

Hidratación Parenteral en Pediatría

Parenteral hydration in pediatrics

Oscar Doldán Pérez¹

La falta de agua altera el cerebro con una suerte de locura agotadora, que destruye el dominio de sí mismo, y convierte al hombre más reposado en una fiera que ruga, brama y se enfurece ante la sola visión, imaginaria o real, de una gota de agua....

Arturo Bray

(1898-1974 Militar y Escritor Paraguayo)

INTRODUCCIÓN

El agua es el componente más importante del cuerpo humano. En un adulto constituye el 60% del peso corporal, alcanzando hasta 70% en el lactante y 80% en el recién nacido. El contenido hídrico del organismo varía en proporción inversa a la cantidad de grasa del cuerpo, motivo por el cual los neonatos y lactantes tienen mayor porcentaje de agua.

El agua corporal total se distribuye en 2 compartimientos: extracelular e intracelular

- El líquido extracelular contiene la tercera parte del agua corporal total, (20% del peso corporal) del cual el líquido intersticial ocupa el mayor espacio. El volumen plasmático constituye el 4 a 5 % del peso corporal.
- El líquido intracelular está constituido por el líquido que se halla dentro de las células, y representa los 2/3 restantes del agua corporal total (40% del peso corporal).

La concentración de los solutos es diferente en cada uno de los compartimientos, aunque ambos tienen una osmolaridad comparable de 285 a 295 mOsm/l.

Necesidades Basales de Agua

Se pueden calcular en base a la Fórmula de Holliday:

Primeros 10 kg	0 - 10 kg : 100 ml/kg
Segundos 10 kg	11 - 20 kg : 50 ml/kg
A partir de 20 kg	> 20 kg : 20 ml/kg

Ejemplo práctico: Niño de 35 Kg

$$\begin{array}{r} 10 \text{ kg} \times 100 = 1.000 \text{ ml} \\ 10 \text{ kg} \times 50 = 500 \text{ ml} \\ 15 \text{ kg} \times 20 = 300 \text{ ml} \\ \hline 35 \text{ kg} = 1.800 \text{ ml} \end{array}$$

De estas necesidades basales, aproximadamente 2/3 corresponden a las pérdidas renales y el tercio restante a las pérdidas insensibles, que varía según la edad, la temperatura, la frecuencia respiratoria y la actividad física.

Deshidratación aguda

Es la disminución de los líquidos corporales que se produce por aportes insuficientes o pérdidas excesivas de agua.

1. Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica. Centro Médico La Costa. Asunción – Paraguay.
Artículo recibido el 4 de Junio de 2009, aceptado para publicación 8 de agosto de 2009.

Hallazgos de la exploración física según la gravedad de la deshidratación

	Leve	Moderado	Grave
Pulso	Normal y lleno	Rápido	Rápido y débil
Presión arterial	Normal	Normal o baja	Choque
Diuresis	Disminuida	Muy disminuida	Anuria
Mucosa bucal	Ligeramente seca	Moderadamente seca	Muy seca
Fontanela anterior	Normal	Hundida	Muy hundida
Ojos	Normales	Hundidos	Muy hundidos
Turgencia cutánea	Normal	Disminuida	Pastosa
Piel	Normal	Fría	Fría, moteada y con acrocianosis

La deshidratación conduce a un compromiso variable según el grado de pérdida de líquidos, de los principales órganos y sistemas: circulatorio, renal, nervioso, respiratorio, digestivo, etc.

Se pueden producir diferentes grados de deshidratación que por motivos didácticos se clasifican en:

- **Leves:** <3 % en niño mayor o adulto; <5% en un lactante, de pérdida de peso corporal.
- **Moderados:** 3 -6 % en niño mayor o adulto; 5-10 % en un lactante, de pérdida de peso corporal.
- **Graves:** >6 % en niño mayor o adulto; >10% en un lactante, de pérdida de peso corporal.

Reposición del líquido perdido

En la deshidratación grave se administra 20 cc/kg de SSI (solución salina isotónica al 0,9%) o Ringer Lactato, en goteo rápido, con posterior valoración clínica para eventuales repeticiones de la misma solución.

