

Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Гордеев В.И.

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ИНФУЗИОННАЯ ТЕРАПИЯ У ДЕТЕЙ

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

Aleksandrovich Yu.S., Pshenishnov K.V., Gordeev V.I.

INTRAOPERATIVE FLUID THERAPY IN CHILDREN

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Резюме

Статья посвящена обзору и критическому анализу современных принципов интраоперационной инфузионной терапии у детей. Особое внимание уделено патофизиологии водно-электролитных нарушений, отражены результаты исследований, касающиеся наличия сил Старлинга и третьего пространства у пациентов в критическом состоянии. Продемонстрированы современные принципы расчета инфузионной программы в интраоперационном периоде, отражена либеральная и рестриктивная стратегии инфузии, на результатах многочисленных исследований продемонстрированы негативные последствия гиперволемии и инфузии гипосмолярных растворов.

Ключевые слова: инфузионная терапия, интраоперационный период, анестезия, дети

Abstract

The article is devoted to a review and critical analysis of modern principles of intraoperative fluid therapy in children. Particular attention is paid to the pathophysiology of fluid and electrolyte disorders, reflects the results of research concerning the «forces» Starling and «third space» for patients in critical condition. Demonstrated modern principles of calculation of infusion program in the perioperative period, reflected the liberal and restrictive strategies infusion, the results of numerous studies demonstrate the negative effects of fluid overload and hypoosmolyarnykh infusion solutions.

Key words: epidural anesthesia, static encephalopathy, selective neurotomy

Анестезиологическое обеспечение хирургических вмешательств является основным элементом терапии пациента, нуждающегося в операции, при этом оно должно включать не только устранение боли, но и обеспечивать адекватную защиту от хирургической агрессии на фоне полного управления всеми жизненно важными функциями организма.

Еще в 1824 г., задолго до проведения первого ингаляционного наркоза, Генри Хилл Хикмен предложил способ приостановления жизни во время хирургических вмешательств, который был основан на гипнозе и обезболивании, что позволяло защитить жизненно важные функции организма пациента от хирургической агрессии. Данный подход можно считать прототипом современной концепции общей анестезии [4].

Основным элементом поддержания жизненно важных функций во время хирургического вмешательства является управление водно-электролитным

балансом, а также кислотно-основным состоянием пациента, что достигается путем проведения целенаправленной инфузионной терапии [1, 3, 5, 18, 19].

Однако, несмотря на многолетнюю историю применения растворов для внутривенного введения в клинической практике, проблема адекватности и эффективности инфузионной терапии в интраоперационном периоде у детей остается достаточно актуальной и в настоящее время, что обусловлено как анатомо-физиологическими особенностями детского организма, так и особенностями хирургического вмешательства.

Традиционно объем инфузионной терапии в интраоперационном периоде складывался из физиологической потребности в жидкости, коррекции имеющегося дефицита жидкости и восполнения текущих патологических потерь, оцениваемых в режиме реального времени, поэтому остановимся именно на этих трех составляющих инфузионной программы интраоперационного периода [14, 17].

Таблица 1. Методики расчета физиологической потребности в жидкости у детей

Год	Методика	Автор
1950	На основе расчета расхода энергии с помощью таблиц и номограмм	Darrow D. C., Pratt E. L.
1950	На основе расчета площади поверхности тела	Crawford D. J., Terry M., Roubke G.
1953	На основе возраста	Wallace W.M.
1957	На основе веса	Holliday M. A. Segar W. E.

В течение многих лет под физиологической потребностью в жидкости подразумевалось количество воды, необходимое для поддержания основного обмена веществ у здорового человека.

У длительно болеющего пациента говорить о физиологической потребности, на наш взгляд, не совсем верно, поскольку болезнь и стресс существенно влияют на метаболизм и вряд ли дотация жидкости в объеме, необходимом для здорового человека, в полной мере обеспечит основной обмен тяжелобольного пациента, что требует дополнительного введения жидкости и энергетических субстратов. В то же время, учитывая сложившуюся многолетнюю традицию, мы будем использовать именно этот термин, хотя, на наш взгляд, он не очень удачен, особенно в медицине критических состояний.

Для ориентировочного расчета физиологической потребности в жидкости был предложен ряд методов, которые представлены в табл. 1.

