

Editorial: Hospital Metropolitano
ISSN (impreso) 1390-2989 - **ISSN (electrónico)** 2737-6303
Edición: Vol. 28 N° 4 (2020) octubre - diciembre
DOI: <https://doi.org/10.47464/MetroCiencia/vol28/4/2020/4-15>
URL: <https://revistametrociencia.com.ec/index.php/revista/article/view/90>
Pág: 4-15

Fluidoterapia y electrolitos parenterales en pediatría

Fluid therapy and electrolytes in pediatrics

Santiago Campos Miño¹ , Mónica Moreno Castro² 

UCI - Ped. Hospital Metropolitano. Quito-Ecuador^{1,2}

Recibido: 20/05/2020 Aceptado: 01/10/2020 Publicado: 29/10/2020

RESUMEN

La administración de líquidos y electrolitos parenterales es una terapia fundamental de soporte en niños agudamente enfermos si la vía oral no permite la administración de la cantidad o composición requeridas de fluidos, por ejemplo en enfermedades de tipo gastrointestinal, respiratorio, neurológico, o en el período transoperatorio. Al momento de planificar la administración de líquidos y electrolitos parenterales en niños a partir del mes de edad, se debe considerar componentes relacionados con la cantidad de líquidos a infundir considerando los requerimientos secundarios a pérdidas hídricas habituales o requerimientos para reacciones metabólicas, evaluar el grado de deshidratación para la administración de líquidos que complementen el déficit, corregir las pérdidas que se han producido secundarios a una noxa externa (enfermedad, procedimiento quirúrgico, trauma, etc.) y finalmente aportar la cantidad adecuada de fluido que permita re-establecer la perfusión tisular. Es necesario conocer los cambios instaurados basados en la evidencia actual con la finalidad de incorporar a el manejo frecuente de los pacientes considerando también la toxicidad ya sean cualitativos o cuantitativos de esta terapéutica tan necesaria en el manejo del paciente pediátrico.

Palabras claves: Pediatría, fluidoterapia, electrolitos, deshidratación, superficie corporal, soluciones, hipernatremia, hiponatremia.

ABSTRACT

The administration of parenteral fluids and electrolytes is a fundamental support therapy in acutely ill children if the oral route does not allow the administration of the required amount or composition of fluids, for example in gastrointestinal, respiratory, neurological, or transoperative diseases. When planning the administration of parenteral fluids and electrolytes in children from one month of age onwards, components related to the amount of fluids to be infused should be considered, taking into account the requirements secondary to habitual water loss or requirements for metabolic reactions, evaluating the degree of dehydration for the administration of fluids to supplement the deficit, correcting the losses that have occurred secondary to an external noxa (illness, surgical procedure, trauma, etc.) and finally providing the adequate amount of fluid to allow re-establishment of tissue perfusion. It is necessary to know the changes established based on current evidence in order to incorporate to the frequent management of patients, also considering the toxicity, either qualitative or quantitative, of this therapy, so necessary in the management of the pediatric patient.

Keywords: Pediatrics, fluid therapy, electrolytes, dehydration, body surface, solutions, hypernatremia, hyponatremia.

Santiago Campos:
Mónica Moreno:

IDs Orcid
<https://orcid.org/0000-0003-4686-7358>
<https://orcid.org/0000-0003-1467-1422>

Correspondencia: Santiago Campos Miño
Teléfonos: 0998246803
e-mail: drsantiagocampos@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el contexto pediátrico, los pacientes requieren de forma bastante frecuente el uso de fluidoterapias ya sea como soluciones de mantenimiento para sustento del metabolismo basal o como apoyo ante incremento del mismo, por pérdidas agudas o crónicas secundarias a fallas en el estado neurológico, respiratorio, circulatorio entre los más comunes.

Se ha establecido ya desde 1971 con la fórmula de Holliday & Segar¹ cálculos que toman en cuenta los requerimientos energéticos en niños sanos y que se añade a esto electrolitos basándose en la proporción presente en la leche materna; esta forma se ha vuelto clásica en el uso de líquidos de mantenimiento en pediatría, sin embargo a la luz de nuevos estudios y evidencia científica, se ha demostrado que esta trasposición produce efectos deletéreos sobre todo disturbios hidro-electrolíticos que se pueden corregir con un aporte adecuado basado en la composición del fluido a administrar que se explicará y detallará en esta revisión. Otro de los puntos para el manejo del paciente pediátrico es el porcentaje a corregir de las pérdidas y de igual forma que en el apartado anterior, ¿qué líquido se debe preferir para ello?, tradicionalmente el uso de solución salina 0.9% ha sido la primera opción a elegir por el personal de salud, pero en su uso se han desarrollado de forma estrecha acidosis metabólica hiperclorémica, secundaria a la elevada concentración de cloro del mismo, este estado se asocia a peor respuesta al tratamiento instaurado posteriormente y mayor mortalidad de los pacientes. Por lo tanto nace la necesidad de buscar una solución alterna que se asocie a mejores resultados, postulándose para ello los cristaloideos isotónicos balanceados. En pacientes con pérdidas agudas severas, se recomendaba el uso enérgico de líquidos para salvamento de la noxa inicial, pero este uso vigoroso y hasta cierto punto indiscriminado se asoció a peor respuesta posterior y también incremento de la mortalidad.

Para completar un tratamiento hídrico satisfactorio en el momento de la enfermedad, es necesario conocer a profundidad y dominar las fases por las que el paciente transcurre de acuerdo a sus necesidades, pero en su desarrollo surgen dudas del médico que se encuentra frente a estas situaciones, como: ¿qué tipo de líquido debe usar?, ¿qué cantidad es necesaria de acuerdo al déficit?, ¿cuándo considerar cambios debido a riesgos de sobre-hidratación?; entre las preguntas más frecuentes. Y no alejado de esto se encuentran los eventos adversos ligados a el uso indiscriminado de la fluidoterapia. Por ello surge la necesidad de la presente revisión que se ha basado en múltiples estudios previos, consolidando la evidencia actual, con la intención de brindar una guía clara y concisa del manejo hídrico adecuado en el paciente pediátrico.

MÉTODOS

Para la presente revisión se realizaron búsquedas bibliográficas extensas tanto en libros de pediatría: Harriet Lane Handbook, Tratado de Pediatría de Nelson, Ventilación pulmonar mecánica en pediatría, Bases de Pediatría Crítica; como en diferentes bases de datos por ejemplo: Cochrane Library Plus, MedlinePlus, PubMed, así como de revistas digitales: Annals of Intensive Care, Pediatric critical care, New England Journal, JAMA Network. También guías de práctica clínica pediátrica, que aportaron artículos originales. De las cuales se eligieron textos actualizados y acordes a el tema estudiado. Se revisó y analizó la información con el propósito de unificar conocimientos para el manejo estándar de líquidos y electrolitos en pediatría.

