

Maintenance parenteral fluids in the critically ill child

Manutenção parenteral de líquidos na criança agudamente doente

Karen Choong¹, Desmond Bohn²

Resumo

Objetivo: Examinar as necessidades hídricas (água livre de eletrólitos) a serem consideradas quando da administração de fluidos de manutenção na criança em estado grave. Analisamos algumas das dificuldades na estimativa desses requisitos, e discutimos as controvérsias a respeito das recomendações tradicionais.

Fontes dos dados: MEDLINE (1966-2007), Embase (1980-2007), e Cochrane Library, usando os termos: "fluidoterapia", "solução hipotônica", "isotônica", e sinônimos ou termos relacionados.

Síntese dos dados: A solução de manutenção e regime de fluido ideais permanecem um ponto de controvérsia em pediatria. As recomendações tradicionais para fluidos de manutenção são cada vez mais criticadas por não se aplicarem consistentemente à doença aguda, onde o gasto de energia e a necessidade de eletrólitos se desviam significativamente das estimativas originais. Apresentamos uma estrutura fisiologicamente fundamentada para a prescrição de fluidos de manutenção, com o objetivo de manter a tonicidade em equilíbrio, e administrar o volume mínimo de fluidos de manutenção necessário para manter a hemodinâmica. Discutimos também as indicações para soluções isotônicas e hipotônicas.

Conclusões: As prescrições de fluidos de manutenção devem ser individualizadas. Não existe uma solução endovenosa única e ideal para todas as crianças durante todas as fases da doença, mas há evidências suficientes para sugerir que a escolha empírica mais segura é uma solução isotônica. As soluções hipotônicas devem ser consideradas apenas se o objetivo é alcançar um equilíbrio positivo de água livre. As crianças em estado grave podem necessitar de uma redução de até 40-50% dos volumes de manutenção atualmente recomendados. Todos os pacientes que receberem fluidos endovenosos devem ser monitorados bem de perto, com pesagem diária, equilíbrio dos fluidos, controle dos parâmetros bioquímicos e clínicos, a fim de melhor orientar esta terapia.

J Pediatr (Rio J). 2007;83(2 Suppl):S3-10: Fluidoterapia, fluidos de manutenção, sangue, eletrólitos, solução isotônica.

Abstract

Objective: To examine electrolyte-free water requirements that should be considered when administering maintenance fluids in a critically ill child. We examine some of the difficulties in estimating these requirements, and discuss the controversies with respect to the traditional recommendations.

Sources: MEDLINE (1966-2007), Embase (1980-2007), and the Cochrane Library, using the terms: "fluid therapy", "hypotonic", "isotonic solution", and synonyms or related terms.

Summary of the findings: The ideal maintenance solution and fluid regimen remains a topic of heated debate in pediatrics. The traditional recommendations for maintenance fluids are increasingly criticized as they do not consistently apply in acute illness, where energy expenditure and electrolyte requirements deviate significantly from the original estimates. A physiologically based framework for prescribing maintenance fluids is presented, with the objective of maintaining tonicity balance, and infusing the minimum volume of maintenance fluid required to maintain hemodynamics. Indications for isotonic and hypotonic solutions are discussed.

Conclusions: Maintenance fluid prescriptions should be individualized. No single intravenous solution is ideal for every child during all phases of illness, but there is evidence to suggest that the safest empirical choice is an isotonic solution. Hypotonic solutions should only be considered if the goal is to achieve a positive free-water balance. Critically ill children may require a reduction by as much as 40-50% of the currently recommended maintenance volumes. All patients receiving intravenous fluids should be monitored closely with daily weights, fluid balances, biochemical and clinical parameters in order to best guide this therapy.

J Pediatr (Rio J). 2007;83(2 Suppl):S3-10: Fluid therapy, fluid maintenance, blood, electrolytes, isotonic solution.

1. MB. Division of Pediatric Critical Care and Department of Paediatrics, McMaster University, Hamilton, ON, Canada.
2. MB. Department of Critical Care Medicine, Hospital for Sick Children, Toronto, Canada. Departments of Anaesthesia and Paediatrics, University of Toronto, Toronto, Canada.

Como citar este artigo: Choong K, Bohn D. Maintenance parenteral fluids in the critically ill child. *J Pediatr (Rio J)*. 2007;83(2 Suppl):S3-10.

