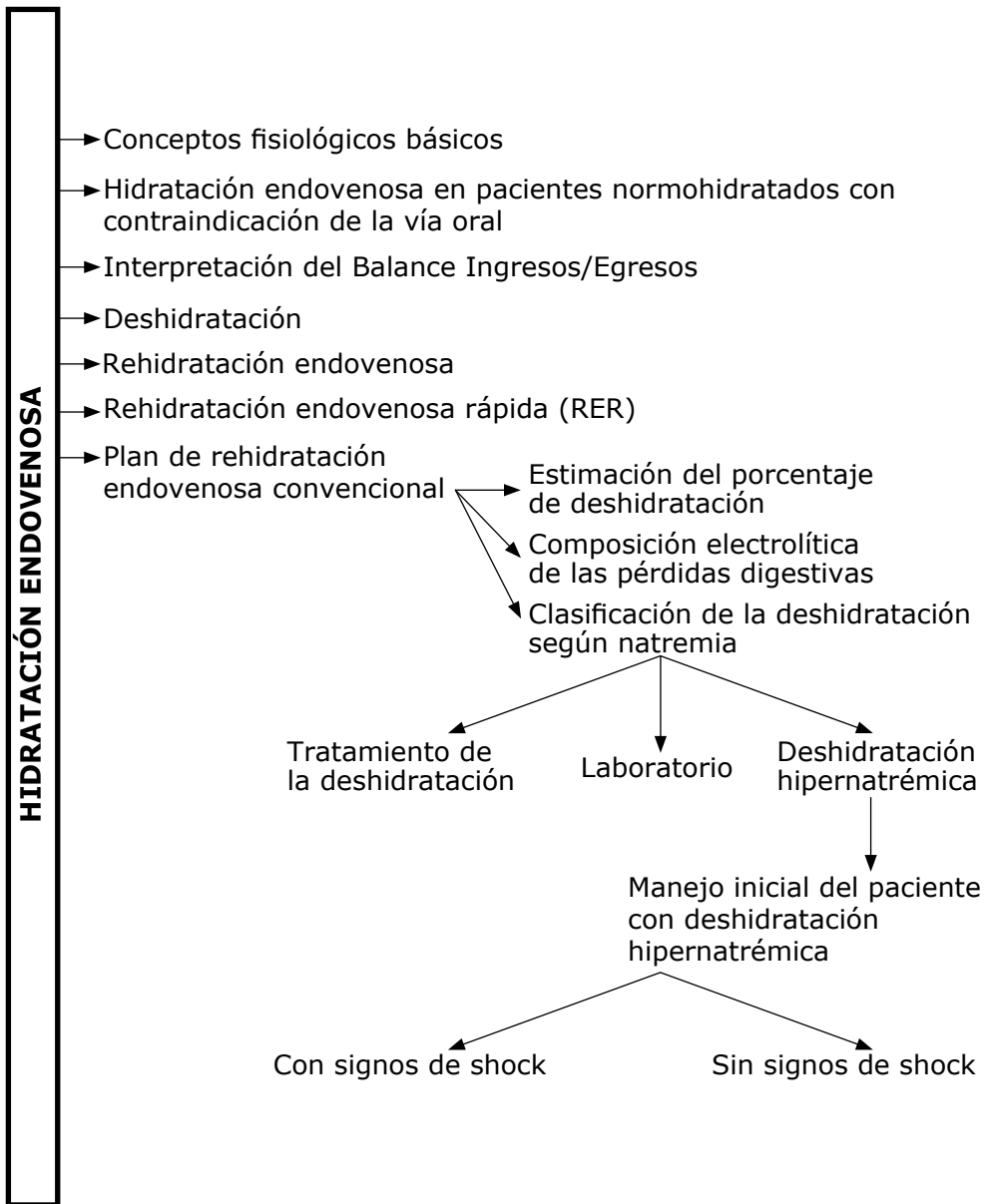


ESQUEMA DE CONTENIDOS



HIDRATACIÓN ENDOVENOSA

Introducción

Importancia de la deshidratación secundaria a diarrea como una de las principales causas de muerte

La deshidratación secundaria a diarrea sigue estando entre las primeras causas de muerte en menores de 5 años en los países en vías de desarrollo.

La introducción del tratamiento de rehidratación oral (TRO) con sales de la OMS a partir de la década del 60 (el primer trabajo publicado en N Engl J Med es de 1968) y su generalización posterior en la década del 80 tuvo un impacto extraordinario en la disminución de la morbimortalidad infantil por diarrea y sigue siendo la terapia de elección. A pesar de esto, hay un grupo de pacientes (shock, deshidratación grave, contraindicación o fracaso de la rehidratación oral) que siguen requiriendo rehidratación endovenosa.

El manejo de la rehidratación endovenosa es una competencia esencial de los médicos

En el Hospital Garrahan se internan aproximadamente 600 pacientes por año por deshidratación secundaria a diarrea. Teniendo en cuenta que los niños que se rehidratan exitosamente con TRO no se internan, es un número considerable, por lo que estamos convencidos de que el manejo de la rehidratación endovenosa es una competencia esencial que deben tener todos los médicos que atienden niños en servicios de urgencias y/o internación.

En este capítulo abordaremos dos situaciones: deshidratación y aquellos niños que requieren hidratación endovenosa de mantenimiento por contraindicación de la vía oral: pre y posquirúrgicos, patología abdominal, compromiso de la conciencia, etc.

Objetivos:

Al terminar el capítulo el alumno será capaz de:

- Explicar los conceptos básicos de la homeostasis del agua y el sodio en los niños, su regulación y alteraciones más frecuentes.
- Diagnosticar la deshidratación y clasificarla en grados según su severidad y en sus diversos tipos según la tonicidad del plasma.
- Diagnosticar y tratar oportunamente el shock hipovolémico.
- Indicar el plan de hidratación adecuado en pacientes normohidratados con contraindicación de la vía oral.
- Prevenir, reconocer oportunamente y tratar el Síndrome de Secreción Inadecuada de Hormona Antidiurética en pacientes con hidratación endovenosa.
- Interpretar adecuadamente los datos del balance ingresos/ egresos en niños con hidratación endovenosa.
- Indicar correctamente Rehidratación Endovenosa Rápida. Reconocer sus indicaciones y contraindicaciones. Realizar los controles adecuados. Prevenir y tratar las complicaciones.
- Indicar correctamente planes de hidratación convencional en pacientes con deshidratación hiponatémica, normonatémica e hipernatémica. Realizar los controles adecuados y adaptar el plan de hidratación a las condiciones del paciente. Prevenir y tratar las complicaciones.

Conceptos fisiológicos básicos

Como conceptos básicos debemos recordar que si bien clásicamente se considera que el agua corporal total (ACT) constituye el 60% del peso (ó 0.6, que es otra manera de expresarlo), esto no es exacto.

En Pediatría este porcentaje es sumamente variable: desde el 75% en el recién nacido de término, hasta el 60% a fin del primer año de vida y 50% en las mujeres a partir de la adolescencia (los varones por su mayor masa muscular y su menor porcentaje de grasa continúan cerca del 60%); también el estado nutricional lo modifica, cuanto mayor es el porcentaje de grasa el contenido de agua es menor.

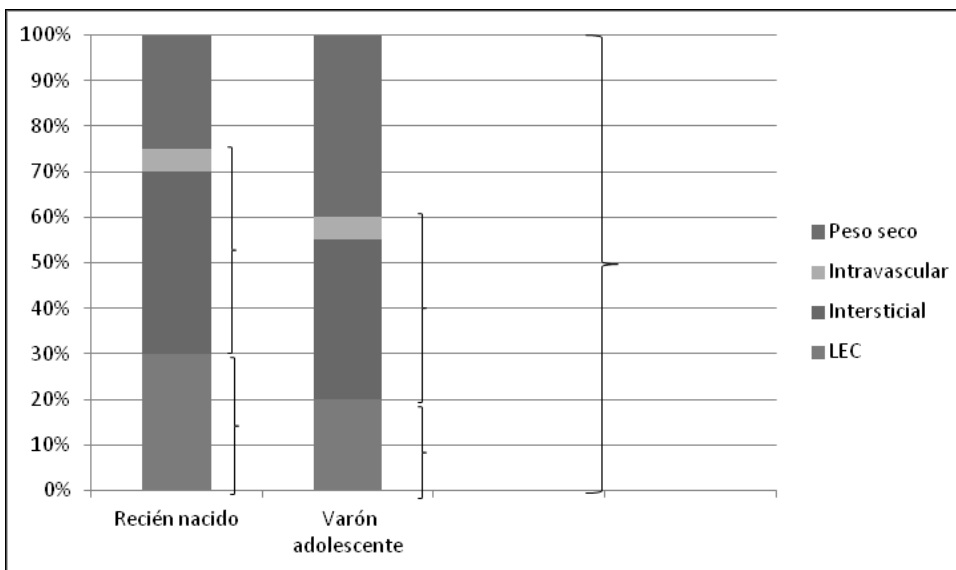
Cabe mencionar que el líquido intracelular (LIC) varía muy poco a lo largo de la vida, siendo de alrededor del 45 % del peso al nacimiento y 40% del peso al final de la adolescencia. La disminución del porcentaje de agua se produce entonces por la disminución del líquido extracelular (LEC), que al nacimiento es alrededor de un 30% del peso y al final de la adolescencia es 20% del peso en los varones y menos aún en las mujeres. De este 20%, el 5% lo constituye el agua intravascular y 15% el líquido intersticial.

Porcentaje variable del agua corporal total

Disminución del LEC desde el nacimiento a la adolescencia

Comparación del porcentaje de líquido y su distribución entre el recién nacido y el adolescente

Figura 1(Elaborada por los autores)



Por lo tanto las necesidades de agua y electrolitos por kg de peso serán menores a medida que aumenta la edad y la masa corporal de los pacientes. Esta disminución es paralela a la disminución de las calorías metabolizadas por kg de peso (desde 100 cal/kg/día en un lactante hasta aproximadamente 40 cal/kg/día en una mujer adulta).

El contenido de electrolitos del líquido extracelular e intracelular es muy diferente, aunque en ambos compartimientos la suma de los cationes es igual a la suma de los aniones. El principal catión plasmático es el sodio, mientras que el principal catión intracelular es el potasio. Los principales aniones plasmáticos son el cloro y el bicarbonato, mientras que los intracelulares son los fosfatos, las proteínas y los sulfatos.

Comparación del contenido de electrolitos entre el plasma y el LIC (mEq/l)

TABLA 1(modificada de Líquidos Orgánicos, composición electrolítica y composición ácido-base). Tratado de Pediatría. American Academy of Pediatrics. 2009. Págs. 497).