Desarrollo

Al momento de planificar la administración de líquidos y electrolitos parenterales en niños a partir del mes de edad, se debe considerar los siguientes componentes (*Tabla 1*):

1. Mantenimiento
2. Corrección del déficit (deshidratación)
3. Reposición de pérdidas anormales
4. Repleción intravascular

Tabla 1. Características generales de los componentes de la hidratación parenteral

| Componente | ¿Para qué? | ¿Cuánto? | ¿Qué? |
|----------------------------------|---|---|---|
| Mantenimiento | Reposición de pérdidas normales | Holliday & Segar y sus variantes 1500 mL/m ² | Cristaloide isotónico balanceado Solución isotónica de dextrosa con electrolitos |
| Corrección del déficit | Corrección de la deshidratación | Dependiendo del grado de deshidratación | Cristaloide isotónico balanceado |
| Reposición de pérdidas anormales | Reposición de pérdidas patológicas de agua y electrolitos | mL/mL | Cristaloide isotónico |
| Repleción intravascular | Normalización del espacio intravascular para restituir la perfusión tisular | 5 – 20 mL/kg | Cristaloide isotónico balanceado |
| Otros | Dilución de medicamentos, infusiones | De acuerdo a la recomendación del fabricante | Solución salina, solución dextrosada, agua destilada |

Fuente: Los autores

Mantenimiento

Los líquidos de mantenimiento se aportan para preservar el espacio extracelular y reponer las pérdidas hídricas normales, entre estas transpiración, pérdida de vapor de agua durante la respiración, orina y heces, así como para cubrir los requerimientos hídricos para las reacciones metabólicas y energéticas. En caso de no administrar fluidos de mantenimiento y mantener el ayuno, la consecuencia, después de algunas horas, sería la deshidratación. En algunos casos, como lactantes, desnutridos, mala ingesta alimentaria, enfermedad aguda, además de agua y electrolitos deberá administrarse glucosa, junto con los líquidos de mantenimiento, para prevenir la hipoglicemia. La administración de fluidos de mantenimiento debe ser apropiada en cantidad y en composición con el propósito de preservar el espacio extravascular del niño y, al mismo tiempo, evitar la depleción de volumen o la sobrehidratación, así como los disturbios electrolíticos, en particular hiponatremia o hipernatremia. En este contexto, la administración de fluidos hipotónicos (concentración de sodio inferior a la plasmática) debe evitarse por su clara asociación con hiponatremia iatrogénica y encefalopatía hiponatrémica, la cual puede ser fatal o causar secuelas neurológicas irreversibles. Por el contrario, las soluciones isotónicas (concentración de sodio similar a la del plasma) previenen la hiponatremia y no se asocian con hipernatremia.

Cálculo del volumen a ser administrado

a) Para el cálculo del requerimiento hídrico de mantenimiento se utiliza clásicamente una extrapolación de la fórmula de Holliday & Segar publicada en 1957¹:

- Peso \leq 10 kg: 100 mL x kg
- Peso 11 – 20 kg: 1000 mL + 50 mL x cada kg sobre 10 kg
- Peso > 20 kg: 1500 mL + 20 mL x cada kg sobre 20 kg

Ejemplos:

- Niño de 5 kg: 100 mL x 5 kg = 500 mL/día
- Niña de 15 kg: 1000 mL + (50 mL x 5 kg) = 1250 mL/día
- Niña de 25 kg: 1500 mL + (20 mL x 5 kg) = 1600 mL/día

El volumen total se divide para 24 horas y se obtiene la cantidad de mL/hora que debe administrarse. Es importante considerar restar al volumen calculado para las siguientes 24 horas el volumen administrado previamente en forma de bolos. Al volumen calculado para las siguientes 24 horas debe restar-

se además el volumen que se está administrando para diluir medicación o para la administración de infusiones. Las pérdidas insensibles corresponden aproximadamente a un tercio de las necesidades de mantenimiento calculadas por Holliday & Segar en un niño sano. En cambio, en niños hospitalizados, las pérdidas insensibles suelen estar incrementadas debido, por ejemplo, a fiebre o incremento de la frecuencia respiratoria².

b) Existe una variante de la fórmula anterior que permite el cálculo directo en mL/hora:

- Peso \leq 10 kg: 4 mL/hora x kg
- Peso 11 – 20 kg: 40 mL/hora + 2 mL/hora x cada kg sobre 10 kg
- Peso > 20 kg: 60 mL/hora + 1 mL/hora x cada kg sobre 20 kg

La variación entre ambos procedimientos es escasa especialmente en niños menores y, lo más probable desde el punto de vista clínico, no significativa.

Ejemplos:

- Niño de 5 kg: 4 mL/hora x 5 kg = 20 mL/hora
- Niña de 15 kg: 40 mL/hora + (2 mL/hora x 5 kg) = 50 mL/hora
- Niña de 25 kg: 60 mL/hora + (1 mL/hora x 5 kg) = 61 mL/hora

c) Finalmente, un método alternativo para el cálculo de los requerimientos hídricos de mantenimiento en niños mayores de 10 kg es mediante la ecuación 1500 - 2000 mL x m² de superficie corporal. En Oncología, sobre todo cuando se calcula el aporte hídrico para prevención o tratamiento del síndrome de lisis tumoral, el aporte se calcula en 3000 – 3500 mL/m² para la llamada "hiperhidratación".

Existe la posibilidad de que estos cálculos pueden conducir a una administración excesiva de volumen (con riesgo de sobrecarga hídrica) en ciertas condiciones clínicas que se citan a continuación. En éstas, podría resultar conveniente restringir el aporte (de agua y, probablemente de sodio) y monitorizar en forma más cercana.

- Estados edematosos de cualquier origen
- Insuficiencia cardíaca congestiva
- Postoperatorio de cirugía de corazón
- Insuficiencia renal aguda (con oligoanuria)
- Cirrosis
- Síndrome nefrótico

- Fase final de la dinámica de fluidos (ver más adelante)

Durante los últimos años se ha cuestionado la fórmula de Holliday & Segar debido a que ésta fue diseñada primariamente para el cálculo del requerimiento energético en niños sanos. A partir de estos datos, se extrapola teóricamente que se requiere, por cada 100 Kcal, 100 mL de agua, a la que se añade 3 mEq de sodio y 2 mEq de potasio, intentando, de esta manera, acercarse a la cantidad de electrolitos en la leche materna (1, 2). Al pasar esta composición a 1 litro, nos queda la clásica composición de los fluidos pediátricos que por tanto tiempo hemos usado dogmáticamente: en 1000 mL, 35 mEq de sodio y 20 mEq de potasio. Más aún, estudios de calorimetría indirecta revelan cifras de 50 – 60 Kcal/kg/día, significativamente menores a las descritas por Holliday & Segar, y que se aproximan más a ecuaciones desarrolladas para el cálculo del gasto energético en niños hospitalizados (Schofield, White, Talbot) (3, 4). En consecuencia, si el requerimiento calórico es menor, el requerimiento hídrico también debería ser menor, por lo que el aporte hídrico calculado en base a Holliday & Segar debe ser bien planificado teniendo en cuenta:

- El estado de hidratación
- La presencia de edema
- La diuresis
- El balance hídrico
- Los fluidos que se usan para diluir medicamentos
- Los fluidos que se administran en forma de infusiones de medicamentos
- Otros fluidos administrados: productos sanguíneos, alimentación enteral, líquidos orales, etc.
- La presencia de una enfermedad de base que condicione retención de fluidos

En estados edematosos o de oligoanuria podría requerirse una restricción del aporte hídrico de mantenimiento a razón de 25 – 50%⁵.