doi 10.2223/JPED.1614

Introdução

A fluidoterapia endovenosa (EV) é a intervenção médica mais comum administrada hoje a crianças hospitalizadas em países desenvolvidos. As indicações para a fluidoterapia EV são ou para expandir o espaço extracelular (EEC) contraído ou, como fluidos de "manutenção", para repor o débito urinário e perdas imperceptíveis em um paciente em jejum. Os efeitos adversos relacionados ao uso inapropriado dos fluidos de manutenção são preocupantemente comuns. O que constitui o regime mais apropriado ou propriamente dito para a manutenção EV ainda é motivo de debates acirrados, embora essa prática seja utilizada há meio século desde as recomendações iniciais de Holliday & Segar em 1957¹. As diretrizes de Holliday & Segar relacionam as necessidades de fluidos de manutenção a uma das três categorias de peso (≤ 10 kg, 11-20 kg, e > 20 kg). Essa fórmula permanece a mais popular e universalmente usada até hoje e continua sendo a recomendação padrão nos textos correntes de medicina pediátrica^{2,3}. Entretanto, sugere-se que, embora essas recomendações sejam apropriadas para crianças saudáveis, elas não se apliquem consistentemente na doença aguda, onde o gasto de energia e as necessidades de eletrólitos divergem significativamente dessa fórmula. Este artigo foca as necessidades hídricas (água livre de eletrólitos – ALE) que devem ser consideradas quando da administração de fluidos de manutenção EV a uma criança no ambiente de cuidado intensivo. Nós discutiremos os problemas e dificuldades em avaliar essas necessidades, particularmente em uma criança em estado grave, e algumas das controvérsias com respeito às recomendações tradicionais de fluidos. Por fim, apresentaremos uma abordagem fisiologicamente fundamentada para a prescrição de fluidos de manutenção EV. Estas discussões não se estenderão à população neonatal, a qual tem as suas próprias necessidades exclusivas de fluidos e eletrólitos.

Estimativa das necessidades hídricas (ALE)

As diretrizes tradicionais de Holliday & Segar calculam os volumes de fluidos de manutenção para equilibrar as necessidades hídricas (ALE) com base nas estimativas de evaporação de água (dissipação do calor) e gasto calórico (produção de calor). As diretrizes indexaram as necessidades de ALE ao índice metabólico, equacionando 1 mL de água a um consumo fixo de 1 kcal¹. Usando essa abordagem, as perdas imperceptíveis de água para uma criança de 10 kg são de 50 mL/kg/dia. A subtração da produção de água endógena do metabolismo oxidativo de 16 mL/kg/dia resulta em uma perda imperceptível líquida de água de 34 mL/kg/dia. As perdas obrigatórias de urina baseadas na quantidade de água necessária para excretar a carga de soluto de leite de vaca são de 66 mL/kg/dia. Esses cálculos resultam na estimativa conveniente para necessidades de ALE para a terapia de manutenção de 100 mL/100kcal/dia¹. Essas estimativas de necessidades de ALE têm sido criticadas por diversos motivos: a) esse modelo de gasto de energia foi baseado em crianças saudáveis, levando a uma suposição incorreta sobre o

gasto de energia e, conseqüentemente, a perdas imperceptíveis durante o estado de doença; b) a capacidade de excreção de ALE é restrita devido à excreção do hormônio antidiurético (HAD) durante a doença aguda; e c) o rim pode de fato gerar ALE sob certas condições. Nós discutiremos esses cálculos, e como eles são importantes ao considerarmos a prescrição de fluidos de manutenção EV.

Cálculo do gasto calórico

As necessidades de ALE são baseadas em critérios duvidosos, especialmente se o gasto de energia é baseado no peso corporal. Os pesquisadores demonstraram que o gasto de energia real não pode ser confiavelmente previsto através das fórmulas comumente usadas, pois geralmente acaba sendo superestimado⁴. A perda imperceptível de água na doença aguda não é constante, e varia com fatores ambientais tais como temperatura, circulação de ar, umidade, fluxo sanguíneo cutâneo e atividade muscular. O gasto calórico e a resultante produção de água endógena podem variar significativamente com o nível de atividade e ingestão alimentar ou privação calórica e assim difere consideravelmente durante o estado de doença em oposição ao estado de saúde^{5,6}. Muitos pesquisadores observaram que a incidência de estados hipermetabólicos em crianças em estado grave é baixa comparada a adultos^{4,7}. O gasto real de energia é muito menor que o suposto previamente, mesmo em crianças com sepse, trauma ou cirurgia por uma infinidade de razões, tais como imobilidade física, sedação, o uso de relaxantes musculares, ventilação mecânica, e fatores adicionais como metabolismo não essencial ou facultativo. A produção de água endógena a partir do catabolismo tecidual pode realmente aumentar durante a doença aguda^{6,8}. A produção de água pelo metabolismo em pacientes em estado grave pode equilibrar as perdas de água por evaporação via alvéolos em uma proporção de 1:1. As medidas calorimétricas indiretas indicam que o gasto de energia em crianças em estado grave pode ser tão baixo quanto 50-60 kcal/kg/dia^{4,9}. A ventilação mecânica diminui o trabalho de respiração como também a perda na evaporação de água através do trato respiratório e o gasto de energia para regulação da temperatura. A umidificação aquecida dos gases respiratórios através do circuito de ventilação pode reduzir as perdas imperceptíveis de água em até um terço¹⁰. Por isso, as estimativas tradicionais para os volumes de fluidos de manutenção, especialmente em crianças em estado grave, não podem ser quantificadas a partir dessas diretrizes gerais.

Incapacidade de excreção de ALE

Os estímulos mais potentes para a secreção de ADH são o aumento na osmolalidade sérica, hipovolemia e hipotensão. Entretanto, múltiplos estímulos não osmóticos tais como dor, drogas e agentes anestésicos, estresse, e até mesmo náusea e vômito, podem resultar também em aumento da atividade de ADH, conforme claramente demonstrado em crianças hospitalizadas¹¹⁻¹³. Em tais pacientes, haverá muito pouca ou nenhuma excreção de ALE, já que o ADH limita a excreção renal de água nesse caso, mesmo na presença de uma baixa os-

molalidade plasmática¹⁴. Como resultado, ocorre hiponatremia devido ao equilíbrio positivo de ALE em associação a uma baixa capacidade de excreção da urina hipotônica. Quaisquer fontes exógenas de água livre, tais como a administração de fluidos de manutenção hipotônicos EV, irão conseqüentemente exacerbar a redução do sódio plasmático (NaP).