Cationes	Plasma	LIC	Aniones	Plasma	LIC
Sodio	140	10	Cloro	104	2
Potasio	4	160	Bicarbonato	25	8
Magnesio	2	26	Fosfato	2	95
Calcio	5	3	Sulfato	1	20
-	-	-	Ácidos orgánicos	6	-
-	-	-	Proteínas	13	55
Total	151	-	Total	151	-

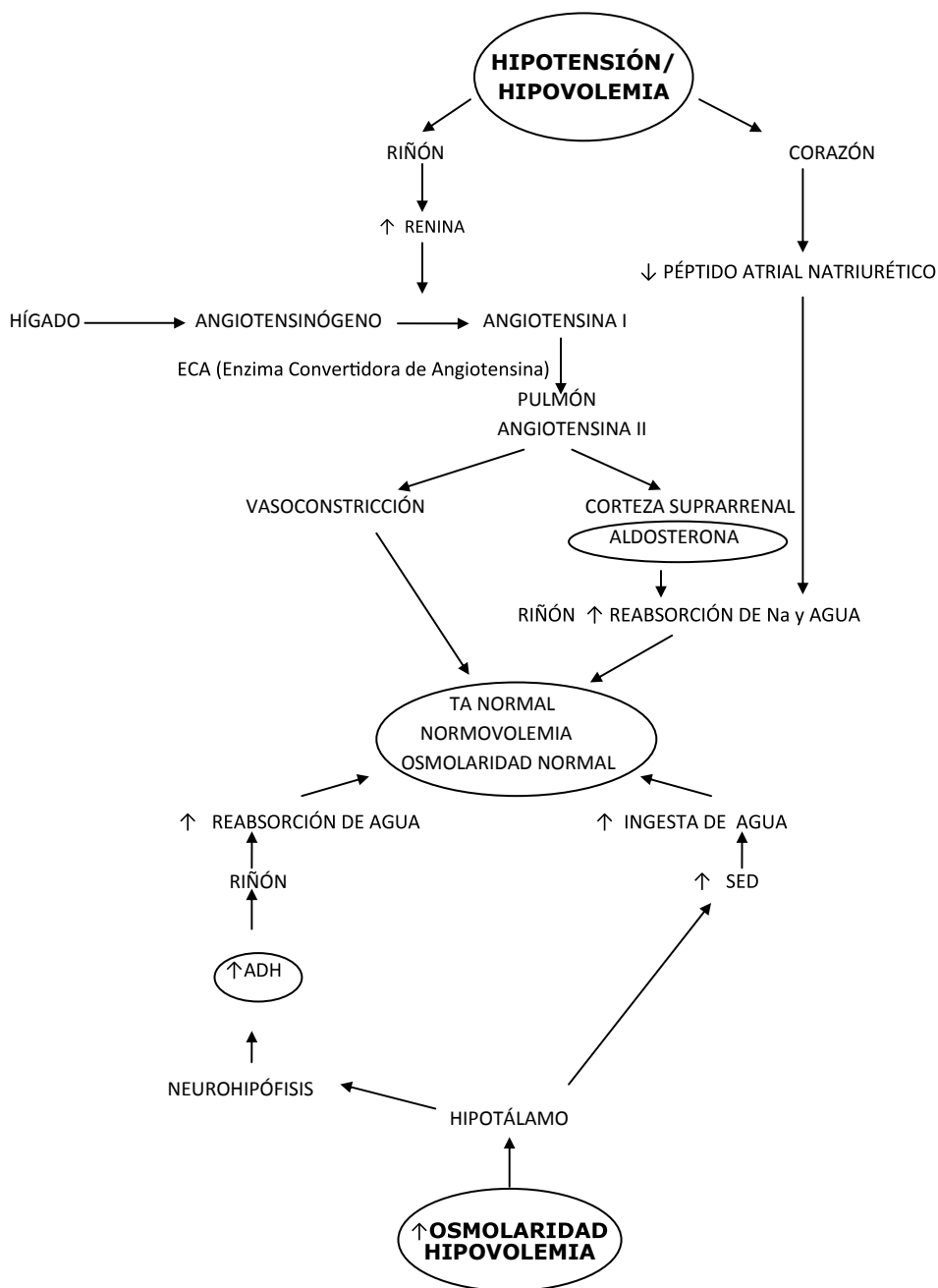
La regulación de la volemia se realiza fundamentalmente a través de la retención/excreción de sodio

Otro concepto importante es que la regulación de la volemia se realiza fundamentalmente a través de la retención/excreción de sodio; es por esto que la hipovolemia es el estímulo fundamental para la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, que aumenta la reabsorción de sodio a nivel renal; la hipervolemia inhibe este sistema y estimula la secreción del péptido natriurético atrial. Por otra parte la osmolaridad plasmática se regula principalmente a través de la retención/excreción de agua; el aumento de la osmolaridad es el estímulo fundamental para la secreción de Hormona antidiurética (HAD), que aumenta la reabsorción de agua a nivel renal.

FIGURA 2

Regulación del volumen y la osmolaridad (elaborada por los autores)

Obsérvese cómo la disminución del volumen actúa fundamentalmente a través de la activación del sistema renina – angiotensina – aldosterona y la inhibición de la secreción del péptido natriurético atrial. En cambio el aumento de la osmolaridad es el estímulo principal para la secreción de Hormona antidiurética.



El equilibrio entre el líquido intravascular y el intersticial está determinado fundamentalmente por la presión hidrostática (sistema cardiovascular) y la presión oncótica, determinada principalmente por la albúmina, que tiende a mantener el agua dentro del intravascular.

Tanto el aumento de la presión hidrostática (por ejemplo la insuficiencia cardíaca congestiva) como la disminución de la albúmina, condicionan la salida de líquido hacia el intersticio, con una hipovolemia relativa (a pesar del aumento del agua corporal total) que estimulará la secreción de aldosterona y la retención de sodio, perpetuando el círculo, con mayor aumento del agua corporal total y una hiponatremia dilucional.

En la deshidratación el compartimiento más afectado dependerá de la osmolaridad plasmática: en la forma con normo o hiponatremia (con osmolaridad disminuida o hipotónica) se afectará fundamentalmente el extracelular (ya que el agua tenderá a mantenerse en el compartimiento con mayor tonicidad: el intracelular), la hipovolemia se manifestará precozmente y se observarán los signos clásicos de deshidratación. En la deshidratación hipertónica (hipernatrémica o hipertónica por otros osmoles, como la cetoacidosis diabética), el agua se desplazará hacia el extracelular, la deshidratación será más a expensas del intracelular y la hipovolemia será más tardía y predominarán los signos de deshidratación intracelular (mucosas y piel secas, sed, irritabilidad).

Hidratación endovenosa en pacientes normohidratados con contraindicación de la vía oral (pre y posquirúrgicos, patología abdominal, compromiso de la conciencia).

Debemos señalar que la hidratación endovenosa es una medida terapéutica que no cubre las necesidades nutricionales, por lo cual si se prevé un ayuno prologado (mayor a 5 días o menos aún en pacientes muy pequeños o desnutridos) deberá considerarse la posibilidad de nutrición parenteral.

En los pacientes no deshidratados que requieren mantenimiento intravenoso del estado de hidratación debemos considerar las necesidades basales de líquidos y electrolitos, y luego sumar las pérdidas concurrentes si las hubiera (sonda nasogástrica abierta, drenajes, tercer espacio).

Para el cálculo de las necesidades basales (NB) de líquidos usaremos fórmulas diferentes según el peso del paciente.

Para los menores de 30 kg utilizaremos el método de Holliday-Segar, descrito hace 50 años, basado en las calorías metabolizadas TABLA 2

Peso	Agua (ml/kg/día)
Primeros 10 kg	100
De 10 a 20 kg	50 (+ 1000 por los 1º 10 kg)
Más de 20 kg	20 (+ 1500 por los 1º 20 kg)

De este modo las NB de un paciente que pesa 22 kg serán:

$$(100 \times 10) + (50 \times 10) + (20 \times 2) = 1000 + 500 + 40 = 1540 \text{ ml/día.}$$

En cuanto a los electrolitos las necesidades basales de sodio (Na) son 3 mEq/kg/día y las de potasio (K) 2 mEq/kg/día, por lo cual el paciente del ejemplo anterior (22 kg) requeriría 66 mEq/día de sodio y 44 mEq/día de potasio. Siguiendo este razonamiento, hubiéramos podido indicar un plan de hidratación del siguiente modo:

⁴Osmolalidad = $\text{Na} \times 2 \text{ (mEq/l)} + \frac{\text{glucosa (mg/dl)}}{18} + \frac{\text{urea (mg/dl)}}{2.8}$.
Como la urea difunde libremente, habitualmente no se considera.

Dextrosa 5%-----	500 ml	} 64 ml/hora (70/44/28) →
Cl Na 20% ² -----	6.5 ml	
Cl K 3 M ³ -----	4.8 ml	

70 ml/kg/día con 44 mEq/l de Na y 28 mEq/l de K

Este plan, como vemos, es muy parecido al históricamente llamado "plan basal" de hace varias décadas, en que la solución más usada era 40/20 (40 mEq/l de cloruro de sodio y 20 mEq/l de cloruro de potasio). **Actualmente, como explicamos más adelante, desaconsejamos el uso de soluciones tan hipotónicas.**

En los pacientes que pesen 30 kg o más las necesidades basales de líquidos se calculan a través de la superficie corporal.
En los pacientes con pesos entre 20 y 30 kg puede usarse tanto el cálculo por calorías metabolizadas como la superficie corporal.
En los menores de 10 kg siempre se hace el cálculo por calorías metabolizadas.

Cálculo de superficie corporal:

$$\text{Superficie corporal} = \frac{(\text{Peso} \times 4) + 7}{\text{peso} + 90}$$

Necesidad basal de líquido 1500 ml/m²

Necesidad basal de sodio 30-50 mEq/m²

Necesidad basal potasio 20-40 mEq/m²

Si quisiera usarlo en el paciente del ejemplo (22 kg) el cálculo sería:

Superficie corporal = $22 \times 4 + 7 / 112 = 88 + 7 / 112 = 95 / 112 = 0.85\text{m}^2$
 Líquidos: $1500 \times 0.85 = 1275$ ml (265 ml menos que calculado por calorías metabolizadas).

Sodio: $30-50 \times 0.85 = 25.5$ a 42.5 mEq/día (también menos).