Composición de los fluidos de mantenimiento

Recientemente se publicó la guía de práctica clínica de American Academy of Pediatrics para la administración de fluidos intravenosos de mantenimiento⁶. Están excluidos de esta recomendación, por no estar en los estudios analizados, pacientes neuroquirúrgicos, cardiopatía congénita o adquirida, enfermedad hepática, cáncer, disfunción renal, diabetes insípida, diarrea acuosa voluminosa, quemaduras severas, neonatos menores de 28 días, o adolescen-

tes a partir de los 18 años. Con el máximo nivel de evidencia, esto es calidad de evidencia A y nivel de recomendación fuerte; este documento aconseja la administración de líquidos de mantenimiento que reúnan las siguientes características:

- Deben ser isotónicos (cantidad de sodio similar a la del plasma)
- Con cantidades apropiadas de potasio, de acuerdo a la condición clínica
- Con cantidades adecuadas de glucosa, de acuerdo a la condición clínica

Hemos esperado durante muchos años una recomendación oficial en este sentido. Calidad de evidencia A significa que los datos se han obtenido de estudios clínicos randomizados bien diseñados y realizados en niños, o de meta-análisis a partir de los mismos. Una recomendación fuerte implica que los datos son fehacientes en cuanto a beneficios reales sin riesgo de eventos adversos en particular hipernatremia, sobrecarga de fluidos, hipertensión, acidosis metabólica hiperclorémica e injuria renal aguda. Por fin tenemos todas las herramientas para sustentar el cambio de paradigma, desde las soluciones hipotónicas del pasado (sodio 35 – 100 mEq/L) a las soluciones isotónicas como medida fundamental para la prevención de la hiponatremia iatrogénica y su consecuencia más severa, la encefalopatía hiponatremica, entidad con alta morbimortalidad.

a) Los fluidos intravenosos de mantenimiento deben ser isotónicos, es decir, deben tener una concentración de sodio similar a la del plasma (135–145 mEq/L). El plasma tiene un componente acuoso (93%) y un componente sólido anhidro (7%). La concentración del sodio en la fase acuosa del plasma es de 154 mEq/L, por lo que la osmolaridad de la misma es de 308 mOsm/L, valores similares a los de la solución de cloruro de sodio 0.9% (solución salina o suero “fisiológico”). La concentración de sodio en los fluidos isotónicos comercialmente disponibles va de 131 a 154 mEq/L. Por el contrario, en los líquidos hipotónicos, la concentración de sodio descende a 30 a 100 mEq/L (*Tabla 2*). La tabla 2 muestra la composición de diferentes soluciones hipotónicas e isotónicas disponibles; en el cálculo de la osmolaridad no se incluye el componente derivado de la dextrosa ya que ésta es inmediatamente metabolizada una vez que entra a la circulación. La tabla 3 muestra la osmolaridad de algunas soluciones con dextrosa, tomando en cuenta que la máxima osmolaridad que se tolera por una vía venosa periférica es de 900 mOsm/L⁷. El objetivo de recomendar soluciones isotónicas es la prevención de la hiponatremia iatrogénica y su consecuencia más severa, la encefalopatía hiponatremica, entidad claramente asociada con alta morbimortalidad⁸⁻¹³. El número necesario para tratar con

líquidos isotónicos para prevenir la hiponatremia (sodio sérico < 135 mEq/L) es de 7.5 y 27.8 para prevenir la hiponatremia moderada (sodio sérico < 130 mEq/L).

Tabla 2. Composición de fluidos parenterales de mantenimiento en comparación con el plasma

| Fluido | Sodio | Cloro | Potasio | Buffer@ | Glucosa | Osmolaridad* |
|----------------------------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|
| | (mEq/L) | | | | (g/dL) | (mOsm/L) |
| Plasma | 135-145 | 95-105 | 3.5-5 | 20-24 | 0.07-0.11 | 308** |
| FLUIDOS HIPOTÓNICOS | | | | | | |
| Dx5% + Na 0.2% | 35 | 35 | 0 | 0 | 5 | 78 |
| Dx10% + Na 0.2%& | 35 | 35 | 0 | 0 | 10 | 78 |
| Dx5% + Na 0.2% + K# | 35 | 35 | 20 | 0 | 5 | 118 |
| Dx5% + Na 0.45% | 77 | 77 | 0 | 0 | 5 | 154 |
| FLUIDOS ISOTÓNICOS | | | | | | |
| Salina 0.9% | 154 | 154 | 0 | 0 | 0 | 308 |
| Lactato Ringer | 130 | 109 | 4 | 28 | 0 | 273 |
| Dx5% + Na 0.9% | 154 | 154 | 0 | 0 | 5 | 308 |
| PlasmaLyte® | 140 | 98 | 5 | 49 | 0 | 294 |
| Sterofundin® | 145 | 127 | 4 | 29 | 0 | 290 |

@Buffer: en plasma, bicarbonato; en lactato Ringer, lactato; en PlasmaLyte, acetato (27 mEq/L) y gluconato (23 mEq/L); en Sterofundin, acetato (24 mEq/L) y malato (5 mEq/L)
 *El cálculo de la osmolaridad no incluye la dextrosa ya que ésta es inmediatamente metabolizada al ser infundida; la osmolaridad correspondiente a dextrosa 5% es 252 mOsm/L
 ** La osmolalidad plasmática es de 275-295 mOsm/kg
 &En Ecuador está disponible cloruro de sodio como Soletrol Na® con sodio 35 mEq/10 mL
 #En Ecuador está disponible cloruro de potasio como Soletrol K® con potasio 20 mEq/10 mL

Fuente: Los autores

La osmolalidad plasmática (incluyendo la fase anhidra y la fase acuosa) fluctúa entre 285 y 295 mOsm/kg; se trata de una medida de los solutos permeables y no permeables que puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$Osmolalidad = 2 Na + \frac{glucosa \text{ mg/dL}}{18} + \frac{BUN \text{ mg/dL}}{2.8}$$

La osmolalidad se mide en osmoles por peso (kg) y la osmolaridad se mide en osmoles por volumen (L). La tonicidad es la osmolaridad efectiva, o sea la fuerza neta de movimiento de agua a través de una membrana semipermeable (como la membrana celular) en base a la presión osmótica. La tonicidad está determinada largamente por el contenido de sodio. Las sustancias que se mueven libremente por las membranas, como la glucosa o la urea, son osmoles inefectivos que influyen en la osmolaridad, pero no en la tonicidad. Por ello no influyen en el flujo de fluidos a través de las membranas.

