

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**HIPONATEMIA EN PACIENTES  
PEDIÁTRICOS POSTQUIRÚRGICOS**

**MÓNICA YASMIN AVILA FUENTES**

**Tesis  
Presentada ante las autoridades de la  
Escuela de Estudios de Postgrado de la  
Facultad de Ciencias Médicas  
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Pediatría  
Para obtener el grado de  
Maestra en Ciencias Médicas con Especialidad en Pediatría**

**Abril 2019**



# Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

PME.OI.PME.OI.026.2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

El (la) Doctor(a): **Mónica Yasmin Avila Fuentes**

Registro Académico No.: **200630137**

No. de CUI : **2395489220901**

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro(a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Pediatría**, el trabajo de TESIS **HIPONATREMIA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS POSTQUIRÚRGICOS**


Que fue asesorado por: **Dr. José Alberto Leonardo Paiz, MSc.**

Y revisado por: **Dr. José Alberto Leonardo Paíz, MSc.**

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para **abril 2019**

Guatemala, 12 de marzo de 2019

  
**Dr. Alvaro Giovany Franco Santisteban MSc.**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado

  
**Dr. Héctor Ricardo Fong Véliz MSc.**  
Coordinador General  
Programa de Maestrías y Especialidades

/mdvs

Guatemala, 27 de abril de 2018

Doctora  
**Eugenia Álvarez**  
Docente Responsable  
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Pediatría  
Hospital General San Juan de Dios  
Presente

Respetable Dra.:

Por este medio, informo que he asesorado a fondo el informe final de graduación que presenta la doctora **Mónica Yasmin Avila Fuentes**, Carné No. 200630137 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Pediatría el cual se titula: **"Hiponatremia en pacientes pediátricos postquirúrgicos"**.

Luego de la asesoría, hago constar que la Dra. **Avila Fuentes** ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Dr. José A. Leonardo Paiz  
Pediatra  
Colegiado No. 14,851

Dr. José Alberto Leonardo Paiz MSc.  
Asesor de Tesis

Guatemala, 27 de abril de 2018

Doctora  
Eugenia Álvarez  
Docente Responsable  
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en  
Hospital General San Juan de Dios  
Presente.


Respetable Dra.:

Por este medio, informo que he revisado a fondo el informe final de graduación que presenta la doctora **Mónica Yasmin Avila Fuentes** Carné No. 200630137 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Pediatría el cual se titula: **"Hiponatremia en pacientes pediátricos postquirúrgicos"**.

Luego de la revisión, hago constar que la Dra. **Avila Fuentes**, ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

  
Dr. José Alberto Leonardo Paiz, MSc.  
Revisor de Tesis

Dr. José A. Leonardo Paiz  
Pediatra  
Colegiado No. 14,851



ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE  
POSTGRADO

# Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

A: **Dr. José Alberto Leonardo Paiz, MSc.**  
Asesor  
Pediatria  
Hospital General San Juan Dios

De: **Dra. María Victoria Pimentel Moreno**  
Unidad de Tesis

Fecha Recepción: 05 de junio 2018

Fecha de dictamen: 11 de octubre 2018


**MÓNICA YASMIN AVILA FUENTES**

Asunto: Revisión de Informe Examen Privado

**“HIPONATREMIA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS POSTQUIRÚRGICOS”**

Sugerencias de la Revisión: **Autorizar examen privado.**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
**Dra. María Victoria Pimentel Moreno,**  
Unidad de Investigación de Tesis  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc. Archivo

MVPM/karin

## Índice de Contenidos

	<b>pág.</b>
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. OBJETIVOS.....	21
IV. MATERIAL Y METODOS.....	22
V. RESULTADOS.....	26
VI. DISCUSION.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES.....	32
IX. BIBLIOGRAFIA.....	33
X. ANEXOS.....	36

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir variaciones en el nivel sérico de sodio tras la administración de soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar en pacientes postquirúrgicos. **Material y métodos:** Estudio descriptivo transversal, que se realizó en una muestra por conveniencia de 120 pacientes ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica del Hospital General San Juan de Dios, comprendidos entre la edad de 2 meses a 12 años en quienes se utilizó soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar, con niveles séricos de sodio entre límites normales al ingreso, sin comorbilidades que alteraran los niveles de sodio y que ingresaron a cirugía electiva. **Resultados:** La edad promedio de los pacientes a estudio fue de 5.44 ( $\pm 3.08$ ) años, siendo el menor de 2 meses y el mayor de 11 años. A su ingreso el sodio sérico promedio fue de  $138.60 \pm 2.89$  mEq/l con control sérico a las 24 horas de ingreso reportando  $136.71 \pm 4.47$  mEq/L. La Osmolaridad sérica de ingreso promedio fue de  $284.69 \pm 4.85$  mOsm/L y control en  $281.71 \pm 9.02$  mOsm/L. De la población a estudio se evidencia que el 63.33% de los pacientes presentó descenso en los niveles séricos de Sodio, presentando alteraciones neurológicas el 1.32% de la muestra a estudio. **Conclusiones:** En este estudio el 63.33% de los pacientes presentaron descenso en niveles de sodio sérico tras el uso de soluciones de mantenimiento basados en Holliday Segar, el descenso de sodio sérico repercutió directamente con la osmolaridad sérica final con significancia estadística, además 1.3% presentó alteraciones neurológicas sin poder establecerse relación causal con la hiponatremia.