Potasio: $20-40 \times 0.85 = 17$ a 34 mEq/día (también menos).

Debido a esta subestimación de las necesidades es que sugerimos usarlo a partir de los 30 kg y que NO debe usarse en menores de 10 kg.

Calculado de este modo el plan sería:

Dextrosa 5%-----	500 ml	} 53 ml/hora (58/33/28) →
Cl Na 20%-----	5 ml	
Cl K 3 M-----	4.4 ml	

58 ml/kg/día con 33 mEq/l de Na y 26 mEq/l de K

Este plan también es similar al "plan basal" clásico. Como ya hemos dicho, más allá del cálculo, **sugerimos NO usar planes de hidratación con concentraciones tan bajas de sodio, aunque estén basadas en los requerimientos.**

En los últimos 30 años ha habido muchas críticas basadas en trabajos científicos serios a estas soluciones tan hipotónicas con respecto al sodio, ya que se demostró una alta incidencia de hiponatremia en los niños que las recibían.

²El Cl Na 20% tiene 3.4 mEq de sodio por ml.

³El Cl K 3 molar (3 M) tiene 3 mEq de potasio por ml. Este es el que usamos en el Hospital Garrahan. Es importante que cada institución tenga una concentración y use siempre la misma para evitar errores.

A partir de estos trabajos surgió la propuesta de utilizar como solución de mantenimiento solución salina 0.45 (solución fisiológica al medio) en dextrosa 5%, con un contenido de sodio de 77 mEq/l⁴ , agregándole 20 mEq/l de potasio.

Incluso algunos estudios sugieren utilizar como solución de mantenimiento (principalmente en pacientes posquirúrgicos) solución fisiológica o Ringer lactato. Debido a que el diseño de estos estudios muestra algunas falencias, creemos prudente por el momento mantener la recomendación de dextrosa 5%+ solución salina 0.45 (77mEq/l de sodio)+ K 20 mEq/l.

A partir del uso de solución salina 0.45 en la terapia de mantenimiento aparecieron nuevos trabajos que cuestionan su uso por el riesgo de hipernatremia. Si bien hay estudios que demuestran un ascenso del sodio sérico por encima de 144 mEq/l en algunos pacientes, debe destacarse que por el momento no se ha descrito hipernatremia severa ni sintomática.

Si bien aún no se ha encontrado una solución considerada ideal por todos los autores, teniendo en cuenta que con soluciones hipotónicas sí se ha demostrado hiponatremia severa y sintomática, por el momento hay consenso en que los pacientes con causas para tener aumentada la secreción de Hormona Antidiurética deben ser tratados con soluciones isotónicas, como la recién mencionada 77/20. Para evitar confusiones debemos aclarar que si bien algunos autores mencionan a esta solución como hipotónica, tiene 406 mOsm/l (el plasma tiene 285-295 mOsm/l), estos autores se refieren a que es hipotónica con respecto al sodio.

Sólo en los niños que no tienen ninguna causa para tener una liberación aumentada de HAD podrían usarse soluciones algo más hipotónicas, por ejemplo 60/20 (60 mEq/l de sodio y 20 de potasio).

Nosotros preferimos la utilización de soluciones estándar. En los pacientes sin necesidad de restricción de sodio, siempre es más seguro utilizar soluciones comerciales como la 77/20 porque se evita el riesgo de errores en los cálculos, las indicaciones y la preparación.

Situaciones de que la HAD se encuentra elevada

Situaciones en que la HAD se encuentra elevada:

- Estímulos no relacionados con la volemia efectiva
 - o Período posquirúrgico.
 - o Dolor, estrés, náuseas, vómitos.
 - o Enfermedades respiratorias (neumonía, bronquiolitis, asma).
 - o Enfermedad SNC (meningitis, encefalitis, traumatismos, tumores, hidrocefalia).
- Hipovolemia efectiva
 - o Deshidratación.
 - o Sangrados.
 - o Hipotensión arterial sistémica.
 - o Insuficiencia cardíaca.
 - o Hipertensión portal. Cirrosis. Insuficiencia hepática.
 - o Hipoalbuminemia.
 - o Síndrome nefrótico.
 - o Hipoaldosteronismo.
 - o Medicamentos: Morfina, Carbamacepina, Ciclofosfamida, Vincristina.

⁴La solución fisiológica o solución salina 0.9 N tiene 154 mEq/l de sodio, por lo tanto la solución fisiológica al medio o solución salina 0.45 N tiene la mitad (77 mEq/l).

Debe observarse que la gran mayoría de los niños internados tienen alguna de estas condiciones.

En todos los pacientes que tienen alguna de las condiciones mencionadas para tener aumentada la liberación de Hormona Antidiurética, debe controlarse cuidadosamente la aparición de SIHAD (Secreción Inadecuada de Hormona Antidiurética), caracterizada por oliguria, orina concentrada, balance de ingresos/egresos positivo, aumento de peso e hiponatremia por dilución secundaria a sobrehidratación.

Se trata de una condición relativamente frecuente y potencialmente mortal si no se diagnostica a tiempo, ya que puede provocar hiponatremia severa con compromiso neurológico.

No se debe esperar a que el paciente presente edemas, ya que no es frecuente. El tratamiento es la restricción hídrica. Si la hiponatremia es moderada se repondrán las pérdidas insensibles (PI) más la diuresis, si hay hiponatremia severa se indicarán sólo las pérdidas insensibles más la mitad de la diuresis. Sólo se indicará corrección rápida de la natremia en los pacientes con hiponatremia aguda sintomática (cefalea, vómitos, depresión del sensorio, convulsiones).

Importancia del control de la SIHAD

El tratamiento es la restricción hídrica

TABLA 3

Pérdidas insensibles ml/kg/hora	
Primeros 10 kg	1 ml/kg/h (240 ml/kg/día)
10 a 20 kg	0.75 ml/kg/h (más 240 por los 1º 10 kg)
Más de 20 kg	0.5 ml/kg/h (más 420 por los 1º 20 kg)

De este modo para un paciente de 22 kg las PI serán:
 $(10 \times 1 \times 24 = 240) + (10 \times 0.75 \times 24 = 180) + (2 \times 0.5 \times 24 = 24) = 444$ ml/día.

También hay autores que sugieren como restricción aportar los dos tercios de las necesidades basales (66 ml/kg/día ó 1000 ml/m²/día según el peso del paciente).

Entonces, volviendo a nuestro paciente de 22 kg, como en pediatría las cosas no suele ser tan sencillas, para calcular el plan de mantenimiento tendré que considerar la edad, el estado nutricional, el estado de hidratación, el tiempo estimado de ayuno, la enfermedad de base, la causa del ayuno y si tiene pérdidas concurrentes.

Si se trata de un niño eutrófico, normohidratado, que va a estar ayunado no más de 5 días, que no tiene ninguna condición que eleve la HAD, con medio interno normal y no tiene pérdidas concurrentes, podré elegir un plan de hidratación 70/77/20 ó 70/60/20 (ver cálculo en la página 15).

Si va a estar ayunado por tiempo prolongado deberé considerar la posibilidad de administrar nutrición parenteral.

Si tiene alguna condición que pueda aumentar la liberación de ADH elegiré un plan de hidratación 70/77/20 y haré un balance cuidadoso de los ingresos y egresos.

Si tiene pérdidas concurrentes deberé sumar el volumen y los electrolitos que pierda.

Si tiene drenajes al exterior (líquido céfalo-raquídeo, biliar, líquido ascítico) hasta estimar cuál es la pérdida real se podrá reponer el volumen por turno con Ringer lactato o Solución Fisiológica.

Si desarrolla un SIHAD sin síntomas neurológicos bajaré el plan de hidratación a 444 ml/día (PI) y repondré por turno la diuresis. Siguiendo este esquema los líquidos que reciba en el día variarán según el ritmo diurético:

Diuresis de 0.5 ml/kg/hora recibirá $444 + (22 \times 0.5 \times 24) = 444 + 264 = 708$ ml/día.

Diuresis de 0.8 ml/kg/ hora recibirá $444 + (22 \times 0.8 \times 24) = 444 + 422 = 866$ ml/día.

Diuresis de 1 ml/kg/hora recibirá $444 + (22 \times 24) = 444 + 528 = 972$ ml/día.

Como ya hemos mencionado otros autores plantean aportar dos tercios de las necesidades basales ($2/3$ de $1540 = 1026$ ml/día). Este esquema también es aceptable aunque algo menos preciso.

Si ocurre que el paciente desarrolla un SIHAD, nadie lo advierte (**esto no debería ocurrir**) y desarrolla hiponatremia con síntomas neurológicos, se hará una corrección rápida de sodio⁵ con Cl Na al 3% y luego se restringirán los líquidos (descontando el recibido en la corrección).

Todos los pacientes que ingresan a internación **deben ser pesados**.

Todos los pacientes que ingresan con plan de hidratación parenteral, al inicio de la internación deben ser colocados en balance. Esta necesidad de registrar ingresos y egresos se replanteará diariamente.

El balance debe revisarse por turno, o más frecuentemente si se sospechan alteraciones hidroelectrolíticas.

Interpretación del Balance Ingresos/Egresos

Hay más de un esquema de pensamiento para interpretar el balance. En este trabajo comenzaremos por el ritmo diurético.

A- **Si el ritmo diurético es bajo** tendré que plantearme tres posibilidades:

- 1) El plan de hidratación no aporta los líquidos necesarios para cubrir los requerimientos y las pérdidas ¿está mal calculado? ¿o no está pasando de acuerdo a la indicación? En este caso el balance será negativo o neutro. El peso será igual o menor. Rehacer los cálculos. Verificar cuánto recibió el paciente. Cuantificar las pérdidas. Corregir el aporte.
- 2) El paciente tiene algún grado de deshidratación previa que fue subvalorado al ingreso y el riñón está ahorrando sodio (y subsecuentemente agua) para aumentar la volemia. El balance será positivo. El peso será igual o ligeramente mayor. Investigar si hubo pérdidas no jerarquizadas o hipoaporte. Pesquisar pérdida de peso previa al ingreso. Revalorar signos de deshidratación. Preguntar si tiene sed. Ver si la densidad urinaria está aumentada y el sodio urinario es bajo. Aumentar el aporte.
- 3) El paciente está haciendo un SIHAD. Buscar causa: **posquirúrgico**, patología respiratoria, neurológica, náuseas y vómitos, hipoalbuminemia, etc. Buscar signos de sobrehidratación: balance positivo, aumento de peso, aumento de la silueta cardíaca. Orina concentrada con sodio normal o elevado (habitualmente sodio urinario de alrededor de 50 mEq/l). Hiponatremia. Comenzar restricción hídrica.