Tabla 3. Osmolaridad total de algunas soluciones para uso intravenoso.

| Fluido | mOsm/L |
|---------------------------------------|--------|
| Agua estéril para inyección | 0 |
| Cloruro de potasio (20 mL) | 40 |
| Dextrosa al 5% | 252 |
| Lactato Ringer | 280 |
| Solución salina 0.9% | 310 |
| Dextrosa al 10% | 505 |
| Dextrosa al 5% en solución salina | 560 |
| Dextrosa en solución salina + potasio | 600 |

Fuente: Los autores

Tabla 4. Causas del síndrome de secreción inapropiada de hormona antidiurética (SIADH) en niños hospitalizados.

| Causas relacionadas con estímulos hemodinámicos | Causas relacionadas con estímulos no – hemodinámicos |
|---|--|
| | Dolor y estrés |
| Depleción de volumen (deshidratación, hemorragia) | Nausea y vómito |
| Hipotensión arterial | Hipoxemia e hipercapnia |
| Falla miocárdica | Inflamación |
| Falla hepática | Estado perioperatorio |
| Falla renal | Hipoglicemia |
| Falla suprarrenal | Enfermedad neurológica |
| | Medicamentos |

Fuente: Los autores

b) Los fluidos intravenosos de mantenimiento deben tener cantidades apropiadas de potasio, dependiendo de la condición clínica. La concentración usual de potasio es de 20 mEq/L. Los cristaloides isotónicos balanceados (lactato Ringer, Sterofundin, PlasmaLyte) contienen 4 – 5 mEq/L de potasio, lo que puede ser suficiente para la mayoría de pacientes (*tabla 2*). Es aconsejable que, cuando se usen concentraciones de potasio a partir de 40 mEq/L, se implemente monitorización electrocardiográfica y se vigile el desarrollo de flebitis; idealmente, estas concentraciones altas deberían administrarse por una vena central. Ciertas condiciones clínicas pueden cursar con hiperkalemia y, por esta razón, conviene evitar el potasio en las soluciones de mantenimiento hasta tener la verificación laboratorial. Son ejemplos la insuficiencia renal aguda, el antecedente de oliguria de cualquier causa, el síndrome por aplastamiento, el síndrome de lisis tumoral, entre otros. La presencia de producción de orina no descarta el

riesgo de hiperkalemia y no debe ser usada como guía para la prescripción o no de potasio en las soluciones de mantenimiento. Por el contrario, existen circunstancias en las que se debe sospechar depleción de potasio y planificar una reposición adecuada del mismo. Como ejemplos podemos citar a la cetoacidosis diabética, síndrome de realimentación, uso de diuréticos, uso de bicarbonato o calcio, uso de insulina, durante la corrección de la acidosis metabólica, etc.

c) Los fluidos intravenosos de mantenimiento deben tener cantidades apropiadas de glucosa, dependiendo de la condición clínica, las horas de ayuno planificadas, el estado nutricional, y la edad del paciente. Por ejemplo, niños grandes, eutróficos, y clínicamente estables, no necesitarán glucosa si su ayuno planificado es corto. Al contrario, lactantes enfermos, desnutridos o inestables, requerirán más precozmente la adición de glucosa a sus fluidos de mantenimiento. La composición usual de dextrosa (glucosa anhidra) en las soluciones de mantenimiento es de 5%, aunque puede variar entre 2.5 y 10%. La concentración máxima de dextrosa que puede, teóricamente, tolerarse por una vía venosa periférica, es de 12.5%. Para la dosificación correcta de glucosa debe conocerse la tasa metabólica de glucosa en el hígado (aproximadamente 5 mg/kg/minuto) y la velocidad de infusión de glucosa (VIG) que estamos administrando; además, se deberá monitorizar convenientemente el aporte mediante la determinación de la glicemia capilar o central con la frecuencia requerida.

Ejemplo:

- Niño de 10 kg que recibe una solución de dextrosa al 5% en solución salina a 40 mL/hora. Calcular la VIG: 5% significa 5 gramos de dextrosa en 100 mL; en 1000 mL sería 50 gramos o 50.000 mg. En consecuencia, 50 mg/mL. $VIG = 50.000 \text{ mg} \div 1440 \text{ minutos del día} \div 10 \text{ kg} = 3.47 \text{ mg/kg/min}$ Un error frecuente al momento de prescribir la hidratación parenteral en niños deshidratados es administrar todo el volumen, tanto de mantenimiento como de reposición del déficit (ver más adelante), en forma de soluciones glucosadas por el riesgo de usar VIG mayor de 5 mg/kg/min con la posibilidad de hiperglicemia.

Corrección del déficit

La corrección del déficit se refiere a la corrección de la deshidratación que tiene el niño cualquiera que sea su causa. Si bien el mejor método consiste en estimar el déficit hídrico en base a la pérdida del peso corporal causado por la deshidratación, no es frecuente contar con el peso del niño inmediatamente antes de su enfermedad. Por eso se realiza una evaluación clínica para el diagnóstico del grado de

deshidratación (*Tabla 5*) y se utiliza la tabla 6 para el cálculo del déficit hídrico.

Tabla 5. Diagnóstico clínico del grado de deshidratación.

| Signo | Deshidratación leve | Deshidratación moderada | Deshidratación severa |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Consciencia | Alerta | | Letárgico |
| Fontanela | Normal | Blanda | Hundida |
| Tono ocular | Normal | Algo disminuido | Hundidos |
| Lágrimas | Normales | Disminuidas | Ausentes |
| Mucosa oral/labios | Semihúmeda | Seca | Labios fisurados |
| Pulso, frecuencia | Normal | Leve aumento | Aumentada |
| Pulso, calidad | Normal | Débil | Filiforme |
| Piel | Normal | Seca | Pliegue |
| Llenado capilar | Normal | 2 – 3 segundos | > 3 segundos |
| Diuresis | Normal, oliguria leve | Oliguria | Oliguria severa |

Adaptado de: Burgunder L. Fluids and Electrolytes. En: Kleinman K, The Harriet Lane Handbook, 22nd edition, p. 261.

Tabla 6. Estimación del déficit hídrico en base al grado de deshidratación.

| Grupo de edad | Deshidratación leve | Deshidratación moderada | Deshidratación severa |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| Lactantes y preescolares | 50 mL/kg | 100 mL/kg | 150 mL/kg |
| Escolares | 30 mL/kg | 60 mL/kg | 90 mL/kg |

Adaptado de: Burgunder L. Fluids and Electrolytes. En: Kleinman K, The Harriet Lane Handbook, 22nd edition, p. 261.

Ejemplo:

- Niño de 1 año de edad, 10 kg de peso, con deshidratación moderada que requiere hidratación parenteral:
- Corrección del déficit: $10 \text{ kg} \times 100 \text{ mL} = 1.000 \text{ mL}$

La corrección del déficit puede realizarse con diferentes tipos de fluidos, entre estos cristaloideos isotónicos balanceados o con solución salina 0.9%. El volumen calculado para la corrección del déficit se suma al volumen del mantenimiento y, el volumen total se administra en 24 horas, aunque algunos autores recomiendan administrar el 50% del volumen calculado en 8 horas y 50% en las restantes 16 horas².

Si previamente se administraron bolos de cristaloide isotónico, por ejemplo, en niños muy deshidratados, podría considerarse el descontar este volumen del total.