Una vez superada la situación de shock, se procede a la re-hidratación calculando el déficit del paciente, para lo cual se debe sumar el volumen de mantenimiento más el porcentaje de pérdida a reponer en 24 horas, excepto en la deshidratación hipertónica en la que la reposición de las primeras 24 horas contempla el mantenimiento más la mitad del déficit estimado, completándose la reposición en 48 hs.

En caso de deshidratación hiponatrémica, la mitad del déficit calculado se debe dar en las primeras 8 horas, y el resto en las 16 horas restantes.

Glucosa

La glucosa al 5% en los líquidos de mantenimiento

proporciona aproximadamente el 20% de las necesidades calóricas, con 17 calorías por cada 100 ml. Este aporte previene la producción de cetosis, mantiene los niveles de glucemia y reduce el catabolismo de las proteínas. La glucosa adicionada a las infusiones de hidratación evita que las soluciones administradas sean hipotónicas y puedan producir hemólisis.

Necesidades basales de electrolitos

- Sodio: 2,5 a 3 mEq/kg/día.
- Potasio: 2 a 2,5 mEq/kg/día
- Cloruro: 4,5 a 5,5 mEq/kg/día
- Estos requerimientos se consiguen agregando cloruro de sodio 3 molar a razón de 14 ml (42 mEq/l de sodio) y 7 ml de cloruro de potasio 3 molar (21 mEq/l), el cloro ingresa con ambos componentes.

En todos los casos de deshidratación es necesario controles periódicos de peso, diuresis, pérdidas concurrentes, control del medio interno y funcionalidad renal.

Clasificación de la deshidratación según la tonicidad

- Hipotónica: natremia inferior a 130 mEq/l
- Isotónica: natremia entre 130 a 150 mEq/l
- Hipertónica: natremia superior a 150 mEq/l

Déficit de sodio según los tipos de deshidratación

- Hipotónica: 10 a 14 mEq/kg/día
- Isotónica: 7 a 10 mEq/kg/día
- Hipertónica: 2 a 4 mEq/kg/día

Soluciones intravenosas más utilizadas

Líquido	Na+	Cl-	K+	Ca++	Lactato
Sol. Salina Isotónica (0,9% Cl Na)	154	154			
½ SSI (0,45% Cl Na) 25cc ClNa 3M	75	75			
¼ SSI (0,2% Cl Na) 12 cc ClNa 3M	36	36			
Solución Ringer Lactato	130	109	4	3	28

Fluidoterapia según los diferentes tipos de deshidratación

Los esquemas de aportes pueden variar según magnitud de nuevas pérdidas concurrentes y sucesivas de terminaciones de electrolitos. Estas recomendaciones se enmarcan en niños con mecanismos homeostáticos normales de excreción urinaria de agua, sodio y potasio. Pacientes con trastornos fisiopatológicos más complejos como insuficiencia renal, diabetes insípida, etc., deben ser tratados con consideraciones especiales inherentes al trastorno de base.

1. Deshidratación isonatémica

Natremia: entre 130-150 mEq/l

Si el niño se halla en shock, se procede a la reposición del volumen intravascular con SSI a razón de 20 ml/kg en 20 minutos, que eventualmente se repite hasta restablecer la hemodinamia.

Restauración del déficit en 24 horas, aportando 7 a 10 mEq/kg/día de sodio. Este aporte se consigue con una concentración de 60 mEq/litro.

El potasio se agrega a la mezcla una vez que la diuresis se restituye, en forma de cloruro de potasio a una concentración de 30 mEq/litro del mencionado catión.

Ejemplo práctico: niño de 5 años, 18 kilos, con deshidratación leve a moderada estimada en 5% y sodio sérico de 137 mEq/l.