Наиболее широко в мировой практике используется формула Холлидея и Сегара, которая была предложена в 1957 г. (табл. 2), однако она имеет существенные недостатки, которые могут стать причиной развития тяжелых осложнений и летального исхода.

Авторы исходили из принципа, что для метаболизма 1 кКал энергии необходим 1 миллилитр воды, полагая при этом, что основной метаболизм у ребенка в критическом состоянии составляет 100–120 ккал/кг/сут [21].

Однако в дальнейшем было выявлено, что уровень основного метаболизма у ребенка в критическом состоянии составляет не 100–120 ккал/кг, а всего лишь 50–60 ккал/кг/сут, что и послужило причиной пересмотра принципов расчета инфузионной программы, так как объем вводимой жидкости почти в 2 раза превышал реальные потребности ребенка.

На каждые 100 мл введенной жидкости М.А. Holliday, W.E. Segar (1957) рекомендовали вводить 3 мЭкв натрия, 4 мЭкв хлора и 2 мЭкв калия, что было реализовано в виде создания 4%-ного раствора декстрозы в сочетании с 0,18%-ным раствором хлорида натрия.

Однако оказалось, что дотация натрия в объеме 3 мЭкв/100 мл на фоне избыточного введения жидкости не обеспечивает физиологических потребностей организма, способствует гипонатриемии и снижению осмолярности плазмы на фоне значительной гемодилюции, что сопровождается высоким риском развития отека мозга. Это особенно опасно у детей в критическом состоянии и в интраоперационном периоде, когда потери натрия существенно повышаются [20, 22, 28].

Именно поэтому уже на протяжении многих лет сотрудниками нашей кафедры используются другие варианты расчета потребности ребенка в жидкости, среди которых наибольшей популярностью пользуется формула, предложенная учителем Холлидея и Сегара, профессором Валлачи:

$$\text{Объем жидкости на сутки (мл/сут)} = 100 - 3 \times \text{Возраст ребенка (годы)} \times \text{Масса тела (кг)}.$$

Данная формула предназначена только для использования у детей старше года, когда физио-

Таблица 2. Расчет потребности в жидкости у детей (Holliday M.A., Segar W.E., 1957)

Масса, кг	Количество жидкости в сутки	Объем на сутки, мл
3–10	4 мл/кг/ч	1000
10–20	4 мл/ч + 2 мл/кг/ч × (масса тела – 10)	1000 + 50 мл на каждый 1 кг > 10
>20	60 мл/ч + 1 мл/кг/ч × (масса тела – 10)	1500 + 20 мл на каждый 1 кг > 10

Таблица 3. Минимальная физиологическая потребность и максимальная толерантность к жидкости и электролитам у взрослых пациентов (Хартиг В., 1982)

Вещество	Средняя потребность (м ² /24 ч)	Минимальная физиологическая потребность (м ² /24 ч)	Максимальная толерантность (м ² /24 ч)
Вода	1500 мл	700 мл	2700 мл
Натрий	50–70 мэкв	10 мэкв	250 мэкв
Калий	50–70 мэкв	10 мэкв	150 мэкв

логическая потребность в жидкости превышает 1000 мл/сут. Кроме того, мы также используем номограмму, основанную на расчете площади поверхности тела.

Применение номограммы, основанной на площади поверхности тела ребенка, позволяет более точно оценить потребность пациента в жидкости, но требует проведения соответствующих расчетов, основанных на измерении массы тела и роста пациента, что далеко не всегда возможно у пациента, находящегося в критическом состоянии или нуждающегося в экстренном хирургическом вмешательстве. Использование данного метода оценки в большей степени оправдано у длительно болеющих пациентов, страдающих онкологическими заболеваниями и нуждающихся в плановых хирургических вмешательствах.

Следует подчеркнуть, что при расчете физиологической потребности в жидкости необходимо учитывать не только реальные потребности организма конкретного пациента в настоящее время, но и максимальную толерантность к водной нагрузке, которая у взрослых пациентов хорошо известна (табл. 3).

К сожалению, определить минимальную физиологическую потребность и максимальную толерантность к жидкости и электролитам у детей практически невозможно в силу лабильности водно-электролитного гомеостаза и существенного влияния факторов внешней среды на водный баланс организма.