Produção de ALE

Enquanto o ADH age para prevenir a excreção de ALE, o rim pode produzir água livre. Steele et al. observaram que a expansão do volume do fluido extracelular (FEC) com fluidos isotônicos ou quase isotônicos no período perioperatório resultou em hiponatremia devido a uma produção de ALE durante a excreção de urina hipertônica, a qual os autores chamaram de um fenômeno de "dessalinização"¹⁵. A fisiopatologia desse processo não está completamente esclarecida, mas é provavelmente multifatorial e está relacionada aos volumes de infusão de solução salina para manter a adequada pressão sanguínea após a indução de anestesia, em combinação com o aumento de ADH, peptídeo natriurético, filtração glomerular aumentada, e supressão de aldosterona. No pós-operatório, quando o agente anestésico já não faz mais efeito, o excesso de expansão do volume do FEC estimula a excreção urinária de Na⁺ e K⁺ na urina hipertônica. A ALE não é excretada devido às ações do ADH, apesar do uso de soluções isotônicas ou quase isotônicas. Isso resulta no desenvolvimento de hiponatremia, cujo risco e gravidade são ainda mais exacerbados se uma solução hipotônica for administrada.

Em resumo, as estimativas para a necessidade de ALE em fluidos de manutenção são baseadas atualmente em critérios pouco confiáveis. Fatores adicionais, tais como secreção não-osmótica de ADH, limitam a capacidade de excretar ALE. O uso das recomendações tradicionais para o volume de fluidos de manutenção pode resultar em uma superestimação grosseira da necessidade de ALE nas crianças em estado grave.

Necessidade de eletrólitos versus equilíbrio de tonicidade: o dilema hipotônico-isotônico

Os clínicos continuam discutindo se fluidos hipotônicos ou isotônicos são as soluções de manutenção ideais para crianças hospitalizadas (veja o Apêndice no final do artigo)^{16,17}. Holliday & Segar recomendaram adicionar 3.0 e 2.0 mEq/100kcal/24h de sódio e potássio, respectivamente, com base nas estimativas das necessidades nutricionais e contrabalancear a proporção entre ingestão e excreção urinária de sódio em lactentes saudáveis alimentados com leite¹⁻⁵. Essa lógica é o embasamento da prática amplamente aceita de prescrição de soluções hipotônicas de manutenção (isto é, 0,2% de solução salina em 5% de solução glicosada para todas as crianças doentes. Entretanto, estimativas imprecisas de fluidos de manutenção e necessidade de eletrólitos são importantes determinantes de morbidade subsequente. A hiponatremia é o transtorno eletrolítico mais comum entre crianças hospitalizadas¹⁸, e a associação entre soluções de

manutenção hipotônicas e o risco de hiponatremia tem sido repetidamente identificada em vários estudos¹⁹⁻²¹. Há relatos de incidência de até 50% de hiponatremia hospitalar em alguns casos^{22,23}. As soluções hipotônicas de manutenção exacerbam a redução do sódio plasmático (NaP), pois elas constituem uma fonte exógena de ALE durante a doença aguda quando a secreção de ADH limita a capacidade de excreção renal de ALE. Hoorn et al., em seus estudos de controle de caso, demonstraram que o fator que mais contribuía para a hiponatremia hospitalar era a administração de fluido hipotônico²¹. Neville et al. demonstraram que a infusão de uma solução hipotônica mais baixa em tonicidade do que a da urina excretada indica uma redução subsequente no Na plasmático em crianças com gastroenterite¹³. Em nossa recente revisão sistemática de fluidos de manutenção para crianças hospitalizadas, o uso de fluidos hipotônicos aumentou em 17 vezes as chances de hiponatremia, quando comparado ao uso de fluidos isotônicos¹⁹. Esse risco é particularmente evidente em pacientes no período pós-operatório. Os sintomas de hiponatremia podem ser não-específicos e sutis, tais como náusea e vômito²¹, os quais são tipicamente atribuídos a outras causas até o surgimento de sintomas mais evidentes de edema cerebral e aumento da pressão intracraniana. Embora a morbidade relacionada à hiponatremia hospitalar em crianças que recebem soluções hipotônicas de manutenção seja cada vez mais reconhecida²⁴⁻²⁸, índices inaceitavelmente altos de reações adversas, de até 30% (morte ou danos neurológicos), ainda são relatados²⁰. O que mais preocupa é que esses relatos identificam pacientes anteriormente saudáveis e não necessariamente os gravemente doentes, que se encontram em maior risco²⁹⁻³¹. O risco de hiponatremia e seqüelas neurológicas adversas nesses pacientes é raramente reconhecido ou antecipado^{12,29,30}, e piora com a administração de soluções hipotônicas e com o monitoramento insuficiente dos parâmetros bioquímicos e de fluidos. Muitas revisões descreveram o dano associado ao uso rotineiro de soluções hipotônicas e recomendam, portanto, que seu uso rotineiro em crianças seja repensado ou até mesmo abandonado^{11,32}.