**Palabras Clave:** Hiponatremia, Osmolaridad, Líquidos de mantenimiento, Agua, Sodio.

## I. INTRODUCCIÓN

Los líquidos de mantenimiento aportan los requerimientos de agua y electrolitos necesarios para cubrir las necesidades fisiológicas del individuo, consiguiendo un balance hídrico y salino neutro<sup>1</sup>. Para su cálculo en niños se han tomado como referencia parámetros antropométricos diversos: en primer lugar, el peso corporal en kilogramos (kgs); sabemos, sin embargo, que no hay una relación lineal simple entre este parámetro y las necesidades de líquidos a lo largo de las diferentes edades pediátricas.

El cálculo del consumo energético en los niños es un proceso complejo al no tener medios fáciles para medir su valor real. Por ello Holliday y Segar<sup>2</sup>, ya en el año 1957, propusieron unas tablas de referencia en las que simplificaron su cálculo en el niño enfermo. De esta manera igualaron las demandas hídricas con los valores del consumo energético (100 kcal precisaban 100 ml de agua), es decir, disminuyeron el agua que se aporta para la eliminación renal de solutos al considerar que un niño hospitalizado y en ayunas reduce de forma importante esta eliminación y, en consecuencia, precisa menor cantidad de aportes externos de fluidos.

El cálculo de los líquidos de mantenimiento se fundamenta en el principio de que el organismo se mantiene en un equilibrio hídrico y salino que se objetiva a nivel clínico por medio de los balances de agua y electrolitos. La perfusión de sueros glucosalinos, con concentraciones de sodio del 0,18, 0,33 o 0,45%, permiten equilibrar aportes y eliminaciones urinarias del sodio (Na) manteniendo sin alteraciones el medio interno y, en consecuencia, se vienen considerando como sueros de elección para el mantenimiento hidrosalino en el niño. No obstante, conviene destacar que esta aseveración no ha sido validada mediante series clínicas amplias y bien protocolarizadas.

En el siguiente trabajo se menciona el uso de soluciones de mantenimiento en base al método publicado por Holliday Segar y el uso de sodio mediante los mismos requerimientos realizando estudio de corte transversal para documentar cambios de la natremia en pacientes quirúrgicos electivos que utilicen este método preoperatorio y postoperatorio.

En el entorno hospitalario inmediato no se cuentan con estudios que evidencien cual es el método ideal para el manejo de líquidos de mantenimiento que aporten los requerimientos exactos de agua y electrolitos en pediatría. Es así como se documenta una

población de 120 pacientes en los que tras haber utilizado el método de Holliday Segar como terapia de mantenimiento hidroelectrolítico se analizan los descensos de la natremia sérica la cual se manifiesta en 63.33% de la población relacionándose directamente con el valor final de la osmolaridad, presentando alteraciones neurológicas (convulsiones) en el 1.32% de la población, sin embargo no es posible establecer una asociación estadísticamente significativa.

## II. ANTECEDENTES

Aproximadamente 50% de la masa corporal total del ser humano está constituida por agua, el cual es el solvente ideal. El agua está distribuida en dos grandes compartimentos orgánicos, a saber: el espacio intracelular y el espacio extracelular. Este último, a su vez, se divide en dos subcompartimentos: el espacio intersticial que circunda las células, y el espacio intravascular que contiene la sangre circulante, que forma la denominada volemia, su parte líquida o plasma y los elementos figurados en la sangre. Existen además otros tres espacios de menor cuantía y dimensión que contienen:

- a. El agua contenida en el tejido conectivo, cartílago y tendones,
- b. El agua unida a la matriz ósea,
- c. El espacio conocido como transcelular o ciscelular el cual contiene las secreciones digestivas, sudor, líquido cefalorraquídeo y los pequeños volúmenes de los fluidos pleural, sinovial e intraocular.

Es importante recordar que las células (espacio intracelular) y el intersticio (espacio intersticial) están separados por la pared capilar o pared vascular.<sup>1</sup>

Las funciones extraordinariamente complejas del cuerpo humano dependen, entre otras cosas, de estrechas variaciones del volumen y composición de los líquidos corporales. El concepto de homeostasis se refiere al equilibrio dinámico entre la entrada o ingreso de agua, sustancias inorgánicas y moléculas orgánicas; su distribución entre los diferentes compartimentos líquidos corporales; y la salida o egreso de una cantidad casi igual de estas sustancias. Esta homeostasis o equilibrio es llevada a cabo por el acoplamiento de mecanismos que involucran la participación del sistema nervioso central, el sistema endocrino, y en el caso del transporte, el sistema gastrointestinal y renal. Para poder entender los trastornos de los líquidos corporales y los complicados sistemas que controlan el volumen, distribución, tonicidad y composición de los líquidos, es necesario conocer el comportamiento de los compartimentos normales del agua corporal y su composición química, así como la función normal de los mecanismos que la controlan.<sup>2</sup>