Ejemplo:

- Niña de 7 años de edad, 20 kg de peso, con deshidratación moderada que requiere hidratación parenteral; ha recibido en Emergencia 10 mL/kg de cristaloide isotónico balanceado en 30 minutos.
- Hidratación de mantenimiento: 1500 mL
- Corrección del déficit: $60 \text{ mL} \times 20 \text{ kg} = 1200 \text{ mL}$
- Aporte total: $1500 + 1200 \text{ mL} = 2700 \text{ mL}$
- Se puede restar el bolo previo de fluidos: $2700 - 200 \text{ mL} = 2500 \text{ mL}$ a pasar a 104 mL/hora. Como alternativa, el 50% en 8 horas (156 mL/hora por 8 horas) y el 50% en las restantes 16 horas (78 mL/hora por 16 horas).

En este punto se debe tener cuidado si se prescribe el total del volumen calculado en forma de una solución con glucosa al 5%. En el ejemplo anterior, administrar una infusión de 104 mL/hora implicaría una VIG de 4.3 mg/kg/min, pero hacerlo a 156 mL/hora aportaría una VIG alta de 6.5 mg/kg/min. En este caso se puede administrar la hidratación de mantenimiento con glucosa y la corrección del déficit como cristaloide isotónico.

Ejemplo:

- Niño de 2 años, 12 kg de peso, con deshidratación severa, requiere hidratación parenteral; ha recibido en Emergencia 2 bolos de 10 mL/kg de cristaloide isotónico balanceado, cada uno en 30 minutos. El sodio plasmático es de 139 mEq/L, el potasio 3.95 mEq/L, y la glicemia 77 mg/dL.
- Hidratación de mantenimiento: 1100 mL/día; se prescribe dextrosa al 5% en solución salina + cloruro de potasio 20 mEq a pasar a 45.8 mL/hora, VIG 3.18 mg/kg/min.
- Corrección del déficit: $150 \text{ mL} \times 12 \text{ kg} = 1800 \text{ mL}$. Se restan los bolos previos de fluido: $1800 - 240 \text{ mL} = 1560 \text{ mL}$ a pasar a 65 mL/hora en conjunto con la hidratación de mantenimiento a través de una conexión en Y del acceso vascular.
- En este ejemplo, administrar el volumen total calculado (2660 mL) en forma de una solución glucosada al 5% implicaría una VIG claramente elevada de 7.69 mg/kg/min con riesgo de hiperglicemia.

La tendencia actual es a la utilización de cristaloides isotónicos balanceados (Sterofundin, lactato Ringer) en lugar de solución salina 0.9% debido a que su contenido de electrolitos es similar a la del plasma en especial el contenido de cloro. En cambio, la solución salina 0.9% contiene 154 mEq/L de cloro y su uso excesivo puede provocar acidosis metabólica hiperclorémica. Tanto el componente de acidosis como el de hipercloremia tienen asociación directa con morbimortalidad¹⁹⁻²². En realidad, la solución salina "fisiológica" al 0.9% no es tan fisiológica y debería minimizarse su uso.

Reposición de pérdidas anormales

Las pérdidas anormales se producen por vómito, diarrea, drenajes por sonda gástrica, drenajes operatorios, fístulas, ostomías, etc. En caso de que sean medidos, deben reponerse mL/mL con un cristaloides isotónico balanceado dado que la solución salina no repone las pérdidas de potasio (**Tabla 7**). En el caso de que no puedan medirse, se puede estimar una pérdida de 10 mL/kg por cada diarrea líquida acuosa y 2 mL/kg por cada episodio de vómito².

Tabla 7. Composición electrolítica de fluidos orgánicos.

| Fluido | Sodio (mEq/L) | Potasio (mEq/L) | Cloro (mEq/L) |
|---------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Gástrico | 20 – 80 | 5 – 20 | 100 – 150 |
| Pancreático | 120 – 140 | 5 – 15 | 90 – 120 |
| Intestino delgado | 100 – 140 | 5 – 15 | 90 – 130 |
| Bilis | 120 – 140 | 5 – 15 | 80 – 120 |
| Ileostomía | 45 – 135 | 3 – 15 | 20 – 115 |
| Diarrea | 10 – 90 | 10 – 80 | 10 – 110 |
| Piel quemada* | 140 | 5 | 110 |
| Sudor normal | 10 – 30 | 3 – 10 | 10 – 35 |
| Fibrosis quística** | 50 – 130 | 5 – 25 | 50 – 110 |

*Puede perderse 3 – 5 g/dL de fluido a través de quemaduras.
**El fluido de reemplazo se basa en el contenido de sodio.

Adaptado de: Kliegman RM, Stanton B, St. Gene J, et al. Nelson Textbook of Pediatrics. 19th ed. Philadelphia: Saunders; 2011.

Las pérdidas anormales no pueden planificarse al momento de los cálculos iniciales de las necesidades de mantenimiento y corrección del déficit. Las pérdidas de fluidos se reponen a medida que se producen mL/mL y, en contadas ocasiones, mEq/mEq (**Tabla 7**).

Repleción intravascular

Otro de los dogmas clásicos de la Pediatría ha sido el uso de bolos rápidos de 20 mL/kg de un cristaloides isotónico, clásicamente solución salina 0.9%, para repleción intravascular en condiciones de shock.

La práctica deriva de un estudio seminal publicado por Joe Carcillo en 1991²³. Tanto los pediatras como los intensivistas hemos aplicado durante años esta práctica, siendo ésta recogida en las recomendaciones internacionales de manejo del shock²⁴.

Sin embargo, por ese mismo tiempo, se publica el estudio FEAST cuyo título sacudió la práctica convencional de resucitación en shock: "los bolos de fluidos causan mortalidad en niños africanos con infección severa"²⁵. El estudio FEAST fue prospectivo, randomizado, multicéntrico, abierto, con 3200 niños entre 2 meses y 12 años de edad con "enfermedad febril severa", definida como alteración del estado de consciencia (decaimiento o coma), o dificultad respiratoria, o ambas, junto con datos de perfusión alterada. La randomización distribuyó los pacientes en 3 grupos: un grupo recibió solución salina 0.9% 20 mL/kg, otro grupo recibió albúmina 5% 20 mL/kg, y un tercer grupo no recibió bolos sino solamente hidratación de mantenimiento. Notablemente, los bolos se administraron lentamente en una hora. El desenlace primario fue la mortalidad a las 48 horas. La mortalidad fue 10.5%, 10.6% y 7.3% en los grupos de solución salina, albúmina y no bolo, respectivamente. El riesgo de morir al recibir un bolo fue calculado en 1.44 (IC95% 1.09 – 1.90; p=0.01). La mortalidad afectó a todos los subgrupos estudiados²⁵.

Con este y otros estudios se ha modificado últimamente las recomendaciones sobre el uso de bolos de fluidos en la resucitación de niños en shock. La tendencia actual es al uso más cauto de bolos, cada vez menos agresivo, en dosis un tanto más bajas (10 – 20 mL/kg) y en forma un tanto más lenta (30 – 60 minutos). En forma consistente con esta tendencia, las recomendaciones de Surviving Sepsis Campaign 2020 incluyen lo siguiente²⁶.