⁵Corrección rápida de Na = $0.6 \times \text{Peso} \times \Delta \text{Na} = 0.6 \times 22 \times 5 = 66$ mEq de Na.

El ΔNa es = Na deseado - Na real. Según la situación se calcula entre 5 y 10 mEq/l.

El Cl Na al 3% tiene 51 mEq en 100 ml, se prepara con 15 ml de Cl Na al 20% + 85 ml de agua destilada.

Para este paciente debo pasar 129 ml de esta solución en 4 a 6 horas, con control horario de la natremia para que no suba más de 1 mEq/l/hora, hasta un total de 5 mEq/l con mejoría de los síntomas.

B- Si al contrario el ritmo diurético es inadecuadamente alto me plantearé hipótesis diferentes según el balance sea positivo o negativo.

Si el balance es positivo o neutro y el paciente mantuvo o aumentó el peso significa que el aporte es excesivo o está recibiendo líquidos no calculados (ver cuánto líquido recibe con medicaciones, transfusiones, si tomó a pesar de la indicación de ayuno). Recalcular el plan. Verificar cuánto recibió. Tener en cuenta que si hay líquidos no registrados en el balance, éste será falsamente negativo.

Si el balance es negativo y el paciente baja de peso me plantearé cuatro hipótesis, las dos primeras bastante frecuentes y las dos últimas muy infrecuentes en niños sin diagnóstico previo de enfermedad:

- 1) El paciente está sobrehidratado y se está desembarazando de líquido. Pesquisar aportes previos: expansiones, líquidos en quirófano, transfusiones. Peso de ingreso a la sala aumentado con respecto al peso habitual. Densidad urinaria baja.
- 2) Glucosuria. Aporte excesivo o irregular de glucosa. Adecuar flujo de glucosa. Administrar a un ritmo regular, si es posible con bomba.
- 3) Pérdidas renales: poliuria post-obstructiva, tubulopatías, riñón del desnutrido, riñón poliquístico, nefritis intersticial, insuficiencia renal crónica poliúrica. Revisar antecedentes (cirugías desobstructivas de la vía urinaria, fármacos nefrotóxicos, síndromes genéticos, poliuria, fallo de medro). Balance negativo. Pérdida de peso. En general densidad urinaria baja. A veces pérdida de sodio, potasio, calcio, fósforo, magnesio, bicarbonato y glucosa. Puede haber hiponatremia, hipokalemia, hipofosfatemia, hipomagnesemia e hipocalcemia. Son condiciones poco frecuentes.
- 4) Pérdidas por trastornos del SNC:
 - a. Diabetes insípida: poliuria, orina con densidad baja e **hipernatremia**. Deshidratación. Pérdida de peso. Poli-dipsia. Es producida por lesiones de la región hipotálamo-hipofisaria de causa genética (displasia septo-óptica), malformativa, tumoral (germinoma, craneofaringioma, pinealoma, glioma óptico, histiocitosis, LMA), traumática, infecciosa (TBC, criptococo, Listeria, toxoplasmosis) y tóxica (alcohol, halotano, antagonistas de opiáceos). La etiología más común en niños es la posquirúrgica de la región hipotálamo-hipofisaria. El tratamiento es la administración de Hormona Antidiurética.
 - b. Síndrome perdedor de sal: poliuria, sodio urinario muy aumentado (suele ser mayor a 150 mEq/l), **hiponatremia**, deshidratación, pérdida de peso. Se ve en pacientes con hidrocefalia, traumatismo de cráneo, ACV y posquirúrgicos de neurocirugía. El tratamiento es la reposición energética de agua y sodio, en general con solución fisiológica.

Deshidratación

Como se mencionó anteriormente la causa más frecuente de necesidad de rehidratación endovenosa en pacientes pediátricos es la gastroenteritis aguda con intolerancia oral. Con menor frecuencia puede requerirse en patología quirúrgica abdominal (invaginación intestinal, vólvulo, oclusión por bridas, peritonitis), abdomen agudo no quirúrgico (pancreatitis, enteritis, suboclusión), mucositis severa (post quimioterapia, estomatitis herpética) y alteraciones de la conciencia (meningitis, hipertensión endocraneana). En el caso de las patologías quirúrgicas que no constituyan una emergencia se comenzará la rehidratación mientras se hacen los exámenes prequirúrgicos y se prepara el quirófano.

Rehidratación Endovenosa

En primer lugar reforzamos el concepto de que el tratamiento de elección en los niños deshidratados por diarrea es la rehidratación por vía oral con sales de OMS.

Sólo se indicará hidratación endovenosa cuando la rehidratación oral esté contraindicada: shock hipovolémico, vómitos incoercibles, íleo, compromiso de la conciencia o fracaso de la hidratación oral correctamente administrada. Aún no hay un consenso claro sobre la deshidratación grave (mayor al 10%). Actualmente la OMS propone iniciar hidratación endovenosa.

En segundo lugar cabe destacar que trabajos actuales sugieren la hidratación mixta cuando la hidratación oral está contraindicada: hidratación endovenosa rápida inicial por 2 a 4 horas y en cuanto el paciente tolera, comenzar tratamiento de rehidratación oral (TRO); estos trabajos han demostrado disminuir el tiempo de la rehidratación y evitar internaciones.

En tercer lugar destacaremos que para la Rehidratación endovenosa rápida (RER) no es necesario hacer cálculos basados en el porcentaje de deshidratación.

Cuadro 1 Cuadro de OPS para la evaluación del grado de deshidratación (Organización Panamericana de la Salud. "Tratamiento de la diarrea: Manual Clínico para los Servicios de Salud". Washington, D.C.: OPS, © 2008. ISBN 978-92-75-32927-6)

Evaluación de la deshidratación en pacientes con diarrea			
	A	B	C
OBSERVACIÓN:			
ESTADO GENERAL a	Normal, alerta	Intranquilo, irritable	Letárgico o inconsciente
OJOS b	Normales	Hundidos	Hundidos
SED	Bebe normalmente no está sediento	Sediento, bebe ávidamente	Bebe muy poco o no es capaz de beber
PLIEGUE CUTÁNEO c	Recuperación instantánea	Recuperación lenta	Recuperación muy lenta
DECISIÓN	El paciente NO PRESENTA SIGNOS DE DESHIDRATACIÓN	Si el paciente presenta dos o más signos en B, se clasifica como ALGÚN GRADO DE DESHIDRATACIÓN	Si el paciente presenta dos o más signos en C, se clasifica como DESHIDRATACIÓN GRAVE
TRATAMIENTO	Seguir el tratamiento del plan A	Pesar al paciente, si es posible, y seguir el tratamiento del plan B	Pesar al paciente, si seguir el tratamiento del plan C URGENTEMENTE

a. La letargia y la somnolencia no son lo mismo. Un niño letárgico no está simplemente adormecido sino que su estado mental está embotado y no se despierta completamente; el niño parece derivar hacia la inconciencia.

- b. En algunos lactantes y niños los ojos están normalmente algo hundidos. Es útil preguntarle a la madre si los ojos del niño están como siempre o más hundidos de lo normal.
- c. El pliegue cutáneo tiene menos utilidad en los lactantes o niños con marasmo o kwashiorkor o en los niños obesos.

Recordamos que el plan A es la prevención de la deshidratación (líquidos abundantes, dieta habitual, reposición luego de cada deposición). El plan B es el TRO. El plan C es la rehidratación endovenosa.

Rehidratación Endovenosa Rápida (RER)

En 1980 Pizarro publica el primer trabajo sobre hidratación endovenosa rápida con una solución de composición similar a las sales de OMS, conocida como Solución 90, solución polielectrolítica o Solución Pizarro.

Esta solución que continuamos utilizando tiene la siguiente composición:

- 90 mEq/l de sodio,
- 20 mEq/l de potasio,
- 80 mEq/l de cloro,
- 30 mEq/l de Bicarbonato de sodio (en la solución original es acetato de sodio)
- 111 mMol/l de glucosa (Dextrosa al 2%)

En otras regiones (India, África) se han usado otras soluciones polielectrolíticas con buenos resultados, pero en América Latina, en nuestro país y particularmente en nuestro hospital hay gran experiencia en el uso de esta solución.

Esta solución se infunde a un ritmo fijo de 25 ml/Kg/hora y aporta:

- Mayor aporte de sodio que las soluciones tradicionales (2.25 mEq/kg/hora).
- Flujo de potasio de 0.5 mEq/kg/hora de modo seguro, ya que el alto aporte de glucosa y bicarbonato favorece el ingreso de potasio al intracelular.
- Corrección de bicarbonato de -2.5/hora (-10 en cuatro horas).
- Flujo de glucosa de 8.3 mg/kg/minuto.
- Corrige 2.5% de deshidratación por hora (si no hay pérdidas concurrentes).

Otras ventajas de la RER:

- No requiere calcular el porcentaje de deshidratación y el aporte de líquidos para cada paciente (minimiza el riesgo de errores en los cálculos).
- No requiere cambiar las soluciones ni el ritmo de infusión durante la rehidratación (menor carga de trabajo y menos riesgo de errores en los cálculos, menos manipulación de soluciones y vías, lo que minimiza el riesgo de contaminación e infección).
- No requiere calcular los electrolitos ni preparar las soluciones (es una solución estándar que se comercializa preparada, lo cual también disminuye la manipulación y el riesgo de errores).
- Es adecuada para la mayoría de los pacientes deshidratados.
- Reduce el tiempo para lograr la normohidratación.
- Permite realimentar al paciente rápidamente.

Consideraciones de uso de RER:

- 1) SÓLO SE INDICARÁ HIDRATACIÓN EV SI ESTÁ CONTRAINDICADA O FRACASA LA HIDRATACIÓN ORAL.

Consideraciones de uso de RER

- 2) Si el paciente está en shock primero se indicará expansión con Solución fisiológica o Ringer Lactato (20-25 ml/kg en 20-30 minutos). La velocidad de infusión es determinante, ya que el objetivo es replecionar rápidamente el compartimiento intravascular. Podrá repetirse si el paciente no recupera la perfusión adecuada. Es excepcional que en el shock hipovolémico el paciente requiera otras medidas. Si no se recupera luego de 3 expansiones (Solución Fisiológica 60 ml/kg) deberán plantearse otros diagnósticos (sepsis, fallo multiorgánico), iniciar goteo de inotrópicos e ingresar el paciente a UCI. En el paciente que ingresa en shock se tomará la muestra para medio interno (EAB, ionograma, urea, glucemia y hemograma) luego de la expansión.