Но несмотря на это, следует помнить, что как гиповолемия, так и гипervолемия в интраоперационном периоде может стать причиной серьезных не только водно-электролитных нарушений, но и нарушений кислородного статуса организма ребенка в целом, поэтому дотация жидкости в объеме физиологической потребности должна быть действительно физиологической.

Вторым компонентом инфузионной программы в интраоперационном периоде является восполнение исходного дефицита жидкости и «острых» патологических потерь, к которым могут быть отнесены предоперационное голодание, шок, кровопотеря, дегидратация и др.

Дефицит жидкости, возникающий в результате предоперационного голодания, рассчитывается путем умножения почасовой потребности в жидкости на количество часов с момента последнего приема пищи и восполняется в течение первых 2-х, максимум, 3-х часов оперативного вмешательства.

При восполнении «острых» патологических потерь оценивается степень дегидратации и имеющийся дефицит жидкости на основании клинко-лабораторного обследования пациента (табл. 4).

После оценки степени дегидратации рассчитывается дефицит жидкости с помощью формулы, представленной ниже.

$$\text{ДЕФИЦИТ ЖИДКОСТИ (мл)} = \text{вес (кг)} \times \% \text{ дегидратации} \times 10.$$

Как правило, при значительном исходном дефиците жидкости восполнение его в течение интраоперационного периода не только невозможно, но и нецелесообразно, учитывая высокий риск развития различных осложнений, поэтому он восполняется в течение 24, а иногда и 48 ч послеоперационного периода (гипер- или гипоосмолярная дегидратация).

При расчете объема жидкости, необходимого для восполнения текущих патологических потерь, нужно учитывать потери через желудочные зонды, торакальные дренажи, потери, обусловленные тяжестью хирургической травмы и любые другие потери, которые можно измерить в режиме реального времени.

Таблица 4. Оценка степени дегидратации

Признаки	Степень дегидратации		
	легкая	средняя	тяжелая
Дефицит массы тела	3–5 %	6–10 %	11–15 %
Дефицит жидкости	30–0 мл/кг	60–100 мл/кг	100–150 мл/кг
Поведение	Нормальное	Повышенная возбудимость	От повышенной возбудимости до сомноленции
Тургор тканей	Нормальный	Снижен	Значительно снижен
Цвет кожи	Бледная	Сероватая	Мраморность, серый колорит
Влажность слизистых оболочек	Влажные	Сухие	Очень сухие
Тонус глазных яблок	Нормальный	Снижен	Резко снижен
Пульс	Нормокардия	Тахикардия	Выраженная тахикардия
Время наполнения капилляров	2–3 с	3–4 с	> 4 с
Артериальное давление	Нормальное	Характерны постуральные реакции	Гипотензия
Наличие пота в подмышечной впадине	Есть	Нет	Нет
Диурез	Снижен	Олигурия	Анурия

Таблица 5. Руководящие принципы периперационной дотации жидкости у детей в зависимости от возраста и тяжести травмы тканей (Murat I., Dubois M. 2008)

Время	Объем инфузии	
Первый час	Возраст < 3-х лет	25 мл/кг
	Возраст > 3-х лет	15 мл/кг
Последующие часы	Объем инфузии = Физиологическая потребность (ФП) + коррекция в зависимости от степени травматизации тканей Базовая ФП = 4 мл/кг/ч ФП + легкая травма = 6 мл/кг/ч ФП + ср. тяжести травма = 8 мл/кг/ч ФП + тяжелая травма = 10 мл/кг/ч	

Основные руководящие принципы, позволяющие восполнить текущие патологические потери, представлены в табл. 5.

Обсуждая вопросы коррекции дефицита жидкости вследствие имевших место или продолжающихся патологических потерь, следует отметить, что восполнение потерь жидкости с учетом ее перемещения в третье пространство в настоящее время не оправданно, поскольку в реальности наличие третьего пространства не подтверждено [9, 25].

В частности, в работе D. Chappell и соавт. (2008) было доказано, что дотация жидкости у взрослых пациентов с учетом третьего пространства приво-

дит к положительному гидробалансу и увеличению веса до 10 кг [9].

Это может стать причиной повреждения гликокаликса – разветвленных цепей полисахаридов на поверхности эндотелиоцита, играющего ведущую роль в перемещении жидкости по водным секторам организма и развитию серьезных осложнений.