Plan: Solución glucosada al 5%.....1000cc
 Cloruro de sodio 3M.....20cc
 Cloruro de potasio 3M.....10cc
 Goteo: 87,5 ml/hora

Desglosando los cálculos:

- Volumen: mantenimiento + ½ mantenimiento
 $1400 \text{ cc} + 700 \text{ cc} = 2100 \text{ cc}$
- Sodio: 60 mEq/litro
 $2100 \text{ cc} = 126 \text{ mEq} \rightarrow 126/18 = 7 \text{ mEq/kg/día}$
- Potasio: 30 mEq/l = 63 mEq $\rightarrow 63/18 = 3,5 \text{ mEq/kg/día}$

2. Deshidratación hiponatémica

Natremia: inferior a 130 mEq/l

Si el niño se halla en shock, se procede a la reposición del volumen intravascular con SSI a razón de 20 ml/kg en 20 minutos, que eventualmente se repite hasta restablecer la hemodinamia

Restauración del déficit en 24 horas, la mitad del mismo en las primeras 8 horas, y el resto en las 16 horas restantes, aportando 10 a 14 mEq/kg/día de sodio. Este aporte se consigue con una concentración de sodio de 75 mEq/litro, en las primeras 8 horas y de 60 mEq/l en las restantes 16 horas.

La corrección muy rápida de la hiponatremia puede conducir a la mielinólisis pontina, por lo que se debe evitar un incremento del sodio sérico mayor de 12 mEq/l en 24 horas.

La corrección del déficit de sodio se puede cuantificar por la siguiente fórmula (Na deseado - Na actual) x 0.6 x Kg.

El factor 0.6 corresponde a la distribución del sodio en el líquido extracelular.

Con el potasio se procede de la misma manera que en la deshidratación isonatémica.

Ejemplo práctico: niño de 8 kilos, con deshidratación moderada estimada en 10 % y sodio sérico de 126 mEq/l.

Plan de las primeras 8 horas:
 Solución glucosada al 5%.....1000cc
 Cloruro de sodio 3M.....25cc
 Cloruro de potasio 3M.....10cc
 Goteo: 100 ml/hora

Desglosando los cálculos:

- Volumen:
 mantenimiento + mantenimiento
 $800 \text{ cc} + 800 \text{ cc} = 1600 \text{ cc}$
 La mitad en las primeras 8 horas = 800 cc
- Sodio: 75 mEq/litro
 $800 \text{ cc} = 60 \text{ mEq} \rightarrow 60/8 = 7,5 \text{ mEq/kg/en } 8 \text{ horas}$
- Potasio: 30 mEq/l = 24 mEq $\rightarrow 24/8 = 3 \text{ mEq/kg/en } 8 \text{ horas}$

Plan de las restantes 16 horas:
 Solución glucosada al 5%.....1000cc
 Cloruro de sodio 3M.....20cc
 Cloruro de potasio 3M.....10cc
 Goteo: 50 ml/hora

Desglosando los cálculos:

- Volumen: mantenimiento + mantenimiento
 $800 \text{ cc} + 800 \text{ cc} = 1600 \text{ cc}$
La segunda mitad en las restantes 16 horas = 800 cc
- Sodio: 60 mEq/litro
 $800 \text{ cc} = 48 \text{ mEq} \rightarrow 48/8 = 6 \text{ mEq/kg/en } 16 \text{ horas}$
- Potasio: 30 mEq/l = 24 mEq $\rightarrow 24/8 = 3 \text{ mEq/kg/en } 16 \text{ horas}$

Aporte global de sodio en 24 hs: 13,5 mEq/kg/día

Aporte global de potasio en 24 hs: 6 mEq/kg/día

La manifestación más grave de la hiponatremia severa es la convulsión debido a edema cerebral. Se indica solución hipertónica al 3% (510 mEq/l). Cada ml/kg de la solución hipertónica al 3% incrementa la concentración sérica de sodio en aproximadamente 1 mEq/l. Una infusión de 4 a 6 ml/kg generalmente revierte los síntomas. A partir 125 mEq/l se considera como nivel "seguro" de protección cerebral.