Equilíbrio de tonicidade

Tem sido demonstrado que não é simplesmente a ingestão de sódio, mas sua razão de ingestão de água livre que influencia as concentrações de sódio plasmático²¹. O NaP é um marcador adequado pois reflete a razão entre os osmóis efetivos e a água corporal total. Como o Na⁺ é o principal cátion extracelular e, portanto, o principal determinante do volume de FEC, ele regula o movimento da água através das membranas celulares e explica o desenvolvimento de edema intracelular que ocorre na presença de hiponatremia. A expansão do volume do fluido intracelular é de grande importância para o sistema nervoso central, pois o cérebro está alojado em uma rígida caixa óssea, com uma capacidade limitada de expansão. Pequenos aumentos no fluido intracelular podem levar a aumentos desproporcionalmente grandes na pressão intracraniana, que podem ser catastróficos em condições clí-

nicas tais como dano cerebral traumático ou cetoacidose diabética. As crianças estão sob maior risco de seqüelas neurológicas secundárias à hiponatremia porque seus cérebros têm um maior volume de fluido intracelular por volume total do crânio²⁰. Essas crianças que desenvolvem hiponatremia sintomática têm uma incidência substancialmente maior de dano cerebral permanente do que os adultos³³. Defensores do uso de soluções isotônicas de manutenção enfatizam, entretanto, que na doença aguda o único e mais importante papel do sódio é a manutenção da tonicidade plasmática, além de seu papel central na distribuição de água entre os compartimentos intracelular e extracelular^{3,32}.

A relutância em usar soluções isotônicas em crianças é atribuída primeiramente aos riscos de desenvolver *hipernatremia*. Carga excessiva de soluto renal, um aporte nutricional diário de sódio maior do que o recomendado e uma tonicidade urinária inferior ou próxima a 50% da solução salina normal são os argumentos mais comuns contra o uso dos fluidos isotônicos em crianças³⁴. Entretanto, essas preocupações ainda têm que ser evidenciadas na literatura, e a hipernatremia ainda tem que ser relatada em adultos como consequência do uso rotineiro de soluções isotônicas. Por outro lado, os riscos de hiponatremia podem também se estender a pacientes tratados com fluidos isotônicos ou quase isotônicos, especialmente após uma cirurgia^{12,29,31,35,36}. Isso pode ser explicado, pelo menos em parte, pela excreção de urina relativamente hipertônica, conforme descrito em muitos estudos^{13,35-37}, e pelo fenômeno da "dessalinização" como foi descrito por Steele et al.¹⁵. O uso de fluidos hipotônicos nesses casos ajuda a exacerbar a gravidade da hiponatremia, enquanto fluidos isotônicos podem limitar este risco. Powell et al. observaram que a administração de soluções isotônicas de manutenção em crianças doentes com elevado ADH resultou em um retorno mais rápido do ADH aos níveis normais, em comparação a fluidos hipotônicos³⁸. Neville et al. demonstraram, em um estudo prospectivo randomizado de soluções de fluido EV em crianças com gastroenterite, que a solução salina isotônica protegeu contra o desenvolvimento de hiponatremia sem causar hipernatremia, quando comparado a fluidos hipotônicos¹³. Soluções isotônicas foram consideradas seguras, pois crianças hiponatremicas retêm sódio, enquanto crianças normonatremicas excretam sódio adequadamente.

Um molde para prescrição de fluidos de manutenção endovenosos

Se comparados a outras terapias usadas em cuidados intensivos pediátricos, a água e o sal são fáceis de usar e as diretrizes tradicionais parecem de rotina. Por isso, também é fácil negligenciar que essa intervenção simples e diária pode ter morbidade potencialmente significativa e até mesmo resultar em mortalidade. A prescrição e a administração de fluidos EV deveriam ser consideradas um procedimento invasivo, e por isso deveriam ser tratadas com o mesmo respeito e cuidado que se tem com qualquer outra prescrição de medicamento. Os clínicos deveriam considerar os riscos e

monitorar os seus pacientes apropriadamente. As dosagens (ex: tipo de solução e volume) deveriam ser *individualizadas*. Parâmetros fisiológicos e bioquímicos que são afetados pela fluidoterapia EV, como eletrólitos, glicose, peso corporal e equilíbrio nos fluidos deveriam ser acompanhados bem de perto em resposta à terapia de uma forma semelhante ao monitoramento terapêutico das drogas. As perdas imperceptíveis em pacientes hospitalizados variam consideravelmente, como variam suas atividades, temperatura corporal e grau de catabolismo. Além disso, tem sido demonstrado que essas necessidades mudam frequentemente durante o curso da doença⁴. De forma semelhante ao metabolismo e à depuração das drogas que variam com a doença aguda, nós não consideramos que um tipo de solução EV seja ideal para todo o curso clínico do paciente em estado grave. Por isso, o princípio de "1 medida serve para todos" no caso da prescrição de fluidos de manutenção não tem uma base fisiológica lógica. A morbidade e mortalidade potencial relacionadas ao fluido de manutenção EV são inaceitáveis. Nós cremos que o desequilíbrio eletrolítico e a morbidade são evitáveis se o fluido EV for prescrito de forma personalizada, e se uma fluidoterapia baseada em uma abordagem fisiológica for adotada.