Повреждение гликокаликса является одной из основных причин отсутствия эффекта от проводимой инфузионной терапии, поскольку в последние годы было доказано, что гипотетические силы Старлинга, которые, как полагали, обеспечивали

фильтрацию и реабсорбцию жидкости на разных концах капилляра в реальности отсутствуют [26].

В то же время именно функциональное состояние гликокаликса определяет градиент давлений, обеспечивающих перемещение жидкости в интерстициальное пространство [26, 35].

В настоящее время имеется ряд работ, в которых доказано, что избыточное введение жидкости в интраоперационном периоде приводит к повреждению гликокаликса, нарушению гидробаланса и развитию тяжелых осложнений, в том числе к расстройствам кислородного статуса [11, 15, 16, 20, 22, 28, 29, 35].

Выявлено, что перегрузка жидкостью более чем на 15% приводит к выраженным нарушениям кислородного статуса и сопровождается увеличением длительности ИВЛ, продолжительности пребывания в ОРИТ и в стационаре, что оказывает существенное негативное влияние на показатели летальности пациентов педиатрических ОРИТ [15].

Именно поэтому в последние годы в педиатрической анестезиологии все большей популярностью пользуется *рестриктивная стратегия инфузионной терапии*, которая подразумевает только дотацию жидкости в объеме физиологической потребности с коррекцией исходного дефицита жидкости и устранением текущих патологических потерь без дотации объема жидкости с учетом ее секвестрации в третьем пространстве [11].

Таким образом, при проведении инфузионной терапии в интраоперационном периоде крайне важно найти ту тонкую грань баланса, когда устранена гиповолемия, сердечный выброс соответствует возрастным референтным значениям и отсутствует риск развития осложнений на фоне избыточного введения жидкости.

Именно такой подход справедливо называют *целенаправленной инфузионной терапией*, основной задачей которой является поддержание максимального сердечного выброса и профилактика осложнений [18, 19].

Другим крайне важным аспектом инфузионной терапии в интраоперационном периоде является выбор оптимальных растворов для ее проведения, поскольку именно физико-химические свойства лекарственных средств для инфузии определяют клинический эффект проводимой терапии [1, 3, 5].

В частности, одной из причин отказа от формулы расчета потребности в жидкости по Холлидею

и Сегару стало то, что введение избыточного объема инфузии на фоне недостаточного поступления натрия приводило к развитию гипоосмолярной гипергидратации и отеку головного мозга и лежало в основе летальных исходов. Следует отметить, что с необходимостью пересмотра принципов расчета согласен и сам М. А. Holliday, что нашло отражение в его работе 2007 г. [10, 16, 20, 22, 28].

В настоящее время считается, что базовая инфузионная терапия в интраоперационном периоде должна обеспечивать поддержание гидробаланса с учетом перспирации и диуреза, при этом необходимо использовать сбалансированные полиионные электролитные кристаллоидные и, при необходимости, коллоидные растворы [16].

Применение растворов глюкозы в интраоперационном периоде показано только у новорожденных и пациентов с нарушениями углеводного обмена (табл. 6).

Такой узкий спектр показаний для введения глюкозы в интраоперационном периоде обусловлен рядом негативных эффектов, которые могут возникнуть на фоне введения данного раствора, к которым можно отнести интраоперационную гипергликемию, гиперосмолярность, риск гипоксически-ишемического повреждения центральной нервной системы и ухудшение неврологических исходов.

Оптимальная скорость введения глюкозы у детей составляет 2–3 мг/кг/мин, при этом она не должна превышать 0,5 г/кг/ч, что составляет для 5% раствора около 10 мл/мин.

В работе A. W. Loeperke и J. P. Spaeth (2004) было продемонстрировано, что риск развития гипогликемии в предоперационном периоде крайне невысок у здоровых младенцев и детей (от 1 до 2%), несмотря на длительные периоды голодания, что свиде-

Таблица 6. Показания к введению растворов глюкозы в интраоперационном периоде

1. Новорожденные и дети первого года жизни.
2. Ослабленные пациенты с хроническими заболеваниями.
3. Пациенты, получающие парентеральное питание.
4. Дети, рожденные от матерей с сахарным диабетом.
5. Синдром Беквита–Видемана.
6. Нездидиобластоз (неонатальный гипогликемический синдром, гиперинсулинемическая гипогликемия новорожденных, врожденный гиперинсулинизм).