- En casos en los que NO exista disponible una Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico (UCIP):
 - Si la presión arterial se mantiene dentro de límites normales, no usar bolos, solamente líquidos de mantenimiento.
 - Si existe hipotensión arterial (definida en forma exigente como sistólica menor a 50 mmHg en menores de 12 meses, menos de 60 mmHg en niños de 1 a 5 años, y menos de 70 mmHg a partir de los 5 años) se recomienda un bolo de 10 – 20 mL/kg. En la primera hora se puede llegar a 40 mL/kg de acuerdo a la monitorización del gasto cardíaco y los signos de sobrecarga hídrica para suspender el bolo en caso de que aparezcan estos signos.
- En casos en los que SI exista disponible una

UCIP:

- Se recomiendan bolos de 10 – 20 mL/kg durante la primera hora hasta un máximo de 40 – 60 mL/kg frente a signos de hipoperfusión aun cuando la presión arterial se mantenga normal. Así mismo, los bolos se suspenden inmediatamente si hay signos de sobrecarga hídrica.

El documento además recomienda el uso de cristaloideos isotónicos balanceados (lactato Ringer, Sterofundin) y enfatiza en la precaución durante la prescripción debido a que el reconocimiento de los signos de sobrecarga hídrica es difícil e impreciso. Estos signos pueden ser aumento de la frecuencia respiratoria, hepatomegalia y evidencia radiológica de congestión pulmonar. Los estertores en la auscultación pulmonar pueden estar ausentes aun en edema pulmonar severo y evidente. Un ultrasonido que muestre una vena cava inferior llena con ausencia de fluctuación con los movimientos respiratorios puede ser un dato de ayuda²⁶. No está bien definido el tiempo durante el cual deba administrarse un bolo de fluidos²⁷. En un estudio randomizado se encontró que administrar el bolo en 5-10 minutos tiene más riesgo de intubación que administrarlo en 15-20 minutos (**Tabla 8**)²⁸. Parece lógico que, frente a la sospecha de disfunción miocárdica o posibilidad de sobrecarga hídrica, el bolo sea de menor volumen y administrado más lentamente.

Tabla 8. Comparación de diferentes velocidades de administración de fluidos parenterales en bolo en relación a los desenlaces.

| DESENLACE | Bolos 20 mL/kg* | | RR | IC95% |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|------|--------------|
| | LENTO 15 a 20 min | RÁPIDO 5 a 10 min | | |
| Intubación y ventilación mecánica | 43% | 68% | 0.63 | 0.42 - 0.93 |
| Intubación por sobrecarga de fluidos | 22% | 50% | 0.44 | 0.22 - 0.88 |
| Balance positivo a 24 horas | 3% | 4.5% | -2 | -3.53 - 0.46 |

Fuente: Los autores

Dinamica del uso de fluidos parenterales

Para la dinámica de la fluidoterapia parenteral se han establecido 4 fases, integrándose acrónimos sencillos para recordar y reconocer cómo actuar en cada uno de ellas. El grupo Acute Dyalysis Quality Initiative (ADQI) propuso S.O.S.D. (Salvamento, Optimización, Estabilización, De-escalamiento) como acrónimo; sin embargo, durante las reuniones del

Día Internacional de la Academia de Fluidos (FIDA) hubo una clara preferencia por el acrónimo R.O.S.E. (Reanimación, Optimización, Estabilización, Evacuación) (**Figura 1**).

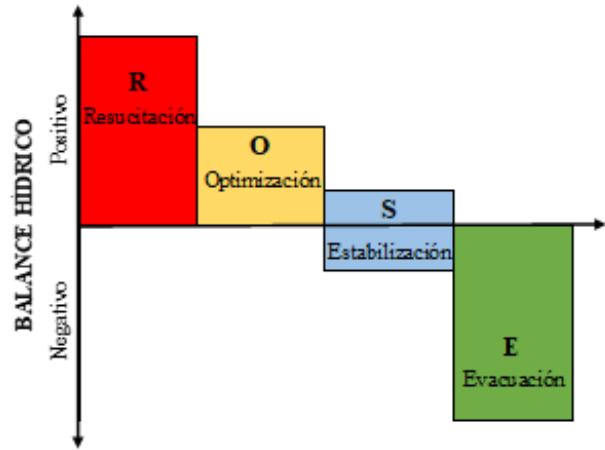


Figura 1. Dinámica del uso de fluidos parenterales.

R: Fase de resucitación o rescate

La primera fase consiste en la reanimación o rescate frente al shock con el propósito de repletar rápidamente la volemia y conseguir una presión de perfusión adecuada. Para esto se utilizan los bolos de fluidos y el inicio temprano de vasopresores, incluso por una vía venosa periférica. No deben omitirse procedimientos de emergencia para resolver cualquier causa subyacente obvia y, simultáneamente, debe iniciarse la monitorización hemodinámica. La meta es la administración oportuna de líquidos, pudiendo tener un balance hídrico positivo en esta fase (**figura 1**). No se incentiva la administración hídrica agresiva porque conducir a una reanimación excesiva; por supuesto, cada paciente necesita un enfoque individual y personalizado.

O: Fase de optimización

La fase de optimización comienza cuando el paciente ya no está en hipovolemia absoluta, pero permanece hemodinámicamente inestable. El objetivo es optimizar y mantener una adecuada perfusión y oxigenación de los tejidos para prevenir y limitar el daño a los órganos. El paciente debe ser monitorizado cuidadosamente en forma multimodal (presión arterial invasiva, presión venosa central, gasometría arterial y venosa mixta, ecocardiografía, PICCO, ESCCO). De igual manera, la administración de fluidos debe ajustarse a las necesidades individuales en base a la evaluación estricta de la respuesta. Se conoce por ejemplo que, en la fase de resucitación puede obtenerse una respuesta positiva a los bolos en 57% de los pacientes, pero a partir de allí éste

porcentaje se va reduciendo drásticamente a 22% a las 2 horas, 11% a las 4 horas, 10% a las 6 horas, y 3% a las 8 horas²⁹. En un estudio prospectivo observacional en 41 niños con sepsis y falla circulatoria aguda evaluados con ecocardiografía, mostró que, después de un bolo de cristaloides isotónico, el índice cardíaco, medido a los 5 minutos, se incrementó en 18% (IQR 8.6 a 28.1%), pero, a los 60 minutos, se redujo en un 6% (IQR-15 a 3%). En los niños que se consideraron respondedores a los bolos, 63% mostraron un incremento del índice cardíaco más del 10%, pero este porcentaje se redujo a 14% a los 60 minutos³⁰.