Mantendo o equilíbrio da tonicidade: uma abordagem empírica

Nenhum índice ou composição de fluido por si só é ideal para *todas* as crianças; entretanto, soluções isotônicas *podem* ser as mais fisiológicas e, portanto, a escolha empírica mais segura para os fluidos de manutenção EV no ambiente de cuidado intensivo. Fluidos isotônicos são mais apropriados para preservar a integridade intracelular, minimizando as variações no NaP e na tonicidade. Acreditamos que a escolha de uma solução nos casos agudos não deveria ser realizada para satisfazer o cálculo das necessidades diárias de sódio ou de calorias de uma criança saudável, mas deveria ter como objetivo manter a tonicidade em equilíbrio na fase aguda da doença e no período pós-operatório, quando os pacientes apresentam um risco maior de transtornos relacionados a fluidos e eletrólitos, em particular a hiponatremia. A excreção de EAL é limitada nesses pacientes, e dessa forma, a administração adicional de ALE exógena na forma de soluções hipotônicas aumenta o risco de hiponatremia aguda, e sua morbidade associada^{11,13,39}. As soluções isotônicas EV deveriam ser consideradas (ou as soluções hipotônicas deveriam ser evitadas/contra-indicadas) em pacientes nos quais uma maior osmolalidade efetiva precisa ser mantida, ou uma redução na osmolalidade efetiva deveria ser evitada durante o período crítico da doença – ex: dano ao CNS, cetoacidose diabética. As soluções isotônicas são também indicadas no período pós-operatório e em pacientes com gastroenterite, especialmente quando acompanhada de evidente aumento da tonicidade urinária. É importante lembrar que as soluções isotônicas não evitam o risco de hiponatremia, porém é mais provável que diminuam a possibilidade de sua ocorrência.

Mantendo o equilíbrio de tonicidade: uma abordagem calculada

As mudanças na natremia são tipicamente analisadas em termos de ALE. Embora uma abordagem de ALE preveja o grau de mudança no NaP, ela não revela os fundamentos para uma mudança na natremia, nem conduz à terapia correta. Carlotti et al. apresentaram uma forma mais correta de determinar as mudanças na natremia pelo cálculo do equilíbrio de tonicidade, onde o total da ingestão e produção e o equilíbrio de massa do Na^+ e K^+ , ao invés de apenas o equilíbrio de massa do Na^+ , são considerados⁴⁰. O cálculo do equilíbrio de tonicidade real não prediz apenas o aumento do NaP em um paciente, mas também fornece informações sobre seu embasamento em termos de equilíbrio líquido de Na^+ e ALE. Isso fornece, então, informações para uma prescrição de fluidos específica para a correção da disnatremia, ao mesmo tempo normalizando os volumes dos compartimentos de FIC e FEC. Embora essa abordagem do equilíbrio de tonicidade forneça um método mais confiável para o desenvolvimento da fluidoterapia, é necessária a seguinte informação – peso corporal e uma estimativa da água corporal total, ingestão e produção totais em termos de volume de fluido e eletrólitos, e a mudança no NaP.

Soluções isotônicas devem ser evitadas em pacientes com sobrecarga de FEC, tais como aqueles com insuficiência cardíaca, renal e hepática, onde o aumento da osmolalidade efetiva exacerba a sobrecarga de FEC e, portanto o objetivo deve ser a restrição de sódio. As soluções isotônicas também devem ser consideradas com cautela em pacientes com perdas ou déficit de ALE.

Quando as soluções hipotônicas devem ser consideradas?

As soluções hipotônicas devem ser administradas se o objetivo for criar um equilíbrio positivo para ALE, e.g. em ocasiões onde há um déficit de ALE que pode ocorrer com diurese osmótica ou hídrica abundante, ou quando não houver perda renal através do trato gastrointestinal ou pele. Não recomendamos soluções hipotônicas em paciente com evidência de aumento de ALE *intracelular* (isto é, um NaP < 138 mM na ausência de hipoglicemia). As soluções hipotônicas também devem ser evitadas em pacientes com maior risco de redução significativamente no NaP através da administração exógena de ALE, por exemplo no período pós-operatório imediato, por razões descritas anteriormente, e também em pacientes com pouca massa muscular esquelética, já que 50% da água corporal está contida no músculo esquelético em indivíduos normais. Como o gasto de energia está relacionado à massa livre de gordura, pacientes com pouca massa muscular esquelética necessitam de menos ingestão de ALE para produzir uma significativa queda no NaP – aumentando assim o risco de desenvolverem uma encefalopatia hiponatrêmica. Finalmente, é importante considerar fontes ocultas de ingestão de ALE exógena, e.g. pedaços de gelo. A hiponatremia *per se* não é necessariamente uma indicação absoluta para o tratamento com solução salina isotônica. A solução isotônica salina aumenta o NaP apenas quando estiver acompanhada pelo au-

mento na excreção urinária de ALE. Em pacientes com síndrome de secreção inapropriada de ADH, por exemplo, a solução salina isotônica pode não aumentar o NaP, pois ele é excretado na urina hipertônica. Nesse caso, a co-administração de um diurético de alça que bloqueia a habilidade de concentração da urina, aumentando assim a excreção de ALE, é garantida.