тельствует в пользу отказа от использования растворов глюкозы в интраоперационном периоде [27].

Особо хотелось бы остановиться на применении коллоидных растворов в периоперационном периоде. В настоящее время полагают, что применение коллоидных растворов для проведения базовой инфузионной терапии не оправданно, поэтому, согласно данным различных исследований, их следует использовать только для восполнения объема циркулирующей крови и коррекции кровопотери. Оптимальными коллоидными растворами для использования в педиатрической практике являются растворы гидроксиэтилкрахмалов 130/0,4, эффективность и безопасность применения которых у детей без заболеваний печени и почек доказана в значительном количестве работ [24, 31, 32, 34].

Важной проблемой инфузионной терапии в интраоперационном периоде является устранение дефицита объема циркулирующей крови и гипоксии на фоне продолжающегося кровотечения.

В педиатрической практике для этой цели наиболее широко используют растворы желатины («Гелофузин» и др.) и низкомолекулярные гидроксиэтилкрахмалы (130/0,4), хотя вопрос о выборе оптимального кровезаменителя на фоне продолжающегося кровотечения по-прежнему остается открытым.

Считается, что одним из противопоказаний для использования растворов гидроксиэтилкрахмалов во время продолжающегося кровотечения является высокий риск развития коагулопатии, однако следует отметить, что растворы желатины также способны оказывать негативное влияние на гемостаз. В частности, они нарушают полимеризацию фибрина и разрушают сеть мономеров фибрина. Кроме того, при использовании растворов желатины отмечается снижение эластичности и массы тромба, что и послужило основанием для поиска других кровезаменителей.

В исследовании K.P. Mulavisala и соавт. (2012) было продемонстрировано, что низкомолекулярные растворы гидроксиэтилкрахмалов (130/0,4) безопасны и эффективны для замещения объема у кардиохирургических пациентов детского возраста [23].

Кроме этого, авторы метаанализа D.O. Thomas-Rueddel и соавт. (2012), утверждают, что, несмотря на более чем 60-летний опыт клинического применения растворов желатины, их безопасность и эффективность требуют подтверждения [33].

Таким образом, исходя из данных литературы с целью коррекции гиповолемии на фоне продолжающегося кровотечения лучше всего использовать растворы низкомолекулярных гидроксиэтилкрахмалов, так как они оказывают минимальное воздействие на свертывающую систему крови в отличие от гидроксиэтилкрахмалов с высокой молекулярной массой.

В последние годы появились работы, свидетельствующие об эффективности использования синтетических коллоидных растворов, основным действующим веществом которых является полиэтиленгликоль, однако в настоящее время имеются только единичные положительные результаты, что подтверждает необходимость дальнейших исследований [6, 8, 12, 13].

Особое место среди растворов для проведения инфузионной терапии у детей в интраоперационном периоде занимают инфузионные антигипоксиканты, причем основным из них, разрешенным для использования в педиатрической практике является «Реамберин».

«Реамберин» – сбалансированный изотонический инфузионный раствор на основе янтарной кислоты – N-метиламмония натрия сукцината.

Янтарная кислота – один из промежуточных метаболитов, образующихся при биохимических превращениях углеводов, белков и жиров. Ее превращение в цикле Кребса сопровождается продукцией энергии, необходимой для обеспечения процессов жизнедеятельности каждой клетки организма.

Применение инфузионных растворов на основе сукцината натрия оказывает достоверный церебропротекторный эффект у новорожденных, перенесших перинатальную гипоксию, и способствует более гладкому течению послеоперационного периода у рассматриваемой категории пациентов, нуждающихся в хирургическом вмешательстве [2, 7].

Завершая обсуждение вопросов инфузионной терапии в интраоперационном периоде у детей необходимо отметить, что за последние годы были получены совершенно новые данные по особенностям физиологии и патофизиологии водно-солевого обмена у пациентов в критическом состоянии.

Это требует радикального пересмотра традиционных принципов инфузионной терапии в педиатрии и разработки четких практических рекомендаций по оценке ее эффективности.

Выводы

1. Базовая инфузионная терапия в интраоперационном периоде должна быть целенаправленной и обеспечивать дотацию жидкости с учетом физиологической потребности, текущих патологических потерь и имеющегося дефицита жидкости.