Para la administración de líquidos durante esta fase, se plantea un nuevo acrónimo (TROL) en el que se sintetizan 4 componentes esenciales:

- T = tipo de fluido (type)
- R = velocidad de administración (rate)
- O = objetivo (objective)
- L = límites (limits)

Las secciones precedentes han explicado cómo proceder durante estas dos fases; en particular, el fluido recomendado es, actualmente, un cristaloides isotónico balanceado. La velocidad de administración debe ser ajustada a la condición clínica, especialmente si existe la presencia de signos de disfunción miocárdica o sobrecarga hídrica. Los objetivos y los límites se establecen en el capítulo de shock.

S: Fase de estabilización

El objetivo del manejo de fluidos es optimizar el aporte hídrico y los electrolitos para reemplazar las pérdidas continuas y proporcionar soporte para los órganos. En esta fase se debe obtener balance hídrico neutro (cero) o ligeramente negativo (*Figura 1*).

El manejo conservador de los líquidos en esta fase se define como 2 días consecutivos de balance hídrico negativo dentro de la primera semana de estadía en la UCIP, y es un predictor independiente de supervivencia. La sobrecarga de fluidos (SF) y el balance hídrico acumulado positivo están asociados con una mayor morbilidad y peores resultados.

E: Fase de evacuación

La fase final es la evacuación o de-escalamiento de fluidos con el propósito de eliminar el exceso de líquido. Esto se logrará con frecuencia mediante diuresis espontánea a medida que el paciente se recupera, aunque puede ser necesaria las técnicas de reemplazo renal o los diuréticos. Éstos últimos tendrían el potencial de favorecer el reclutamiento de la microcirculación, disminuyendo así las distancias de difusión y mejorando la extracción de oxígeno.

Otra estrategia sería el uso de albúmina al 20% hasta alcanzar valores normales para la edad, asociada a diurético en bolo o infusión continua. Para iniciar el de-escalamiento deben reunirse ciertos criterios: ausencia de necesidad de fluidos de resucitación, ausencia de necesidad de vasopresores, ausencia de hiperlactacidemia, saturación venosa central adecuada, etc.

Eventos adversos de los fluidos parenterales

Los fluidos parenterales deben ser prescritos y administrados con todas las consideraciones que se toman con cualquier otro medicamento: indicaciones, contraindicaciones, dosis, eventos adversos, advertencias, precauciones, etc. Hemos revisado su dosificación y composición recomendada de agua, electrolitos y glucosa. Ahora debemos analizar el perfil de eventos adversos y potencial toxicidad.

Toxicidad cuantitativa

Se refiere a una administración inapropiada de la cantidad de fluidos parenterales.

- Un aporte insuficiente puede generar deshidratación, hipotensión arterial y falla de órganos.
- Un aporte excesivo puede causar sobrecarga de fluidos, lo cual se ha asociado, en forma cada vez más directa, con edema tisular, falla de órganos, mayor morbilidad (mayor estadía en la UCIP, mayor estadía hospitalaria, mayor tiempo en ventilación mecánica, mayor necesidad de vasoactivos, más necesidad de técnicas de reemplazo renal, más costos) y mayor mortalidad³¹⁻³³.

La sobrecarga de fluidos (SF) se puede calcular mediante la siguiente fórmula³⁴:

$$\%SF = \frac{\text{Ingreso de fluidos (L)} - \text{Egreso de fluidos (L)}}{\text{Peso (basal)}} \times 100$$

La SF puede calcularse tanto con el balance hídrico diario como con el balance hídrico acumulado, este último con asociación a peores desenlaces. El punto de corte sugerido para considerar la presencia de una SF significativa es $\geq 10\%$; sin embargo, en muchos niños grados menores de SF pueden ocasionar repercusiones de relevancia³⁵.

El tratamiento de la SF consiste en:

- Minimizar el uso de fluidos en las fases de resucitación y optimización.
- Dosificar adecuadamente los líquidos de mantenimiento.
- Restringir agua y sodio en la fase de estabilización para obtener un balance aproximadamente neutro.
- Considerar el uso de diuréticos en las fases de estabilización y evacuación para obtener un balance hídrico negativo.
- Dependiendo de las circunstancias clínicas, considerar precozmente las técnicas de reemplazo renal durante las fases de estabilización y evacuación.

Toxicidad cualitativa

Se refiere a la composición de los fluidos intravenosos utilizados. Sn ejemplos de este tipo de evento adverso:

- La hiponatremia iatrogénica y la encefalopatía iatrogénica con las soluciones de mantenimiento hipotónicas (Na 35 – 100 mEq/L).
- La acidosis metabólica hiperclorémica con el uso excesivo de solución salina 0.9%; como se ha mencionado, la acidosis metabólica hiperclorémica, tanto por la acidosis como por la hiperclorémia, tiene asociación directa e independiente con morbilidad (fallo de órganos, necesidad de técnicas de soporte renal) y mortalidad³⁶.
- La hipokalemia o hiperkalemia por el uso de cantidades inapropiadas de potasio o por su monitorización inapropiada.
- La hipoglicemia o hiperglicemia por el uso de cantidades inapropiadas de glucosa, más probablemente por cálculo inadecuado de la VIG o monitorización insuficiente de la glicemia.
- La flebitis química, en accesos venosos periféri-

cos, por el uso de concentraciones inapropiadas de electrolitos o glucosa.

El uso de cristaloides balanceados está actualmente recomendado²⁶ para evitar el riesgo de acidosis metabólica hiperclorémica debido a su bajo contenido de cloro, más parecido al del plasma. Para ello, el cloro es reemplazado por otros solutos como lactato, malato, gluconato o acetato. Además, los cristaloides balanceados contienen cierta cantidad de calcio que ayuda a tratar la hipocalcemia, los trastornos de la coagulación y la disfunción miocárdica.

Un estudio retrospectivo en 36.000 niños con sepsis severa en 43 UCIP de Estados Unidos, de los cuales 2398 recibieron exclusivamente cristaloides balanceados en las primeras 24 horas y 1641 en las primeras 72 horas, mostró menor mortalidad (OR 0.76; IC95% 0.62-0.93, $p=0.07$), menos insuficiencia renal (OR 0.82; IC95% 0.68-0.98, $p=0.028$), y menos días con vasoactivos (3 vs 3.3 días, $p<0.001$) (37). Sin embargo, el uso de lactato Ringer podría tener algunos riesgos en pacientes neurológicos (por su contenido bajo de sodio) y en niños con shock y/o hipoperfusión hepática (por su contenido de lactato), con un posible incremento del consumo de oxígeno, insuficiente metabolización y acumulación de lactato, e interferencia con la monitorización de lactato como marcador de respuesta al tratamiento en el shock³⁸.

CONCLUSIONES

El uso de fluidos y electrolitos parenterales en Pediatría es un componente terapéutico fundamental, pero debe ajustarse a las prácticas convencionales de prescripción de medicamentos conociendo sus indicaciones, contraindicaciones, dosis y perfil de eventos adversos. Los métodos convencionales de cálculo de los requerimientos de mantenimiento podrían ser imprecisos, así como la metodología rutinaria de monitorización. La toxicidad de los líquidos y electrolitos parenterales puede ser cuantitativa o cualitativa. Los cristaloides isotónicos balanceados podrían asociarse a mejores resultados y menos complicaciones.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores reportaron no tener ningún conflicto de interés, personal, financiero, intelectual, económico y ni de interés corporativo en la realización de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Santiago Campos: Concepción y diseño del trabajo; recolección y obtención de resultados; análisis e interpretación de datos; redacción del manuscrito.