CUADRO 2 (elaborado por los autores)

Signos de shock hipovolémico	
Frecuencia cardiaca	Taquicardia desproporcionada a la fiebre
Frecuencia respiratoria	Taquipnea sin enfermedad respiratoria
Pulsos periféricos	Muy disminuidos o ausentes
Relleno capilar	Mayor a 2 segundos
Diuresis	Oliguria severa o anuria
Temperatura distal	Extremidades frías
Color	Palidez o cianosis
Tensión arterial	Variable. La caída de la TA es tardía
Estado de conciencia	Depresión. Es un signo tardío

Con 2 ó más de estos signos se hace diagnóstico de shock.

Comentario: si bien en los últimos años se ha popularizado el uso de expansiones con mayores volúmenes (hasta 60 ml/kg) por el momento no hay evidencia firme para respaldar esta conducta. Incluso un estudio debió ser interrumpido por la alta mortalidad en el grupo de tratamiento. Los altos volúmenes de Solución fisiológica pueden empeorar la acidosis por el alto aporte de cloro.

- 3) Si hay deshidratación severa, compromiso del estado general, de la conciencia, hipo o hipertoniá, alteración de los reflejos, íleo parálítico, globo vesical, dudas sobre la diuresis o se sospecha SUH, se realizará el laboratorio al inicio de la RER. Si el laboratorio es normal no hace falta repetirlo. Si hay alguna anormalidad se repite al lograr la normohidratación. La hiperglucemia inicial (paciente no diabético, con hiperglucemia por estrés) no contraindica el uso de RER. Solicitar EAB, ionograma, urea, glucemia y hemograma. **No solicitar otras determinaciones en forma rutinaria.**
- 4) Si el paciente está anúrico se coloca un plan sin potasio hasta tener el resultado de la kalemia o un electrocardiograma normal.
- 5) Si el paciente presentó diuresis en las últimas horas puede iniciarse la hidratación sin esperar resultados de laboratorio.
- 6) Si el paciente está en buen estado general, la deshidratación no es severa, no presenta compromiso de la conciencia, orina y no se sospecha SUH, puede esperarse hasta la normohidratación para obtener el medio interno.
- 7) Si el paciente no está en shock (o recuperó la perfusión) se pesará y se iniciará la hidratación con solución polielectrolítica a 25 ml/kg/hora hasta la normohidratación, la cual habitualmente se alcanza en alrededor de 4 horas (en los deshidratados graves con diarrea profusa puede demorar hasta 6 u 8 horas).

- 8) Debe asegurarse un flujo regular de 25 ml/kg/hora (preferentemente con bomba de infusión). Si la vía de acceso no es suficiente, colocar otra.
- 9) Deben controlarse en forma horaria:
 - a. los signos vitales (FC, FR, Tº, TA),
 - b. el peso,
 - c. los signos de deshidratación (incluyendo el estado de conciencia).
 - d. Diuresis y catarsis.
- 10) Si la deshidratación no mejora:
 - a. Controlar que haya recibido la cantidad adecuada de Solución. Revisar el cálculo.
 - b. Si hay poliuria buscar glucosuria: si es positiva, **descartar primero que el flujo no haya sido más alto que 25 ml/kg/hora o irregular**. Si es así corregir. Si no es así adecuar flujo. Es excepcional tener que bajar el flujo de glucosa.
 - c. Si no hay poliuria revisar pérdidas concurrentes por materia fecal o vómitos, si son mayores a 20 ml/kg/hora se puede aumentar el flujo de la solución hasta 35 ml/kg/hora (esta situación también es excepcional, está descrita en pacientes con cólera).
- 11) Cuando el paciente ya no tenga contraindicación para la vía oral (sin vómitos ni íleo, despierto) iniciar tolerancia con OMS.
- 12) Cuando se encuentre normohidratado, reiniciar la alimentación por vía oral.

Contraindicaciones de RER:

La mayoría de las contraindicaciones han sido establecidas por el uso, sin haberse probado en estudios controlados que la RER sea riesgosa para estos pacientes.

- Hiponatremia aguda sintomática (debe corregirse primero la hiponatremia con Cloruro de Sodio al 3% según fórmula $(10 \times 0.6 \times \text{peso})$ o con Solución fisiológica si hay deshidratación severa o shock. La RER ha probado ser segura con natremia mayor a 120 mEq/l.
- Hipernatremia severa: según diversos estudios los límites varían. Algunos plantean que puede usarse con seguridad hasta sodio 150 mEq/l, otros hasta 160 mEq/l y otros las han utilizado aún con natremias de 169 mEq/l. En nuestro hospital se ha utilizado sin inconvenientes en pacientes con natremia hasta 160/mEq/l, por lo que continuamos utilizando esa cifra como límite.
- Hiperkalemia (K mayor a 5.9 mEq/l) o con signos electrocardiográficos. Algunos estudios la han utilizado aún con kalemias de hasta 7 mEq/l. Debido a que son casos aislados, hasta tanto haya evidencia firme no recomendamos su uso en pacientes con hiperkalemia igual o mayor a 6 (esta situación es excepcional en niños deshidratados por diarrea, descartar error de laboratorio, muestra hemolizada).
- Hipokalemia menor a 2.5 mEq/l o con signos electrocardiográficos. También hay trabajos en los que se ha utilizado en pacientes con hipokalemia más severa (hasta 1.9 mEq/l), pero debido al alto flujo de glucosa y el contenido de bicarbonato no consideramos prudente su recomendación hasta tener evidencia firme de su inocuidad.
- Cardiopatías con riesgo de desarrollar insuficiencia cardíaca.
- Insuficiencia renal.
- Síndrome ascítico edematoso.
- Hipoalbuminemia severa.

Contraindicaciones de RER

- Desnutrición severa.
- Diabetes.

Conclusión:

La RER es la forma de rehidratación endovenosa de elección para todos los pacientes deshidratados que no pueden hidratarse por vía oral y no tienen una contraindicación formal para recibirla.

Plan de Rehidratación Endovenosa Convencional

Como ya hemos resaltado, la opción ideal para la rehidratación de niños deshidratados es el tratamiento de rehidratación oral (TRO) con sales de OMS. Cuando la rehidratación oral está contraindicada (íleo, vómitos incoercibles, alteración de la conciencia, shock o deshidratación grave) o fracasa, la siguiente opción terapéutica es la rehidratación endovenosa rápida (RER).

Sólo en los casos en que la rehidratación endovenosa rápida también está contraindicada utilizaremos la rehidratación convencional, basada en el cálculo de necesidades basales (NB) + déficit previo (DP) + pérdidas concurrentes (PC).

El cálculo de las **necesidades basales** ya fue explicado anteriormente pero recordamos que en lactantes y niños menores de 30 kg se usa la fórmula de Holliday- Segar:

PESO (kg)	Necesidades basales de líquido
<10	100 ml/kg/ día
DE 11-20	1000 ml + 50 ml/kg /día por cada kg por encima de 10.
> 20	1500 ml + 20 ml/kg/día por cada kg por encima de 20.

Si el paciente tiene un peso mayor a 30 kg el cálculo se hace con la fórmula de la superficie corporal, calculándose como NB 1500 ml/ m²/ día.

$$\frac{(\text{Peso} \times 4) + 7}{\text{Peso} + 90}$$

$$\text{Superficie corporal} = \frac{(\text{Peso} \times 4) + 7}{\text{Peso} + 90}$$

Para el cálculo del **déficit previo** la mejor estimación es la basada en el peso previo. Para esto hay que contar con un peso previo cercano y confiable. Por ejemplo si el paciente tiene un control de salud de 20 días antes con un peso de 10,200 kg e ingresa con 9,500 kg el DP es de 700 g.

Cuando no se cuenta con un peso confiable de referencia, el porcentaje de deshidratación se calcula en base a la clínica de paciente (ver cuadro 2).

Se debe considerar que en algunos pacientes la variación del peso nos puede confundir, como por ejemplo en los pacientes con edemas o tercer espacio, que pueden presentar volumen intravascular disminuido sin descenso de peso.

Para la deshidratación **hiponatémica e isonatémica** la bibliografía

clásica sugiere la reposición del 50% del déficit previo en las primeras 8 horas y el 50% restante en las siguientes 16 horas.

Debido a que en general los pacientes con contraindicación de rehidratación endovenosa rápida (cardiopatías, síndrome nefrótico, hipertensión portal con síndrome ascítico edematoso) tienen alteraciones en la homeostasis del sodio (y por lo tanto del agua) en general en nuestro hospital el déficit previo se restituye dentro del plan de hidratación de manera uniforme en 24 horas. Esta conducta tiene la ventaja adicional de facilitar los cálculos, evitar los cambios repetidos de planes y goteos y en consecuencia, disminuir el riesgo de errores.

Estimación del porcentaje de deshidratación

Cuadro 3 (elaborado por los autores).

Signos y síntomas	Deshidratación leve	Deshidratación moderada	Deshidratación grave
<u>Pérdida de peso</u>			
Lactante	<5 %	5-10 %	>10 %
Niño mayor	<3 %	3-7 %	>7 %
Mucosas	Húmedas	Semihúmedas	Secas
Piel	Pliegue +	Pliegue ++	Pliegue +++
Ojos	Normal	Ligero enoftalmos	Hundidos
Estado general	Normal	Decaído	Muy decaído
Frecuencia cardíaca	Normal	Taquicardia	Taquicardia marcada
Pulsos periféricos	Normales	Rápidos	Muy rápidos
Respiración	Normal	Rápida	Muy rápidas
Sed	Leve	Moderada	Intensa
Fontanela anterior	Normal	Hundida	Muy hundida
Diuresis	Normal / Levemente disminuida	Disminuida	Mínima o ausente
<u>Deficit estimado</u>			
Lactante	<50 ml/kg	50-100 ml/kg	>100 ml/kg
Niño mayor	<30 ml/kg	30-70 ml/kg	>70 ml/kg

Recordar que si un niño con deshidratación grave presenta pulsos débiles, relleno capilar lento o compromiso de la conciencia, se encuentra en shock.

Las **pérdidas concurrentes** son las pérdidas anormales de agua y electrolitos. La diarrea es la más frecuente en pediatría. Las pérdidas se deben calcular y reponer en forma dinámica. Si bien inicialmente uno estima la pérdida de manera aproximada, luego debe hacer un balance y reponer el agua volumen a volumen (por ejemplo si el paciente perdió por diarrea 100 ml en 4 horas calcular 600 ml/ día e ir ajustando si las pérdidas aumentan o disminuyen). Los electrolitos se reponen considerando sus valores plasmáticos y la naturaleza de la pérdida.