Qual é o volume ideal do fluido de manutenção?

O volume ideal de fluido de manutenção a ser administrado a crianças gravemente doentes permanece obscuro. As recomendações tradicionais para as necessidades de ALE levarão a uma superestimação, principalmente em doentes graves sob ventilação mecânica, e por isso há uma indicação para reduzir os índices de fluidos de manutenção padrão em até 40-50% em alguns casos, desde que o paciente não esteja hipovolêmico^{22,32,34,41}. Essa opinião é cada vez mais defendida na literatura^{11,42}. Embora seja importante impedir a hiponatremia, não se deve fazer isso às custas de um grande equilíbrio positivo de fluidos. O tratamento e a prevenção da hiponatremia não consistem em simplesmente adicionar mais sal, especialmente se o principal problema do paciente é a antidiurese. As soluções isotônicas podem não ser eficazes na prevenção da hiponatremia em tais casos a não ser que o volume de fluido também seja reduzido^{6,43}. Deve-se administrar o volume mínimo de fluido isotônico necessário para manter a hemodinâmica. A restrição de fluido, ou então a redução do volume de fluido de manutenção a uma estimativa mais apropriada da necessidade de água livre na criança em estado grave, deve ser considerada. Além disso, há fortes evidências na literatura sobre cuidados intensivos de que uma fluidoterapia conservadora deve ser adotada em pacientes com lesão pulmonar aguda, assim que os mesmos não estiverem mais em choque⁴⁴.

A glicose durante a fluidoterapia de manutenção

É genericamente aceito que as crianças em geral necessitam de dextrose nos seus fluidos de manutenção para evitar o risco potencial de hipoglicemia; entretanto a hiperglicemia é surpreendentemente comum entre as crianças gravemente doentes⁴⁵. A importância de um controle glicêmico rígido com infusão de insulina e seu impacto na redução da morbimortalidade em adultos em estado grave nos levaram a reavaliar os riscos de hiperglicemia nas unidades de terapia intensiva pediátricas. A hiperglicemia tem se mostrado um indicador de prognóstico negativo em crianças com lesão cerebral traumática, e está associada a uma redução na função imunológica e a um aumento na mortalidade em queimados⁴⁶. Em um estudo de coorte retrospectivo, a hiperglicemia precoce e prolongada foi associada a um aumento de 3 a 6 vezes no risco de morte, respectivamente, em crianças em estado grave⁴⁵. A incidência de hipoglicemia não é tão comum quanto se pensava anteriormente, em um período em que a quantidade de administração de glicose tem diminuído significativamente⁴⁷. É prudente evitar a dextrose em infusões de fluido de manutenção em pacientes expostos a riscos mais altos (e.g.

lesão cerebral traumática e queimaduras), contanto que se realize um monitoramento periódico da glicose para evitar a hipoglicemia.

Sumário

As recomendações tradicionais para a prescrição de fluidos de manutenção em crianças não estão fundamentadas em evidências experimentais clínicas através do uso de desfechos importantes dos pacientes, e não fornecem necessariamente uma homeostase ótima de fluidos e eletrólitos em crianças hospitalizadas. Embora os riscos potenciais associados à fluidoterapia EV sejam reconhecidos, não existem ensaios clínicos que demonstrem, no momento, que um tipo de fluido de manutenção EV é mais seguro que o outro. Entretanto, podemos fazer recomendações para evitar complicações. Primeiramente, devemos prever os fatores de risco para a encefalopatia hiponatrêmica e evitar o seu desenvolvimento. Até que haja mais evidências do contrário, recomendamos uma abordagem fisiologicamente fundamentada para a prescrição de fluidos de manutenção EV, cujos objetivos sejam o equilíbrio da tonicidade e a restrição das mudanças nos volumes de FIC ou FEC. Portanto, uma solução isotônica é a escolha empírica mais segura. As soluções hipotônicas devem ser consideradas apenas se o objetivo for atingir um equilíbrio positivo de água livre. Deve-se administrar o volume mínimo de fluido de manutenção necessário para manter a hemodinâmica. Há considerações específicas para o caso de crianças em estado grave, que sugerem uma redução de até 40-50% nos volumes recomendados atualmente, uma vez que há repleção intravascular. Nenhuma terapia empírica, entretanto, está livre de potenciais efeitos adversos se os desfechos terapêuticos não forem monitorados. Todos os pacientes que recebem fluidos EV devem ser cuidadosamente monitorados, com pesagem diária, rígido controle do

equilíbrio de fluidos, e determinação dos parâmetros bioquímicos e dos parâmetros clínicos de volume de FEC e FIC. A ingestão de água e solutos pode ser então ajustada adequadamente. Esses parâmetros são monitorados rotineiramente nas crianças em estado grave. Entretanto, é nas crianças que estão menos doentes e, por isso, não estão internadas em unidades de tratamento intensivo, que esses riscos são menos previstos, mas nas quais esse monitoramento deve se tornar rotina para que as complicações iatrogênicas dessa terapia extremamente difundida possam ser minimizadas.