Mónica Moreno: Concepción y diseño del trabajo; recolección y obtención de resultados; análisis e interpretación de datos; redacción del manuscrito.

FINANCIAMIENTO

El financiamiento para la realización de la presente investigación fue financiado por los autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957; 19: 823-832
- Burgunder L. Fluids and Electrolytes. En: Kleinman K, The Harriet Lane Handbook, 22nd edition, p. 261
- Campos-Miño S, Yerovi R. Tratamiento nutricional del Niño en Ventilación Mecánica. En: De Carvalho WB, Jiménez HJ, Sasbón JS, Carrillo H, Ventilación Pulmonar Mecánica en Pediatría. Atheneu, San Paulo, 2012, p. 469 - 488.
- Talbot FB. Basal metabolism standards for children. *Am J Dis Child* 1938; 55: 455-459
- Moritz ML. Maintenance Intravenous Fluids in Acutely Ill Patients. *N Eng J Med* 2105; 373: 1350-1360
- Feld LG. Clinical Practice Guideline: Maintenance Intravenous Fluids in Children. *Pediatrics* 2018; 142 (6): e20183083
- McNab S. Isotonic vs hypotonic intravenous fluids for hospitalized children. *JAMA* 2015; 314: 720-721
- <http://www.rxkinetics.com/ivosmolarity.html>
- Almeida HI, Mascarenhas MI, Loureiro HC. The effect of NaCl 0.9% and NaCl 0.45% on sodium, chloride, and acid-base balance in a PICU population. *J Pediatr (Rio J)* 2015; 91: 499-505
- Friedman JN, Beck CE, DeGroot J. Comparison of isotonic and hypotonic intravenous maintenance fluids: a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr* 2015; 169: 445-451
- McNab S, Ware RS, Neville KA. Isotonic versus hypotonic solutions for maintenance intravenous fluid administration in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 12:CD009457
- National Clinical Guideline Centre (UK). IV Fluids in Children: Intravenous Fluid Therapy in Children and Young People in Hospital. London, United Kingdom: National Clinical Guideline Centre; 2015. Available at: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26741016
- McNab S, Duke T, South M. 140 mmol/L of sodium versus 77 mmol/L of sodium in maintenance intravenous fluid therapy for children in hospital (PIMS): a randomised controlled double-blind trial. *Lancet* 2015; 385: 1190-1197
- Carandang F, Anglemeyer A, Longhurst CA. Association between maintenance fluid tonicity and hospital-acquired hyponatremia. *J Pediatr* 2013; 163: 1646-1651
- Upadhyay A, Jaber BL, Madias NE. Incidence and prevalence of hyponatremia. *Am J Med* 2006; 119 (7, suppl 1): S30-S35
- Moritz ML, Ayus JC. Disorders of water metabolism in children: hyponatremia and hypernatremia. *Pediatr Rev* 2002; 23: 371-380
- Gerigk M, Gnehm HE, Rascher W. Arginine vasopressin and renin in acutely ill children: implication for fluid therapy. *Acta Paediatr* 1996; 85(5): 550-553
- Judd BA, Haycock GB, Dalton RN, Chantler C. Antidiuretic hormone following surgery in children. *Acta Paediatr Scand* 1990; 79(4): 461-466
- Arikan AA. Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2012; 13: 253-258
- Shaw AD. Major complications, mortality, and resource utilization after open abdominal surgery: 0.9% saline compared to Plasma-Lyte. *Ann Surg* 2012; 255: 821-829
- Yunos NM. Association between a chloride-liberal vs chloride-restrictive intravenous fluid administration strategy and kidney injury in critically ill adults. *JAMA* 2012; 308:1566-1572
- Yunos NM. The biochemical effects of restricting chloride-rich fluids in intensive care. *Crit Care Med* 2011; 39: 2419-2424
- Carcillo JA, Davis AL, Zaritzky A. Role of early fluid resuscitation in pediatric septic shock. *JAMA* 1991; 266: 1242-1245
- Dellinger RP. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Severe Sepsis and Septic Shock: 2012. *Crit Care Med* 2013; 41: 580-637
- Maitland K. Mortality After Fluid Bolus in African Children with Severe Infection. *N Eng J Med* 2011; 364: 2483-2495
- Weiss SL. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children. *Pediatr Crit Care Med* 2020. DOI: 10.1097/PCC.0000000000002198
- Russell MJ. Is There an Optimum Duration of Fluid Bolus in Pediatric Septic Shock? A Critical Appraisal of "Fluid Bolus Over 15-20 Versus 5-10 Minutes Each in the First Hour of Resuscitation in Children With Septic Shock: A Randomized Controlled Trial" by Sankar et al. *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19: e435-e445
- Sankar J. Fluid Bolus Over 15-20 Versus 5-10 Minutes Each in the First Hour of Resuscitation in Children With Septic Shock: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Crit Care Med* 2017; 18: e435-e445
- Silversides JA. Liberal versus restrictive fluid therapy in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2019; 45: 1440-1442
- Long E. Cardiac Index Changes With Fluid Bolus Therapy in Children With Sepsis-An Observational Study. *Pediatric Crit Care Med* 2018; 513-518
- Sinitski L. Fluid overload at 48 hours is associated with respiratory morbidity but not mortality in a general PICU: retrospective cohort study. *Pediatr Crit Care Med* 2015; 16: 205-209
- Lex DJ. Fluid Overload Is Associated With Higher Mortality and Morbidity in Pediatric Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Pediatr Crit Care Med* 2016; 17: 307-314
- Ingelse SA. Early Fluid Overload Prolongs Mechanical Ventilation in Children With Viral-Lower Respiratory Tract Disease. *Pediatr Crit Care Med* 2017; 18: e106-e111
- Goldstein SL, Currier H, Graf JM, Cosio CC, Brewer ED, Sachdeva R. Outcome in children receiving continuous venovenous hemofiltration. *Pediatrics* (2001) 107:1309-12. doi: 10.1542/peds.107.6.1309
- Raina R. Fluid Overload in Critically Ill Children. *Frontiers in Pediatrics* 2018; 6: 306. DOI=10.3389/fped.2018.00306
- Neyra JA. Association of Hyperchloremia With Hospital Mortality in Critically Ill Septic Patients. *Crit Care Med* 2015; 43: 1938-1943
- Emrath ET. Resuscitation With Balanced Fluids Is Associated With Improved Survival in Pediatric Severe Sepsis. *Crit Care Med* 2017; 45: 1177-1183
- Jansen E. Early lactate-guided therapy in intensive care unit patients: a multicenter, open-label, randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 182: 752-761

Como citar este artículo: Campos Miño S, Moreno Castro M. Fluidoterapia y electrolitos parenterales en pediatría. MC [Internet]. 29 de octubre de 2020; 28(4):4-15.
<https://doi.org/10.47464/MetroCiencia/vol28/4/2020/4-15>