Pérdidas concurrentes

Composición electrolítica de las pérdidas digestivas

Cuadro 4 (Elaborado por los autores).

PÉRDIDAS		AGUA	Na (mEq/l)	K (mEq/l)	CL (mEq/l)	HCO ₃ mEq/l
DIGESTIVAS	Saliva	REPOSICIÓN VOLUMEN A VOLUMEN	40-60	5-20	55-70	30-40
	Gástrica		30-80	10-20	90-150	0
	Pancreática		100-140	5-15	90-130	40-100
	Biliar		120-140	5-15	90-120	40
	Intestino Delgado		130-140	10-20	20-115	40
	Colon		50	8-80	15-40	20-30
	DIARREA		Leve: 20 ml/kg/día Mod.: 40 ml/kg/día Grave: 60 ml/kg/día Hipersecretora: \geq 100 ml/kg/día	20-60 (secretora hasta 120)	10-80	20-120

Clasificación de la deshidratación según natremia:

DESHIDRATACIÓN HIPONATRÉMICA (Na < 130 mEq/l): Debido a que la causa más común de deshidratación es la diarrea y que, excepto en la diarrea secretora las pérdidas por materia fecal son hipotónicas (20- 60 mEq/l de sodio), esta es la forma menos frecuente.

DESHIDRATACIÓN ISONATRÉMICA (Na entre 130-150 mEq/l): es la forma más frecuente, alrededor del 70% de los casos.

DESHIDRATACIÓN HIPERNATRÉMICA (Na > 150 mEq/l) Es más común en los recién nacidos y lactantes muy pequeños, en los que reciben fórmulas muy concentradas y en los que no pueden pedir agua o no tienen conservado el mecanismo de la sed.

Tratamiento de la deshidratación hipo o isonatrémica

Si presenta signos de shock procederemos igual que como se explicó en el apartado de RER: expansión con Solución fisiológica (20-25 ml/kg en 20-30 minutos), que podrá repetirse si el paciente no recupera la perfusión adecuada. Si no se recupera luego de la infusión de Solución Fisiológica 60 ml/kg deberán plantearse otros diagnósticos, iniciar goteo de inotrópicos e ingresar el paciente a UCI.

Paciente sin signos de shock:

- Necesidades basales (NB): según las calorías metabolizadas o superficie corporal.
- Déficit previo (DP): diferencia del peso previo referido con el peso actual y/o por las manifestaciones clínicas de deshidratación: leve, moderada o severa. Se repone en 24 horas.

- Pérdidas concurrentes (PC): se repone volumen a volumen extrapolado en 24 horas. Debemos recalcular éstas pérdidas cada 4-6 horas.

Por ejemplo: Ingresamos un paciente de 6 meses cuya madre consulta por diarrea y vómitos de 24 horas de evolución, está afebril, algo irritable, rosado, con pulsos periféricos presentes, frecuencia cardíaca 150 por minuto, respiratoria 40 por minuto, relleno capilar de 2 segundos, mucosas semihúmedas, ligeramente enoftálmico, con fontanela anterior deprimida y pliegue cutáneo. El abdomen está distendido y con escasos ruidos hidroaéreos. En el consultorio presenta un vómito de color verde. Pesa 6 kg. La mamá no recuerda el peso previo. Refiere que tiene una CIV y que recibe Furosemida y Espironolactona que ella suspendió cuando comenzó la diarrea. Le cambió 6 pañales en el día, todos con deposiciones líquidas pero que no desbordaban el pañal. Le parece que orina poco.

Por la semiología del abdomen decidimos comenzar hidratación endovenosa; debido al antecedente de la cardiopatía sin datos de la función ventricular decidimos no intentar RER. Cálculo estimado del aporte de líquidos:

NB: 600 ml/ día

DP: entre 5 y 10 % (calcularemos 7%): para 6 kg= 420 ml

PC: estimaremos una diarrea moderada: 40 ml/kg/día = 240 ml

Total de líquidos para 24 horas: 1260 ml

ELECTROLITOS

Sodio:

Diferentes estudios sugieren utilizar concentraciones de sodio muy distintas (entre 60 y 130 mEq/l) pero no hay evidencias fuertes que respalden una concentración específica.

En nuestro hospital en general se indican concentraciones intermedias. Teniendo en cuenta que los pacientes que reciben hidratación convencional suelen tener alteraciones en la homeostasis del sodio, hasta tener resultados de laboratorio sugerimos comenzar con 80 mEq/l de sodio (o 77 que es la concentración de la solución estándar).

Luego, si la natremia se encuentra por debajo de 135 mEq/l se podrá aumentar la concentración hasta 100 mEq/l y si se encuentra por encima de 145 mEq/l se podrá disminuir hasta 60 mEq/l.

Potasio:

Si se sospecha fallo renal agudo no indicar potasio hasta constatar diuresis o tener resultado de Kalemia o ECG normal. Si el paciente presentó diuresis en las últimas horas, comenzar con una concentración de potasio entre 20-40 mEq/l.

Recordar que el flujo máximo de potasio sin necesidad de monitoreo electrocardiográfico continuo es de 0.5meq/kg/hora.

Glucosa:

Utilizamos Dextrosa 5%, que aporta 17 calorías cada 100 ml, aproximadamente el 20% de las necesidades calórica diarias y evita la producción de cetonas y el catabolismo proteico.

Algunos artículos recientes sugieren considerar también la utilización de dextrosa al 2.5%, pero hasta el momento no hay evidencia que respalde esta recomendación.

Controles clínicos: (son los más útiles)

Signos vitales cada 2 horas

Signos de deshidratación cada 2-4 horas

Peso cada 4 horas (considerar tercer espacio: aumento de peso sin mejoría del estado de hidratación, enteritis, síndrome ascítico edematoso)

Balance de ingresos y egresos cada 4 horas

Densidad urinaria cada 4 horas (según diuresis)

Laboratorio:

Al comenzar la hidratación: ionograma, urea, estado ácido-base. Si se sospecha SUH agregar hemograma con frotis. Si el paciente ingresa en shock el laboratorio se hará luego de la expansión. No son necesarias otras determinaciones de laboratorio.

Durante la hidratación: si en el laboratorio de inicio presentaba anormalidades (sodio <130 o >150 mEq/l; K < 3 o >5.5 mEq/l; acidosis con pH < 7.30 o bicarbonato < 15 mEq/l se sugiere controlar entre las 4 y las 8 horas y reevaluar.

Al final de la hidratación (sólo si hubo alguna anormalidad inicial o las pérdidas son muy importantes): ionograma, urea, estado ácido-base.

Es decir que a nuestro paciente de 6 kg, con deshidratación moderada, le indicaremos:

Dex 5% _____ 500 ml	} 52 ml/ hora →	210 /80/30 (significa 210 ml/kg/día 80 mEq/l de sodio y 30 mEq/l de potasio)
Cl NA 20% _____ 12 ml		
Cl K 3 M _____ 5 ml		

Flujo de glucosa = $210 \times 5 \times 10 / 1440 = 7.3$ mg/kg/minuto

Flujo de potasio = $210 \times 30 / 1000 / 24 = 0.26$ mEq/kg/hora

A las dos horas controlaremos los signos vitales, los signos de deshidratación y descartaremos signos de insuficiencia cardiaca por sobrecarga de volumen (tercer ruido, ritmo de galope, hepatomegalia, rales pulmonares). Constataremos que tenga diuresis. Reclamaremos los resultados de laboratorio si aún no los tenemos.

A las cuatro horas repetiremos estos controles, el peso y el balance de ingresos y egresos. Controlaremos que las pérdidas concurrentes sean coherentes con el cálculo inicial y con todos estos datos ajustaremos el ritmo del plan de hidratación como ya fue explicado anteriormente.

Deshidratación hipernatrémica:

En la deshidratación hipernatrémica siempre existe un déficit de agua en relación al sodio, el plasma es hipertónico y por consiguiente hay pasaje de agua desde el espacio intracelular al extracelular, provocando una deshidratación intracelular.

Esta es la forma de deshidratación con mayor riesgo de morbi-mortalidad, fundamentalmente por el daño al sistema nervioso central, tanto durante su instalación como en el curso del tratamiento.

La diarrea aguda sigue siendo una causa frecuente de deshidratación hipernatrémica pero menos común que en décadas anteriores; en este caso la hipernatremia se produce por pérdidas hipotónicas de líquidos por materia fecal, asociadas a poca ingesta de agua, vómitos o reposición con soluciones muy hipertónicas. Los principales factores de riesgo son: lactantes pequeños, fiebre (que aumenta la pérdida de agua libre), calor excesivo, abrigo exagerado y la administración de líquidos con alto contenido de sodio.

En niños con daño neurológico severo, en los que el mecanismo de la sed no está conservado y no reciben agua libre puede observarse hipernatremia ante cuadros febriles o en caso de diarrea y/o vómitos.

En internación puede presentarse hipernatremia en pacientes con restricción de fluidos por diversas patologías o por administración de sodio en exceso (por ejemplo correcciones de bicarbonato de sodio en la reanimación, excesivas expansiones, error en la preparación de soluciones de rehidratación, etc.).

Otra causa de deshidratación hipernatrémica menos frecuente es la diabetes insípida, en esta la poliuria con densidad urinaria baja suele ser evidente. La de origen central suele aparecer en el período posquirúrgico de tumores hipofisarios, principalmente craneofaringiomas.

Como en la hipernatremia la osmolaridad plasmática se encuentra siempre aumentada y hay un desplazamiento de agua desde el intracelular hacia el extracelular, el compartimiento intravascular se encuentra relativamente preservado y las manifestaciones de hipovolemia no se presentan en las etapas iniciales; el shock hipovolémico es excepcional a menos que la deshidratación sea muy severa.

Si la deshidratación celular a nivel del SNC se produce en forma rápida puede llevar a la mielinolisis pontina, caracterizada por alteraciones neurológicas a veces irreversibles como cuadriplejía, parálisis pseudobulbar, convulsiones, coma. Afortunadamente esta situación es poco frecuente.

Figura 3 Deshidratación cerebral. Elaborada por los autores BHE barrera hematoencefálica.