Ejemplo práctico de corrección aguda:

Niño de 10 kg con crisis convulsivas, con natremia de 120 mEq/l. Indicamos corregir 5 mEq, por lo que calculamos llevar el nivel de sodio a 125 mEq/l.

$(\text{Na deseado} - \text{Na actual}) \times 0,6 \times \text{Kg}$

$(125 - 120) \times 0,6 \times 10$

$5 \times 0,6 \times 10 = 30 \text{ mEq de sódio a pasar en aproximadamente } 3 \text{ horas}$

Solución hipertónica al 3% = 510 mEq/l.

Preparación:

Agua destilada..... 83 cc

Cloruro de sodio 3M..... 17 cc (51 mEq)

Total = 100 ml, de los cuales se administran

59 ml en 3 horas.

59 ml = 30 mEq de sodio.

Al término de esta corrección, una determinación de laboratorio debe confirmar que la natremia actual corresponde a 125 mEq/l.

3. Deshidratación hipernatémica

Natremia: superior a 150 mEq/l

Si el niño se halla en shock, se procede a la reposición del volumen intravascular con SSI a razón de 20 ml/kg en 20 minutos, que eventualmente se repite hasta restablecer la hemodinamia.

La restauración del déficit se realiza en 1 a 4 días según la natremia obtenida:

- Na de 145 a 157 mEq/l: en 24 horas
- Na de 158 a 170 mEq/l: en 48 horas
- Na de 171 a 183 mEq/l: en 72 horas

- Na de 184 a 194 mEq/l: en 84 horas

La reposición de cada día contempla el mantenimiento más el déficit estimado, que se fraccionara en 1 a 4 días según el tiempo determinado por el nivel de natremia.

No existe un consenso sobre la concentración ideal del líquido a infundir, las recomendaciones del plan inicial varían de 36 mEq/litro ($\frac{1}{4}$ de SSI) a 75 mEq/l ($\frac{1}{2}$ SSI). Se deben variar las concentraciones de sodio según la velocidad de descenso del sodio, lo cual esta directamente relacionado con el aporte de "agua libre".

En pacientes complicados con hipernatremia grave, se infunden "en paralelo" 2 soluciones con diferentes concentraciones de sodio y la misma concentración de glucosa y potasio:

- a) Solución glucosada al 5% + 36 mEq/l de sodio ($\frac{1}{4}$ de SSI)
- b) Solución glucosada al 5% + 150 mEq/l de sodio (SSI)

Cálculo de agua libre

$0,6 \times \text{peso} [(\text{Na real} / \text{Na ideal}) - 1] = \text{agua libre a corregir en litros.}$

Ejemplo práctico: Paciente de 10 kg con natremia de 180 mEq/l, intentamos reducir 0,5 mEq/hora en las siguientes 12 horas, es decir 6 mEq/l =

$0,6 \times 10 \times [(180/174) - 1]$

$6 \times [(1,034) - 1]$

$6 \times 0,034 = 0,206 \text{ l de H}_2\text{O libre} = 206 \text{ ml de "agua libre"}$

La SSI no contiene "agua libre".

La SSI $\frac{1}{2}$ contiene 50% de "agua libre".

La SSI $\frac{1}{4}$ contiene 75% de "agua libre".

La SG 5% contiene 100 % de "agua libre".

La bibliografía muestra diferentes fórmulas para realizar este cálculo. La utilidad de estas fórmulas en la práctica clínica no ha sido bien comprobada, y la mayoría de los pacientes evolucionan bien con el esquema enunciado más arriba.

Se debe controlar un ionograma a las 3, 6 y 12 horas, en el curso de la rehidratación. La velocidad de descenso de la natremia NO debe exceder de 0,5 a 1 mEq/l/hora

Con el potasio se procede de la misma forma que en los anteriores casos.

- Si la natremia desciende muy rápidamente, se indica las soluciones en paralelo antedichas: se aumenta el goteo de la solución glucosada con 150

mEq/l (SSI), y se reduce en la misma proporción el volumen de la solución que contiene $\frac{1}{4}$ de SSI, de tal manera que el aporte de sodio sea entre 120 a 150 mEq/l. Si se presentan convulsiones por edema cerebral, se utiliza idéntica conducta a la descrita en caso de hiponatremia severa, con solución hipertónica al 3%.