Apêndice

Definição de tonicidade e osmolalidade

Osmolalidade é a medida do número de partículas presentes em uma solução. A água se move livremente através das membranas celulares para garantir a mesma osmolalidade no FEC e FIC. A tonicidade é a *osmolalidade efetiva* e é igual a soma das concentrações dos solutos, que têm a capacidade de exercer uma força osmótica através da membrana. O sódio é o principal cátion no FEC, e por isso, é o principal determinante do volume de FEC ("Osmolalidade Efetiva" / "tonicidade"). A concentração de sal em uma solução determina a sua tonicidade. Uma solução isotônica terá aproximadamente 154 mEq/L cátions monovalentes (sódio mais potássio), já que a concentração média de sódio mais potássio na fase aquosa do plasma é de 154 mEq/L. A solução isotônica apresenta 0,9% de NaCl. A solução de Ringer lactato é considerada uma solução "quase isotônica". As soluções hipotônicas contêm entre 0,45% e 0,18% de NaCl. Uma solução dextrose a 5% é geralmente usada em crianças para prevenir a hipoglicemia. Após o metabolismo da glicose infundida, uma solução contendo apenas dextrose se torna equivalente à água.

solução EV	Na (mEq/L)	K⁺	Cl⁻	Osmolalidade (mOsm/kg/H₂O)	% água livre de eletrólitos*
5% dextrose em água	0			252	100
0,2% NaCl em 5% dextrose em água	34		34	321	78
0,45% NaCl em 5% dextrose em água	77		77	406	50
Solução de Ringer lactato	130	4	109	273	16
5% dextrose Ringer lactato	130	4	109	525	16
0,9% NaCl em 5% dextrose em água	154	154		560	0

* Com base em uma concentração de sódio mais potássio na fase aquosa de plasma de 154mEq/L, supondo que o plasma contém 93% de água com um sódio plasmático de 140 mEq/L e uma concentração de potássio de 4 mEq/L.⁴⁸