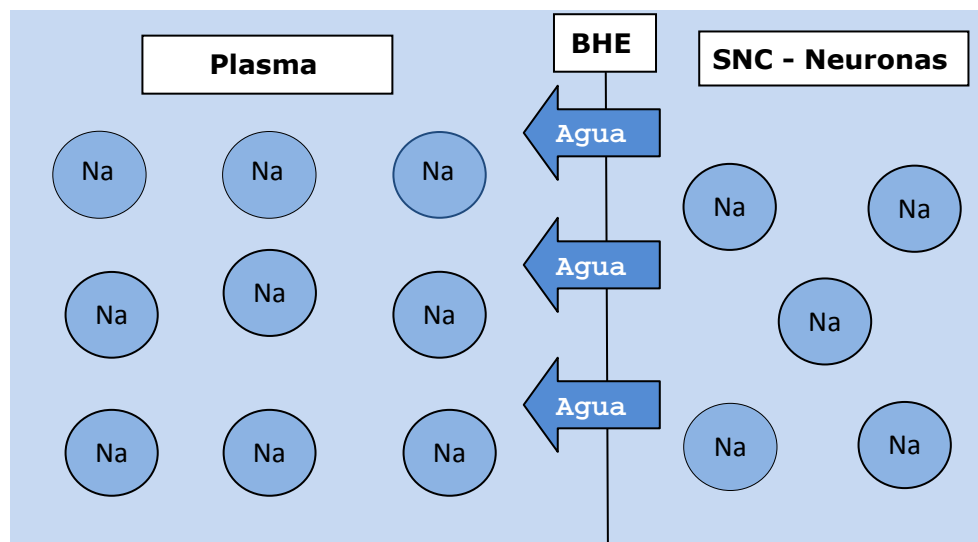
Es la forma con mayor riesgo de morbi-mortalidad

Diarrea aguda

Niños con daño neurológico severo

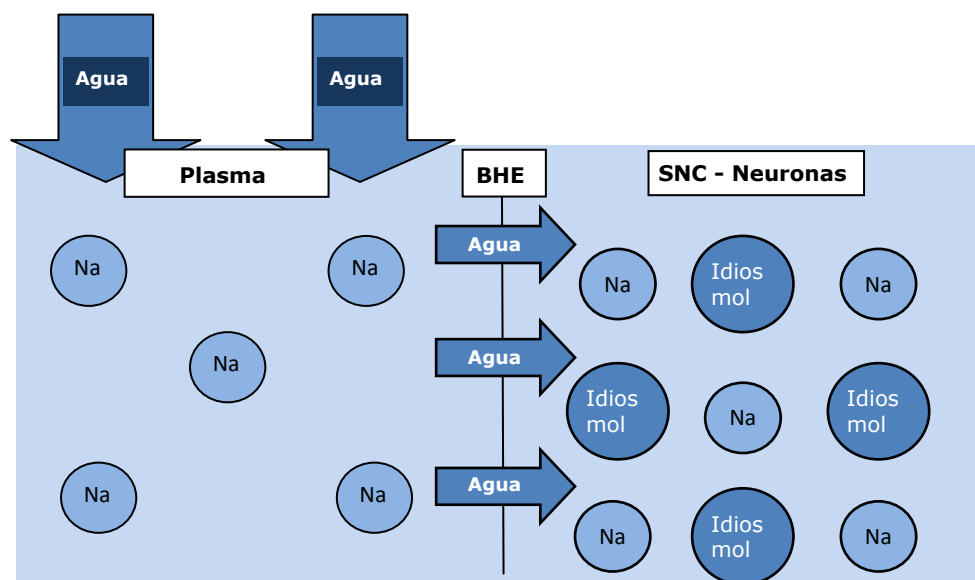
Pacientes con restricción de fluido

Diabetes insípida



En la hipernatremia las neuronas generan como mecanismo protector osmoles idiógenos o idiosmoles, que aumentan la osmolalidad dentro de las células y retienen agua. Así se evita la contracción de las células cerebrales por el desplazamiento de agua hacia el líquido extracelular hipertónico. Estos osmoles demoran entre 48 y 72 horas en desaparecer al mejorar la hipernatremia. Si se realiza una corrección (descenso) del sodio de forma rápida, el agua es atraída al interior de las células provocando edema cerebral e hipertensión endocraneana, el mayor riesgo en el tratamiento de la hipernatremia.

Figura 4: osmoles idiógenos y edema cerebral. BHE: barrera hematoencefálica.



La clínica de la hipernatremia se expresa principalmente en el sistema nervioso central, fundamentalmente si la instalación del cuadro fue rápida o la natremia es mayor a 160mEq/l. La signo-sintomatología incluye: hipertermia, irritabilidad, sed intensa, pliegue cutáneo pastoso, taquipnea, debilidad muscular, hiperreflexia, clonus y en los casos más severos letargo, convulsiones, coma y hasta la muerte. La reducción del volumen celular puede causar ruptura vascular provocando hemorragia subaracnoidea, intradural y subdural. También puede producirse trombosis de los senos venosos.

Manejo inicial del paciente con deshidratación hipernatrémica

Con signos de shock

Si el paciente presenta signos de shock se indicará expansión con solución fisiológica 20 ml/kg en 30 minutos.

Se debe recordar que esta situación es excepcional.

Un trabajo realizado en China con 97 pacientes y publicado en 2010 en el Journal of Paediatrics and Child Health, mostró que uno de los factores de riesgo de mala evolución en pacientes con deshidratación hipernatrémica son las expansiones. Otro trabajo publicado en 2012 en el European Journal of Pediatrics que analizó el riesgo de muerte llegó a la misma conclusión. Por esto sólo se indicará expansión si el paciente se encuentra en shock, y si durante la expansión el paciente recupera la perfusión, se interrumpirá inmediatamente. De ningún modo se deben indicar expansiones al niño con deshidratación hipernatrémica que no presenta colapso circulatorio. Tampoco se utilizarán soluciones con menor concentración de sodio que la Solución Fisiológica (por ejemplo Ringer Lactato).

Sin signos de shock

La vía de rehidratación ideal para los niños con deshidratación hipernatrémica es la oral; cuando la vía oral está contraindicada, la natremia es menor de 160 mEq/l y no presentan signos neurológicos de hipernatremia se deberá indicar RER. Cuando la RER también está contraindicada se utilizará la rehidratación convencional.

Si bien no hay un acuerdo unánime en la cantidad de sodio que debe tener la solución de rehidratación, sí está probado que el ritmo de hidratación deberá ser lento, ya que se relaciona en forma directa con el ritmo de descenso del sodio plasmático.

Un trabajo caso-control que incluyó casi 100 pacientes mostró como el mayor factor de riesgo de desarrollo de edema cerebral el ritmo de infusión (Odds ratio OR 30, con un índice de confianza 95% 7.4-127.9). En este trabajo, usando una curva ROC, el ritmo más seguro de infusión fue 6.8 ml/kg/hora (163 ml/kg/día). Este mismo trabajo también mostró, mediante un modelo multivariado de regresión logística, que la interacción entre ritmos altos de infusión con fluidos con alta tonicidad es protectora, mientras que la asociación entre ritmos rápidos de rehidratación con natremias muy elevadas al inicio del tratamiento aumenta el riesgo de edema cerebral.

Existen dos reglas básicas: corrección lenta y monitoreo cercano.

El plan de rehidratación endovenoso se calculará de la siguiente manera:

Las necesidades basales y las pérdidas concurrentes de líquidos se calcularán e infundirán de igual manera que en la deshidratación hipo o isonatrémica (en 24 horas).

DÉFICIT PREVIO: se administrará en 48 horas, un 50% en las primeras 24 horas y el otro 50% en las restantes, para evitar el edema cerebral, las convulsiones y el daño neurológico.

Si bien no hay un acuerdo general en la elección de la solución ideal ni en la velocidad de infusión, sí es unánime la indicación de realizar un monitoreo cercano de la concentración plasmática de sodio para ir ajustando las modificaciones en la infusión en forma dinámica.

En general se acepta que los pacientes más pequeños, necesitarán más agua libre por kilogramo de peso para alcanzar el mismo descenso en la natremia que los niños mayores y esto se debe a que tienen mayores pérdidas insensibles.

Para la corrección se puede utilizar la fórmula de Adrogé, que calcula el cambio de Na por cada litro de solución infundida.

$$\frac{\text{Na en la solución} - \text{Na sérico}}{(\text{Agua corporal total}^6 + 1)} = \text{cambio de Na en mEq/l por cada litro de solución infundida.}$$

Ejemplo: ingresa a la guardia un niño de 9 años con una encefalopatía crónica no evolutiva secundaria a meningitis neonatal, que presenta diarrea de 2 días de evolución con regular tolerancia oral por vómitos. Se encuentra decaído, irritable, taquipneico, taquicárdico, con mucosas secas y pliegue pastoso, peso de 17 kg para un peso previo referido de hace 10 días de 17.8 kg. La madre refiere que las deposiciones no son abundantes, entre 3 y 4 por día, presentó varios vómitos.

Se inicia tolerancia oral en dos oportunidades sin éxito. Se intenta gastroclisis pero el niño vomita nuevamente. Usted recibe el resultado del medio interno:

Na 161 mEq/l K: 4.2mEq/l, Cl: 109mE/l EAB 7.30/42/61/19.6/-4.7 urea: 55mg/dl.

Con estos resultados usted decide no intentar RER y calcula el siguiente plan:

NB: 1350ml (en 24 horas)

DP: 800ml (a pasar en 48 horas)

PC: 340ml (en 24 horas, asumiendo diarrea leve 20ml/kg/día)

Total de líquidos para 24 horas: 1350 + 400 + 340 = 2090 ml.

Suponiendo que elija una solución con 90 mEq/l de Na, calcula según fórmula de Adrogé.

$$\frac{90\text{mEq/l} - 161\text{mEq}}{(0.6 \times 17) + 1} = 6.3 \text{ mEq Na x litro de solución.}$$

Entonces, por cada litro de solución con Na 90 mEq/l voy a disminuir la natremia 6.3 mEq/l; en 2090 ml, que es lo que calculé para 24 horas, disminuiré la natremia 12,6 mEq/l.

Entonces indicamos: (con diuresis constatada)

Dx5%-----500ml	}	87ml/h	⇒	122/90/30
CINa20%----- 13ml				
CIK3M----- 5ml				

Fórmula de Adrogé

Flujo de glucosa: 4.26mg/kg/min.
Flujo de potasio: 0.15mEq/kg/hora

Otros autores sugieren que, calculando el volumen de igual modo, se puede comenzar con una solución con 80 mEq/l de Na sin potasio hasta constatar diuresis y luego disminuir el Na a 50 mEq/l y agregar potasio a 20-40mEq/l según la kalemia. Nuestra sugerencia es utilizar la fórmula de Adrogé.

Lo importante es que el descenso de la natremia no debe ser superior a 10-12 mEq/l/día, es decir 0.5mEq/l/hora para evitar el edema cerebral.