2. Оптимальными растворами для проведения базовой инфузионной терапии в интраоперационном периоде являются сбалансированные изотонические полиионные кристаллоидные растворы.

3. Применение коллоидных растворов в интраоперационном периоде целесообразно только

для восполнения дефицита объема циркулирующей крови и продолжающемся кровотечении.

4. Растворы желатины не имеют существенных преимуществ по сравнению с растворами низкомолекулярных гидроксипропилкрахмалов, так как не оказывают существенного положительного влияния на гемостаз и могут стать причиной развития коагулопатии.

5. Применение растворов инфузионных антигипоксантов на основе янтарной кислоты оправданно при высоком риске гипоксии и развитии реперфузионных парадоксов.

Список литературы

1. Александрович Ю. С., Гордеев В. И., Пшениснов К. В. Современные принципы инфузионной терапии в педиатрической практике // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2011. № 3. С. 54–58.
2. Володин Н. Н., Рогаткин С. О., Людовская Е. В. Лечение детей, перенесших перинатальную гипоксию в период ранней неонатальной адаптации // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2005. № 1. С. 20–25.
3. Гордеев В. В. Практикум по инфузионной терапии в педиатрической реанимации. – СПб: Элби-СПб, 2011. – 112 с.
4. Зильбер А. П. Этюды респираторной медицины. – М.: МЕДПресс, 2007. – 792 с.
5. Инфузионно-трансфузионная терапия в клинической медицине: Руководство для врачей/Под ред. Б. Р. Гельфанда. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. – 256 с.
6. Селиванов Е. А., Слепнева Л. В., Алексеева Н. Н. и др. Опыт применения полиоксифумарина для лечения гиповолемии у детей // Биомедицинский журнал MEDLINE. RU. 2010. Т. 11. С. 1–11.
7. Лазарев В. В., Михельсон В. А., Хелимская И. А. и соавт. Первый опыт применения реамберина в анестезиологическом обеспечении новорожденных // Детская хирургия. 2003. № 6. С. 31–34.
8. Лекманов А. У., Астамиров М. К., Селиванов Е. А. и др. Применение полиоксифумарина для лечения детей раннего возраста с термической травмой // Трансфузиология. 2010. № 2.
9. Chappell D., Jacob M., Hofmann-Kiefer K. et al. A rational approach to perioperative fluid management // Anesthesiology. 2008. Vol. 109, № 4. P. 723–740.
10. Arieff A. I., Ayus J. C., Fraser C. L. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children // BMJ. 1992. Vol. 9, № 304. P. 1218–1222.
11. Bundgaard-Nielsen M., Secher N. H., Kehlet H. 'Liberal' vs. 'restrictive' perioperative fluid therapy – a critical assessment of the evidence // Acta Anaesthesiol Scand. 2009. № 53. P. 843–851.
12. Chatpun S., Cabrales P. Effects on cardiac function of a novel low viscosity plasma expander based on polyethylene glycol conjugated albumin // Minerva Anesthesiol. 2011. Vol. 77, № 7. P. 704–714.
13. Chatpun S., Nacharaju P., Cabrales P. Improving cardiac function with new-generation plasma volume expanders // Am. J. Emerg. Med. 2013. Vol. 31, № 1. P. 54–63.
14. Davis P. J., Cladis F. P., Motoyama E. K. Smith's Anesthesia for Infants and Children, 8th Edition (Expert Consult Premium Edition). – Mosby, 2011. – 1376 p.
15. Arian A. A., Zappitelli M., Goldstein S. L. et al. Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children // Pediatr. Crit. Care Med. 2012. Vol. 13, № 3. P. 253–258.
16. Holliday M. A., Ray P. E. et al. Fluid therapy for children: facts, fashions and questions // Arch. Dis. Child. 2007. Vol. 92, № 6. P. 546–550.
17. Gregori G. A., Andropoulos D. B. Gregory's Pediatric Anesthesia. – Wiley & Sons, Incorporated, John, 2012. – 1355 p.
18. Gurgel S. T., do Nascimento P. Jr. Maintaining tissue perfusion in high-risk surgical patients: a systematic review of randomized clinical trials // Anesth Analg. 2011. Vol. 112, № 6. P. 1384–1391.

