9% saline compared to Plasma-Lyte /A. D. Shaw, S. M. Bagshaw, S. L. Goldstein, [et al.] // *Ann. Surg.* – 2012. – Vol. 255. – P. 821-829.
48. Association between a chloride-liberal vs chloride-restrictive intravenous fluid administration strategy and kidney injury in critically ill adults /N. M. Yunus, R. Bellomo, C. Hegarty, [et al.] // *JAMA*. – 2012. – Vol. 30. – P. 1566-1572.
49. Kellum J. A. Hyperchloremic acidosis increases circulating inflammatory molecules in experimental sepsis /J. A. Kellum, M. Song, E. Almasri // *Chest*. – 2006. – Vol. 130. – P. 962-967.
50. Influence of acidosis and hypoxia on liver ischemia and reperfusion injury in an in vivo rat model /B. H. Heijnen, Y. Elkhalloufi, I. Straatsburg [et al.] // *J. Appl. Physiol.* – 2002. – Vol. 93. – P. 319-323.
51. Bonventre J. V. Effects of metabolic acidosis on viability of cells exposed to anoxia /J. V. Bonventre, J. Y. Cheung // *Am. J. Physiol.* – 1985. – Vol. 249. – P. 149-159.
52. Morgan T. J. The meaning of acid-base abnormalities in the intensive care unit: part III—effects of fluid administration /T. J. Morgan // *Crit. Care*. – 2005. – Vol. 9. – P. 204-211.
53. Crystalloid or colloid fluid loading and pulmonary permeability, edema, and injury in septic and non septic critically ill patients with hypovolemia /M. Van der Heijden, J. Verheij, G. P. van Nieuw Amerongen [et al.] // *Crit. Care Med.* – 2009. – Vol. 37. – P. 1275-1281.
54. Sellards A. W. Tolerance for alkalis in Asiatic cholera /A. W. Sellards // *Philippine J. Sci.* – 1910. – N 5. – P. 363-390.
55. Hartmann A. F. Studies in the metabolism of sodium r-lactate. I. Response of normal human subjects to the intravenous injection of sodium r-lactate /A. F. Hartmann, M. J. Senn // *J. Clin. Invest.* – 1932. – N 11. – P. 327-335.
56. Crystalloids vs. colloids in fluid resuscitation. A systematic review /P. T. Choi, G. Yip, L. G. Quinonez, D. J. Cook // *Crit. Care Med.* – 1999. – Vol. 27. – P. 200-210.
57. Forderungen und Erwartungen an einen optimalen Volumenersatz /R. Zander, H. A. Adams, J. Boldt, [et al.] // *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* – 2005. – Vol. 40.
58. Zander R. Base Excess und Laktatkonzentration von Infusionslösungen und Blutprodukten /R. Zander // *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* – 2002. – Vol. 37. – P. 359-363.
59. Griffith C. A. Natl Intravenous Therapy Association. – 1986. – N 9. – P. 480-3.
60. Berry M. N. The liver and lactic acidosis /M. N. Berry // *Proc. R. Soc. Med.* – 1967. – Vol. 60. – P. 1260-1262.
61. Siegal G. Basic Neurochemistry (molecular, cellular and medical aspects) /G. Siegal, B. Agranoff, R. Albers // 5th ed. – N-Y: Raven Press, 1994. – 1080 p.
62. Hennes H.-J. Schödel-Hirn-Trauma /H.-J. Hennes // *Neuroanästhesie* / J.-P. Jantzen, W. Luffler, Eds. Stuttgart, 2001.
63. Zander R. Fluid Management /R. Zander. – 2009. – P. 26.

Снісарь В.І. Єгоров С.О.
КРИСТАЛОЇДНІ РОЗЧИНИ У ДІТЕЙ

Внутрішньовенна інфузійна терапія останнім часом має значну тенденцію свого розвитку. Рекомендації Holliday MA, Segar WE., що увійшли в основу проведення рідинної терапії, привели до переважного використання гіпотонічних розчинів. Гіпонатріємія, яка часто розвивається у дітей і має ряд серйозних ускладнень, була викликана, в основному, їх використанням. Щоб уникнути розвитку гострої гіпонатріємії, було рекомендовано внутрішньовенне введення 0,9% NaCl. Однак, кислотно-основні порушення за рахунок розвитку гіперхлоремічного ацидозу обмежують його застосування.

В останні роки створюються і активно застосовуються розчини, що не тільки сприяють корекції водного балансу, електролітних порушень, кислотно-основного стану, але і володіють органопротективним ефектом, що, безумовно, дуже важливо. Тому використання збалансованих сольових розчинів якості ізотонічної рідиниви бору, повинно мати перевагу перед введенням 0,9% фізіологічного розчину.

Мета даного огляду надати короткий виклад нинішньої концепції для внутрішньовенного введення рідини в педіатричних відділеннях інтенсивної терапії. Викладено певні постулати, яких потрібно дотримуватися, призначаючи дитині внутрішньовенну рідину. Описані певні переваги і недоліки сольових розчинів, які застосовуються у дітей. Більшою мірою порівнюється 0,9% NaCl із збалансованим ізотонічним сольовим розчином Стерофундіном. Він має концентрацію натрію (140 ммоль/л) і значно більш низьку концентрацію хлориду (127 ммоль/л), а також калій, магній, що більш наближене до складу плазми. В огляді представлені дані по сольовому розчину Рінгер-лактат, який має дещо знижену концентрацію натрію (131 ммоль/л) у порівнянні з нормальним фізіологічним розчином і Стерофундіном. Низька концентрація натрію і вміст лактату дещо обмежують його застосування, особливо при нейрохірургічній патології.

Ключові слова: *Діти, збалансовані сольові розчини, внутрішньовенна інфузія рідини.*

Snisar VI, Egorov SV
CRYSTALLOID SOLUTION IN PEDIATRIC

Recently intravenous fluid therapy has a significant trend of development. Recommendations by Holliday MA, Segar WE. about basing of fluid therapy have led to the predominant use of hypotonic solutions. Hyponatremia, which often develops in children and has a number of serious complications, was caused mainly using them. To prevent of the development of acute hyponatremia the intravenous administration of 0,9% NaCl was recommended. However, the acid-base disturbances due to the development of hyperchloraemic acidosis limit its application.

In recent years new solutions were created and actively used, not only contributing to the correction of the water balance, electrolyte disorders, acid-base status, but also have the effect of organ protection, which is certainly very important. Therefore, the use of balanced crystalloid solutions as isotonic fluid of choice must have an advantage over administration of 0.9% saline. The purpose of this review is to provide a summary of the current concepts of intravenous fluids in pediatric intensive care units. It sets out modern postulates, which must adhere to assigning pediatric intravenous fluid. The article describes certain advantages and disadvantages of fluids using in children. For the greater extent normal saline is compared with the isotonic balanced saline named Sterofundin. It has the sodium concentration of 140 mmol/l and a significantly lower chloride concentration (127 mmol/l), as well as potassium, magnesium concentration more close to the composition of the plasma. In the review there is a data of Ringer-lactate, which has a somewhat reduced concentration of sodium (131 mmol/l) in comparison with normal saline and Sterofundin. A low concentration of sodium lactate leads to the bit limit of its using, especially in neurosurgical pathology.

Keywords: *Children, balanced salt solutions, intravenous infusion fluid.*