Independientemente de la solución que se haya elegido, si el descenso de la natremia en el primer control es superior a 0.5 mEq/l/hora debe recalcularse el plan de hidratación. Si pasó demasiado líquido (sobrestimación del déficit o de las pérdidas concurrentes, error en el cálculo o la administración) deberá disminuirse el ritmo de infusión; si el volumen que se administró es adecuado deberá aumentarse la concentración de sodio en el plan.

Si el sodio no descendió, hay que razonar de igual forma: o el líquido no fue suficiente (lo más frecuente) o se debe disminuir la concentración de sodio en el plan.

Siempre se debe recordar que la medicina no es una ciencia exacta, que cuando calculamos cualquier corrección del medio interno nuestro resultado es provisorio, ya que nunca conocemos todas las variables de la homeostasis del paciente. Por esto siempre debemos controlar la evolución y adecuar las indicaciones a medida que vamos obteniendo nuevos datos. En el paciente con deshidratación hipernatrémica adecuaremos el plan de hidratación según la clínica y el monitoreo del descenso del sodio plasmático.

Controles clínicos: igual a deshidratación hipo o isonatémica

Signos vitales cada 2 horas

Signos de deshidratación cada 2-4 horas

Peso cada 4 horas (considerar tercer espacio: aumento de peso sin mejoría del estado de hidratación, enteritis, síndrome ascítico edematoso)

Balance de ingresos y egresos cada 4 horas

Densidad urinaria cada 4 horas (según diuresis)

Controles de laboratorio

Inicio de infusión: ionograma, urea y estado ácido-base

Durante la infusión: se sugiere control de ionograma cada 4 horas (el primer control puede hacerse a las dos horas si la natremia es mayor a 160 mEq/l) hasta valor de natremia normal, luego cada 24 horas.

Al final de la infusión: ionograma, urea, estado ácido-base.

En situaciones excepcionales de hipernatremia muy aguda con síntomas neurológicos (como diabetes insípida posquirúrgica) podrá utilizarse la fórmula de déficit de agua libre para corregirla.

Por ejemplo en un paciente de 17 kg con natremia de 161 y síntomas neurológicos

$$A C T \text{ deseada} = \frac{ACT \text{ actual} \times Na \text{ actual}}{Na \text{ deseado}} = \frac{17 \times 0.6 \times 161}{155} = \frac{1642}{155} = 10.59$$

Déficit de agua = ACT deseada - ACT actual = 10.59 - 10.2 = 0.39 l (390 ml)

ACT = agua corporal total = peso x 0.6

Na deseado: se calcula no descender más de 6 mEq/l, a una velocidad máxima de 1 mEq/l/hora (por eso aquí elegimos 155 mEq como objetivo y se administra en 6 horas).

Se le deberían aportar 390 ml de agua (lo ideal es por vía oral o por sonda nasogástrica). Puede administrarse como agua o como dextrosa.

Si la vía enteral es imposible tendré que buscar una alternativa para aportar 390 ml de agua libre en forma endovenosa.

Infundir agua sin solutos en el intravascular está contraindicado en forma absoluta, ya que provoca hemólisis.

Considerando que la solución fisiológica es isotónica (en cuanto al sodio) con respecto al plasma, puedo aportar el doble del volumen calculado (780 ml) de Solución Fisiológica diluida al 1/2, que aporta la mitad del volumen como agua libre. También puedo usar la solución comercial 77/20 (que es una solución salina 0.45 N, igual que la solución fisiológica al 1/2, sólo que en dextrosa al 5% y con el agregado de 20 mEq/l de potasio). Para administrar 780 ml en 6 horas deberé aportar 130 ml/hora. Deberá monitorearse que el descenso del sodio no sea mayor de 1 mEq/hora. Si hay pérdidas concurrentes importantes (en este caso poliuria), deben sumarse al cálculo.

Como vemos, el volumen a infundir es mayor que el recomendado anteriormente, la concentración de sodio en la solución es menor y el descenso del sodio por hora es el doble, todo esto hace que el riesgo de edema cerebral sea mayor. **Por todo esto esta fórmula de corrección de la natremia con agua libre NUNCA debe utilizarse en pacientes deshidratados por diarrea, vómitos, hipoaporte, calor o fiebre, ya que en estos casos la hipernatremia nunca es tan aguda y el cerebro ya habrá producido idiosmoles.**

También se debe aclarar que el tratamiento de la causa (en este caso la administración de Hormona antidiurética) es el tratamiento definitivo. La corrección de agua libre sólo se utiliza hasta instaurar este tratamiento.

Conclusiones

La deshidratación es una causa de morbimortalidad frecuente en niños, por lo que el pediatra tiene la obligación de conocer sus causas, comprender la fisiopatología, ocuparse de prevenirla y saber tratarla.

Las soluciones intravenosas constituyen una medicación de alto riesgo para el paciente, por lo cual deben utilizarse sólo cuando son indispensables y con todos los cuidados en los cálculos de dosis, preparación y administración. Asimismo, todo niño con un plan de hidratación parenteral debe ser monitoreado clínicamente para disminuir los riesgos de complicaciones.

La terapéutica ideal en todos los tipos de deshidratación es la rehidratación oral con sales de OMS. Cuando la vía oral está contraindicada o fracasa, debe evaluarse como primera alternativa la rehidratación endovenosa rápida, que reduce el tiempo de tratamiento y además, por utilizar una solución y un ritmo de infusión estandarizados, disminuye el riesgo de errores.

Cuando ninguna de estas alternativas es posible, se deberá calcular un plan de hidratación individualizado para el paciente.

Bibliografía

1. Bilkis Manuel, Montero Daniel, Vicente Florencia y Cheistwer Ariel. Hidratación endovenosa en la práctica clínica. Nuevos enfoques terapéuticos para la gastroenteritis aguda. Arch. Argent. Pediatr. 2007; 105(5): 436-443.
2. Choong Karen, Arora Steve, Cheng Ji, Farrokhyar Forough, Reddy Desigen, Thabane Lehana and Walton J. Mark. Hypotonic versus isotonic maintenance fluids after surgery for children: a randomized controlled trial. Pediatrics 2011; 128; 857-864.
3. Criterios de Atención. Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan". Buenos Aires. 1997
4. El-Bayoumi Mohammed A., Abdelkader Alaa M., El-Assmy Mohamed M. A., Alwakeel Angi A., El-Tahan Hanem M.. Normal saline is a safe initial rehydration fluid in children with diarrhea-related hypernatremia. Eur J Pediatr (2012) 171: 383-388.
5. Fang Chengqing, Mao Jianhua, Dai Yuwen, Xia Yonghui, Fu Haidong, Chen Yifang, Wang Yaping and Liu Aimin. Fluid management of hypernatraemic dehydration to prevent cerebral oedema: a retrospective case control study of 97 children in China. Journal of Paediatrics Child Health. 46 (2010) 301-303.
6. Feld Leonard G., Friedman Aaron, Massengill Susan F.. Disorders of Water Homeostasis. En: Nutrition and Health: Fluid and Electrolytes in Pediatrics. Edited L. G. Feld, F. J. Kaskel, DOI 10.1007/978-1-60327-225-4_1, Springer Science+Business Media, LLC 2010.
7. Freedman Stephen B., Parkin Patricia C., Willan Andrew R., Schuh Suzanne. Rapid versus standard intravenous rehydration in paediatric gastroenteritis: pragmatic blinded randomized clinical trial. BMJ. Nov. 2011. 343- 354. D6976 doi: 10.1136/bmj, d6976.
8. Friedman Jeremy N.; Canadian Paediatric Society, Acute Care Committee. Risk of acute hyponatremia in hospitalized children and youth receiving maintenance intravenous fluids. Paediatr Child Health 2013; 18 (2): 102-104.
9. Greenbaum Larry A... Fisiopatología de los líquidos corporales y tratamiento hidroelectrolítico. En: Kliegman; R., Stanton, B.; St. Geme, J.; Schor, N.; Behrman, R. Nelson Tratado de Pediatría. 19 edición. Barcelona: Elsevier; 2013. Págs. 225-263
10. Hoorn Ewout J., Geary Denis, Roob Maryanne, Halperin Mitchell L. and Bohn Desmond. Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: an observational study. Pediatrics 2004; 113; 1279-1284.
11. Hoorn E. J., Tuut M. K., Hoorntje s. J., van Saase J. L. M. C., Zietse R., Geers A. B... Dutch guideline for the management of electrolyte disorders- 2012 revision. The Journal Netherlands of Medicine. . Vol. 71, N 3, April 2013. Págs. 153-165

12. Jucá Conceisao A., Rey Luis C., Martins Ceci V.. Comparison between normal saline and a polyelectrolyte solution for fluid resuscitation in severely dehydrated infants with acute diarrhoea. *Annals of Tropical Paediatrics* (2005) 25, 253-260.
13. NHS National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE clinical guideline 84. Diarrhoea and vomiting in Children. April 2009.
14. Organización Panamericana de la Salud. Tratamiento de la diarrea: manual clínico para los servicios de salud. Washington, D.C.: OPS, 2008.
15. Peruzzo Mattia, Milani Gregorio, Garzoni Luca, Longoni Laura, Simonetti Giacomo D., Bettinelli Alberto, Fossali Emilio F., Bianchetti Mario G... Body fluids and salt metabolism. *Italian Journal of Pediatrics*. 2010, 36: 78-86.
16. Pizarro Daniel, Posada Gloria, Mohos Edgar. Rehidratación rápida por la vía endovenosa en niños deshidratados por diarrea. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.* Mayo- junio 1980. Págs. 365-374.
17. Posada Gloria, Pizarro Daniel. Rehidratación por vía endovenosa rápida con una solución similar a la recomendada por la OMS para la rehidratación oral. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.* Vol. 43 – Número 8- Agosto 1986. Pág. 463-469.
18. Posada Gloria, Pizarro Daniel, Mohs Edgar. Rehidratación mixta. *Bol. Of Sanit. Panam.* 98(1), 1985. Págs. 60-64.
19. Prashant V. Mahaja. Líquidos orgánicos, composición electrolítica y composición ácido-base. En: Mc Inerny. *Tratado de Pediatría.* American Academy of Pediatrics. Madrid: Ed. Panamericana; 2009. Págs. 496-99.
20. Prashant V. Mahajan. Líquidos y electrolitos en la Práctica Clínica. En: Mc Inerny. *Tratado de Pediatría.* American Academy of Pediatrics. Madrid: Ed. Panamericana; 2009. Págs. 500-510.