- Si la natremia desciende con demasiada lentitud, se aumenta la velocidad de infusión de la solución que contiene $\frac{1}{4}$ de SSI, con lo que aumenta la oferta de “agua libre”. El incremento del volumen debe contemplar que el volumen total debe estar en el orden de 1,25 a 1,5 veces de los líquidos de mantenimiento. Otra alternativa es disminuir la concentración de sodio del plan inicial.

Ejemplo práctico: lactante de 3 meses y 6 kilos, con deshidratación moderada del 10 % y sodio en sangre de 165 mEq/l.

Plan de las primeras 24 horas:

Solución glucosada al 5%.....1000cc

Cloruro de sodio 3M.....12cc

Cloruro de potasio 3M.....10cc

Goteo: 37,5 ml/hora

Desglosando los cálculos:

- Volumen: mantenimiento + $\frac{1}{2}$ déficit
 $600 \text{ cc} + 300 \text{ cc} = 900 \text{ cc} \rightarrow 900/24 = 37,5 \text{ cc}$
- Sodio: 36 mEq/litro
 $900 \text{ cc} = 32,4 \text{ mEq} \rightarrow 32,4/6 = 5,4 \text{ mEq/kg/en 24 horas}$
- Potasio: 30 mEq/l = 27 mEq $\rightarrow 27/6 = 4,5 \text{ mEq/kg/en 24 horas}$

Plan del 2º día: idéntico al 1º día

Aporte global de sodio en 24 hs: 5,4 mEq/kg/día

Aporte global de potasio en 24 hs: 3,15 mEq/kg/día

Potasio

El déficit de potasio varía según la intensidad y el tipo de deshidratación.

En el niño normohidratado se utiliza una concentración de 21 mEq/l (7 cc de Cl K 3M en 1000 de sol glucosada al 5%).

En el niño deshidratado se utiliza una concentración de 30 mEq/l (10 cc de Cl K 3M en 1000 de sol glucosada al 5%).

Déficit de potasio según los tipos de deshidratación

- Hipotónica: 8 a 10 mEq/kg/día
- Isotónica: 8 a 10 mEq/kg/día

- Hipertónica: 0 a 4 mEq/kg/día

La restitución del potasio, catión eminentemente intracelular, debe considerar las siguientes recomendaciones:

- No debe agregarse a la mezcla de hidratación hasta que el paciente no haya orinado y se compruebe la buena funcionalidad de los riñones.
- La corrección de la kalemia, a diferencia del sodio, se realiza de manera gradual en 48 horas o más, motivo por el cual las concentraciones indicadas en la mezcla de rehidratación equivalen a la mitad o menos con respecto al sodio, a pesar que los déficits sean similares.
- El aporte global de potasio por día no debe exceder de 4 mEq/día, para evitar sobrepasar la capacidad de captación celular de potasio, y por consiguiente la hiperpotasemia.
- El nivel sérico de potasio se ve alterado en forma inversamente proporcional por los desequilibrios del estado ácido básico. Así, por cada 0,1 que desciende el pH, el nivel de potasio se incrementa entre 0,6 mEq/l. En el curso de la re-hidratación la acidosis tiende a corregirse espontáneamente, y el potasio desciende consecuentemente, de ahí la importancia de los controles sucesivos del ionograma.

Líquidos de reposición

En el curso de la rehidratación pueden continuar las pérdidas concurrentes, las cuales deben ser tenidas en cuenta según el sitio del débito.

- **Líquido gástrico:** ya sea por vómitos o drenaje por sonda, la reposición se debe hacer teniendo en cuenta la composición del mismo y el volumen perdido:

Sodio = 20-80 mEq/l

Potasio = 5-20 mEq/l

Cloruro = 100-150 mEq/l

Una solución adecuada para la reposición, volumen por volumen, en un tiempo de 1 a 6 horas, es:

SSI hasta 1000 cc + 7 ml de Cl K, que representa una cantidad mayor de potasio que la que se pierde, teniendo en cuenta la tendencia a desarrollar hipokalemia en pacientes con pérdidas gástricas, debido a las pérdidas concomitantes por orina.