Referências

1. Holliday MA, Segar ME. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics*. 1957;19:823-32.
2. Roberts KB. [Fluid and electrolytes: parenteral fluid therapy](#). *Pediatr Rev*. 2001;22:380-6.
3. Siegel NJ. *Fluids, electrolytes and acid-base*, Rudolph's *Pediatrics*. 21st ed. New York: McGraw Hill; 2003.
4. Briassoulis G, Venkataraman S, Thompson AE. [Energy expenditure in critically ill children](#). *Pediatr Crit Care Med*. 2000;28:1166-72.
5. Darrow DC, Pratt EL. [Fluid therapy, relation to tissue composition and expenditure of water and electrolytes](#). *JAMA*. 1950;143:432-9.
6. Shafiee MA, Bohn D, Hoorn EJ, Halperin ML. [How to select optimal maintenance intravenous fluid therapy](#). *QJM*. 2003;96:601-10.
7. Steinhorn DM, Green TP. [Severity of illness correlates with alterations in energy metabolism in the pediatric intensive care unit](#). *Crit Care Med*. 1991;19:1503-9.
8. Bluemle LW, Potter HP, Elkington JR. [Changes in body composition in acute renal failure](#). *J Clin Invest*. 1956;10:1094-108.
9. Verhoeven J, Hazelot J, van der Voort E, Joosten K. [Comparison of measured and predicted energy expenditure in mechanically ventilated children](#). *Crit Care Med*. 1998;24:464-8.
10. Sosulski R, Polin RA, Baumgart S. [Respiratory water loss and heat balance in intubated infants receiving humidified air](#). *J Pediatr*. 1983;103:307-10.
11. Duke T, Molyneux EM. [Intravenous fluids for seriously ill children: time to reconsider](#). *Lancet*. 2003;362:1320-3.
12. Gerigk M, Gnehm H, Rascher W. [Arginine vasopressin and renin in acutely ill children: implication for fluid therapy](#). *Acta Paediatr*. 1996;85:550-3.
13. Neville K, Verge C, O'Meara M, Walker J. [High antidiuretic hormone levels and hyponatremia in children with gastroenteritis](#). *Pediatrics*. 2005;116:1401-7.
14. Roberston GL. *Vasopressin*. Philadelphia: Lippincott; 2000.
15. Steele A, Gowrishankar M, Abrahamson S, Mazer CD, Feldman RD, Halperin ML. [Postoperative hyponatremia despite near-isotonic saline infusion: a phenomenon of desalination](#). *Ann Intern Med*. 1997;126:20-5.
16. Holliday MA. [Isotonic saline expands extracellular fluid and is inappropriate for maintenance therapy](#). *Pediatrics*. 2005;115:193-4; author reply 194.
17. Moritz ML, Ayus JC. [Hospital-acquired hyponatremia: why are there still deaths?](#) *Pediatrics*. 2004;113:1395-6.
18. Wattad A, Chiang ML, Hill LL. [Hyponatremia in hospitalized children](#). *Clin Pediatr (Phila)*. 1992;31:153-7.
19. Choong K, Kho M, Menon K, Bohn D. [Hypotonic versus isotonic saline in hospitalised children: a systematic review](#). *Arch Dis Child*. 2006;91:828-35. Epub 2006 Jun 5.
20. Halberthal M, Halperin ML, Bohn D. [Lesson of the week: acute hyponatraemia in children admitted to hospital: retrospective analysis of factors contributing to its development and resolution](#). *BMJ*. 2001;322:780-2.
21. Hoorn EJ, Geary D, Robb M, Halperin ML, Bohn D. [Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: an observational study](#). *Pediatrics*. 2004;113:1279-84.
22. Hanna S, Tibby SM, Durward A, Murdoch IA. [Incidence of hyponatraemia and hyponatraemic seizures in severe respiratory syncytial virus bronchiolitis](#). *Acta Paediatr*. 2003;92:430-4.
23. Shann F, Germer S. [Hyponatremia associated with pneumonia or bacterial meningitis](#). *Arch Dis Child*. 1985;60:963-6.
24. Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. [Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children](#). *BMJ*. 1992;304:1218-22.
25. Armour A. [Dilutional hyponatremia: a cause of massive fatal intra-operative cerebral edema in a child undergoing renal transplantation](#). *J Clin Pathol*. 1997;50:444-6.
26. Hughes PD, Nichols D, Mutton PM. [Postoperative hyponatremic encephalopathy: water intoxication](#). *Aust N Z J Surg*. 1998;68:165-8.
27. Peeters A, Claes J, Saldien V. [Lethal complications after tonsillectomy](#). *Acta Otorhinolaryngol Belg*. 2001;55:207-13.
28. Paut O, Remond C, Lagier P. [Severe hyponatremic encephalopathy after pediatric surgery: report of seven cases and recommendations for management and prevention](#). *Ann Fr Anesth Reanim*. 2000;19:467-73.
29. Brazel P, McPhee IP. [Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in postoperative scoliosis patients: the role of fluid management](#). *Spine*. 1996;21:727.
30. Burrows F, Shutack JG, Crone R. [Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in a postsurgical pediatric population](#). *Crit Care Med*. 1983;11:527-31.
31. Dagli G, Orhan ME, Kurt E. [The effects of different hydration fluids used in pediatric anaesthesia on blood glucose, electrolytes, and cardiovascular stability](#). *GATA Bulteni*. 1997;39:146-52.
32. Taylor D, Durward A. [Pouring salt on troubled waters](#). *Arch Dis Child*. 2004;89:411-4.
33. Chung HM, Kluge R, Schrier RW, Anderson RJ. [Postoperative hyponatremia: a prospective study](#). *Arch Intern Med*. 1986;146:333-6.
34. Holliday MA, Friedman A, Segar ME, Chesney R, Finberg L. [Acute hospital-induced hyponatremia in children: a physiologic approach](#). *J Pediatr*. 2004;145:584-7.
35. Levine JP, Stelnicki E, Weiner HL, Bradley JP, McCarthy JG. [Hyponatremia in the postoperative craniofacial pediatric patient population: a connection to cerebral salt wasting syndrome and management of the disorder](#). *Plast Reconstr Surg*. 2001;108:1501-8.
36. Neville K, Verge C, Rosenberg A, O'Meara M, Walker J. [Isotonic is better than hypotonic saline for intravenous rehydration of children with gastroenteritis: a prospective randomised study](#). *Arch Dis Child*. 2006;91:226-32.
37. Cupido C, Dalle-Mulle L, Halperin ML, Bohn D. [Postoperative desalination in paediatric patients](#). Toronto: St. Michael's Hospital; 2000.
38. Powell KR, Sugarmann LI, Eskanzai AE. [Normalisation of plasma arginine vasopressin concentrations when children with meningitis are given maintenance plus replacement fluid therapy](#). *J Pediatr*. 1990;117:515-22.
39. Judd BA, Haycock GB, Dalton RN, Chantler C. [Antidiuretic hormone following surgery in children](#). *Acta Paediatr Scand*. 1990;79:461-6.
40. Carlotti AP, Bohn D, Mallie JP, Halperin ML. [Tonicity balance, and not electrolyte-free water calculations, more accurately guides therapy for acute changes in natremia](#). *Intensive Care Med*. 2001;27:921-4.

41. Hatherill M. [Rubbing salt in the wound](#). Arch Dis Child. 2004;89:414-8.
42. Hatherill M, Waggie Z, Salie S, Argent A. [Hospital-acquired hyponatremia is associated with excessive administration of intravenous maintenance fluid](#). Pediatrics. 2004;111:1368; author reply 1368-9.
43. Heresi G, Arrogliia A, Wiedemann H, Matthay M. [Pulmonary artery catheter and fluid management in acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome](#). Clin Chest Med. 2006;27:627-35.
44. Srinivasan V, Spinella PC, Drott HR, Roth CL, Helfaer MA, Nadkarni V. [Association in timing, duration, and intensity of hyperglycemia with intensive care unit mortality in critically ill children](#). Pediatr Crit Care Med. 2004;5:329-36.
45. Tham T, Warren A, Phan H, Molitor F, Greenhalgh D, Palimieri T. [Impact of tight glycemic control in severely burned children](#). J Trauma. 2005;59:1148-54.
46. Paut O, Lacroix F. [Recent developments in the perioperative fluid management for the paediatric patient](#). Curr Opin Anaesthesiol. 2006;19:268-77.
47. Moritz ML, Ayus JC. [Prevention of hospital-acquired hyponatremia: a case for using isotonic saline](#). Pediatrics. 2003;111:227-30.

Correspondência:
Karen Choong
Department of Pediatrics
McMaster University
Hamilton, Ontario, Canada
E-mail: choongk@mcmaster.ca