19. *Hamilton M.A., Cecconi M., Rhodes A.* A systematic review and meta-analysis on the use of preemptive hemodynamic intervention to improve postoperative outcomes in moderate and high-risk surgical patients // *Anesth Analg.* 2011. Vol. 112, № 6. P. 1392–1402.
20. *Hasan R.A.* Hospital-acquired hyponatremia in postoperative pediatric patients // *Pediatr Crit. Care Med.* 2011. Vol. 12, № 1. P. 121–122.
21. *Holliday M.A., Segar W.E.* The maintenance need for water in parenteral fluid therapy // *Pediatrics.* 1957. № 19. P. 823–832.
22. *Eulmesekian P.G., Pérez A., Minces P.G. et al.* Hospital-acquired hyponatremia in postoperative pediatric patients: prospective observational study // *Pediatr. Crit. Care Med.* 2010. Vol. 11, № 4. P. 479–483.
23. *Mulavisala K.P., Kulkarni V., Mudunuri R.* Hydroxyethyl starch 130/0.4 versus modified succinylated gelatin for volume expansion in pediatric cardiac surgery patients: the effects on perioperative bleeding and transfusion needs // *Transfusion Alternatives in Transfusion Medicine.* 2012. Vol. 12, Is. 3–4. P. 51–58.
24. *Sümpelmann R., Kretz F.J., Luntzer R.* Hydroxyethyl starch 130/0.42/6:1 for perioperative plasma volume replacement in 1130 children: results of an European prospective multicenter observational postauthorization safety study (PASS) // *Paediatr. Anaesth.* 2012. Vol. 22, № 4. P. 371–378.
25. *Jacob M., Chappell D., Rehm M.* The ‘third space’ – fact or fiction? // *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2009. Vol. 23, № 2. P. 145–157.
26. *Levick J.R., Michel C.C.* Microvascular fluid exchange and the revised Starling principle // *Cardiovascular. Research.* 2010. Vol. 87. P. 198–210.
27. *Loepke A.W., Spaeth J.P.* Glucose and heart surgery: neonates are not just small adults // *Anesthesiology.* 2004. Vol. 100, № 6. P. 1339–1341.
28. *Moritz M.L. et al.* Hospital-acquired hyponatremia: why are there still deaths? // *Pediatrics.* 2004. Vol. 113, № 5. P. 1395–1396.
29. *Maitland K., Kiguli S., Opoka R.O. et al.* Mortality after fluid bolus in African children with severe infection // *New Engl. J. Med.* 2011. Vol. 364, № 26. P. 2483–2495.
30. *Murat I., Dubois M.C.* Perioperative fluid therapy in pediatrics // *Paediatr Anaesth.* 2008. Vol. 18, № 5. P. 363–370.
31. *Bailey A.G., McNaull P.P., Jooste E. et al.* Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? // *Anesth Analg.* 2010. Vol. 110, № 2. P. 375–390.
32. *Boussekey N., Darmon R., Langlois J. et al.* Resuscitation with low volume hydroxyethylstarch 130 kDa/0,4 is not associated with acute kidney injury // *Crit Care.* 2010. Vol. 14, № 2. P. 40.
33. *Thomas-Rueddel D.O., Vlasakov V., Reinhart K.* Safety of gelatin for volume resuscitation – a systematic review and meta-analysis // *Inten. Care Med.* 2012. Vol. 38, № 7. P. 1134–1142.
34. *Saudan S.* Is the use of colloids for fluid replacement harmless in children? // *Cur. Op. Anaesth.* 2010. Vol. 23, Is. 3. P. 363–367.
35. *Becker B.F., Chappell D., Bruegger D. et al.* Therapeutic strategies targeting the endothelial glycocalyx: acute deficits, but great potential // *Cardiovasc Res.* 2010. Vol. 87, № 2. P. 300–310.
36. *Wallace W.M.* Quantitative requirements of the infant and child for water and electrolyte under varying conditions // *Am. J. Clin. Pathol.* 1953. Vol. 23, № 11. P. 1133–1141.

Авторы

Контактное лицо: АЛЕКСАНДРОВИЧ Юрий Станиславович	Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО ГБОУ ВПО СПбГПМУ. E-mail: jalex1963@mail.ru. Тел.: +7 (921) 589-81-26 (моб.).
ПШЕНИСНОВ Константин Викторович	Кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО ГБОУ ВПО СПбГПМУ.
ГОРДЕЕВ Владимир Ильич	Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ГБОУ ВПО СПбГПМУ.