- **Diarrea:** en los infrecuentes casos de imposibilidad de reposición por vía oral de pérdidas por deposiciones diarreicas copiosas, se debe medir el volumen

de las mismas e infundir la cantidad equivalente según la composición de la pérdida:

Sodio = 10 a 90 mEq/l

Potasio = 10 a 80 mEq/l

Cloro = 10 a 110 mEq/l

Bicarbonato = 15 a 50 mEq/l

La solución recomendada para la reposición es:

Solución glucosada al 5% hasta 1000 cc + 25 ml de Cl Na (75mEq/l de sodio) + 20 ml de Bicarbonato de Sodio 1M (20 mEq/l) + 8 ml de Cl K (24 mEq/l de Potasio).

● **Fiebre:** por cada grado centígrado que aumenta la temperatura por encima de 37°, se debe calcular 10 ml/kg/día, aunque este razonamiento es teórico ya que la elevación térmica no persiste durante todo el día, por lo que se debe hacer balances de pérdidas parciales.

● Según el tipo de pérdidas se puede calcular la composición de los líquidos a reponer:

Líquido	Na (mEq/l)	K (mEq/l)	Cl (mEq/l)	HCO ₃ (mEq/l)
Pancreático	120 a 140	5 a 15	40 a 80	110
Intestino delgado	100 a 140	5 a 15	90 a 130	30
Ileostomía	45 a 135	3 a 15	20 a 115	30
Quemado	140	5	110	

CONCLUSIÓN

Existen múltiples esquemas en la bibliografía acerca de la correcta hidratación intravenosa en pediatría. El objetivo de esta revisión ha sido aglutinar los conocimientos actuales y adecuarlas a las normas que utilizan los pediatras de nuestro medio, sobre este tema que constituye un desafío terapéutico de cada día.

BIBLIOGRAFÍAS

1. Leighton-Hill L. Composición corporal, concentraciones normales de electrolitos y conservación de volumen, tonicidad y metabolismo acidobásico normales. *Pediatr Clin North Am.* 1990;2:233-251.
2. Rivas A, Pinel G, Álvarez G. Deshidratación aguda: valoración del grado de deshidratación- tipos. En: *Gastroenteritis aguda en pediatría.* Barcelona: Edikamed; 2005.p.63-70.
3. Dell RB. Pathophysiology of dehydration. En: *Winters RM. The Body Fluids in Pediatrics.* Boston: Little Brown; 1973.p.142.
4. Jiménez-Moya A, Martín-Acera S. Calculo en el manejo de las deshidrataciones. En: *Gastroenteritis aguda en pediatría.* Barcelona: Edikamed; 2005.p.95-103.
5. Greenbaum L. Fisiopatología de los líquidos corporales y tratamiento hidroelectrolítico. En: *Nelson Tratado de Pediatría.* 18 ed. Barcelona: Elsevier; 2009.p.267-316.
6. Prego J, Bello O, Sehabiague G. Disonias y alteración del equilibrio ácido-base. En: *Bello O. Pediatría Urgencias y Emergencias.* Montevideo: Bibliomedica ediciones; 2002.p.367-97.
7. Ruza F. Trastornos hidroelectrolíticos, alteraciones osmolaridad y/o natremia. En: *Ruza F, editor. Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos.* Madrid: Norma Capital; 2003.p.82-87.
8. Flores G. Manejo de electrolitos. [citado Abril 2009]. Disponible en: <http://www.geocities.com/medicos76/manejoelectrolitos.html>.
9. Holmgren N, Cavagnaro F. Alteraciones hidroelectrolíticas en Unidad de Cuidados Intensivos. En: *Cerda M. Urgencia y cuidados Intensivos en Pediatría.* 2ª ed. Santiago de Chile: Mediterráneo; 2006.p.591-603.