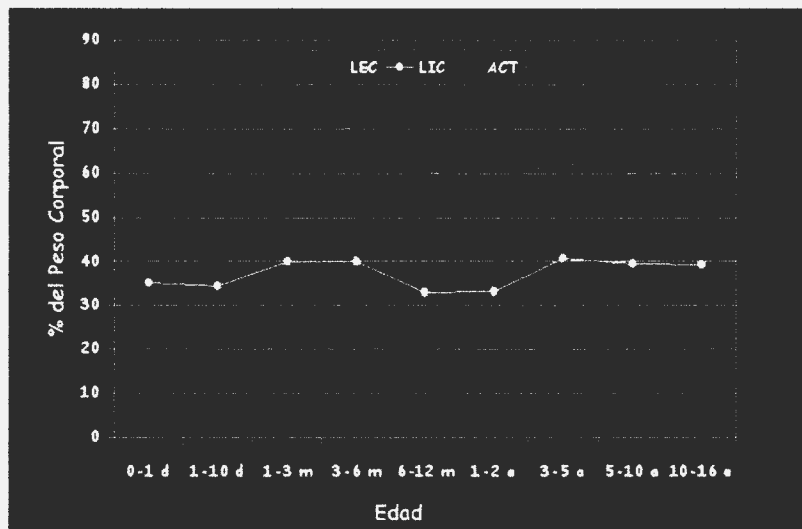
## 2.1 Composición y distribución de los líquidos corporales:

### *Agua Corporal Total (ACT):*

El agua es el componente más abundante del cuerpo humano. En el adulto, aproximadamente el 60% de su masa corporal está constituida por agua. Los otros componentes incluyen proteínas, grasas, minerales y una pequeña cantidad de hidratos de carbono.<sup>3,4</sup>

El agua corporal total (ACT), como porcentaje del peso corporal, varía en función de la edad. El feto tiene un ACT muy elevada que disminuye de manera gradual hasta aproximadamente 75% del peso en el momento del nacimiento. Los niños prematuros tienen un contenido de ACT mayor que los nacidos a término. Durante el primer año de vida, el ACT disminuye hasta el 60% del peso corporal y en general se mantiene a ese nivel hasta la pubertad. En ese momento el contenido de grasa en las mujeres aumenta más que el de los hombres, quienes adquieren mayor masa muscular. Como la grasa tiene un contenido muy bajo de agua y el músculo muy alto, al final de la pubertad el ACT en los hombres se mantiene en 60%, pero en las mujeres disminuye hasta el 50% del peso corporal. En relación a la distribución de la proporción de agua corporal total de acuerdo al tipo de tejido, el músculo contiene 50%, la piel 20%, la sangre 10% y los otros órganos y sistemas el 20% restante.

Figura 1. Distribución del agua corporal total a diferentes edades



Fuente: Finberg L. Pediatrics in Review. 2002; 23:277-282

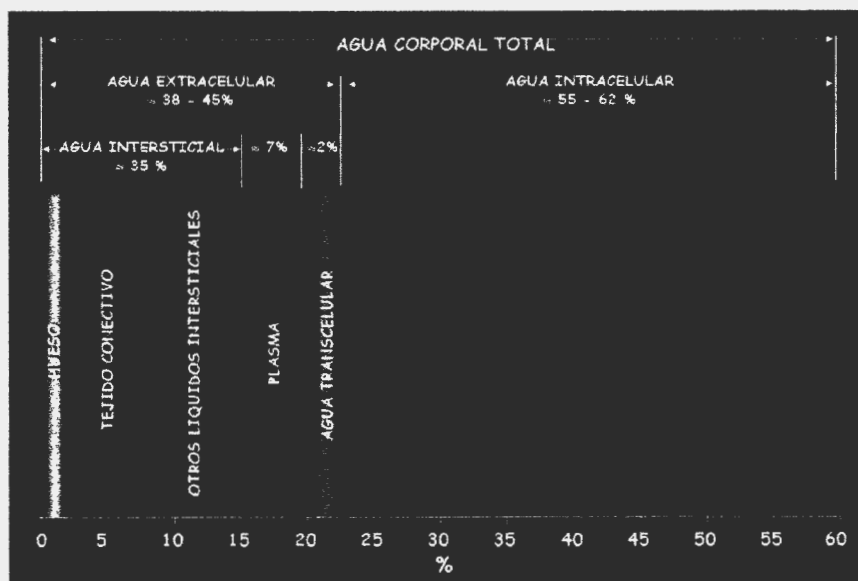
### 2.1.1 Distribución del agua corporal total.

El agua corporal está distribuida en dos grandes compartimentos orgánicos: el espacio intracelular (EIC) y el espacio extracelular (EEC).<sup>2,3</sup> El agua intracelular constituye aproximadamente 35 a 40% del peso corporal total. Aunque se considera un espacio relativamente homogéneo, realmente representa la suma de compartimentos intracelulares diversos en su ubicación y función.<sup>3</sup>

En el feto el volumen de agua extracelular es superior al del agua intracelular, esta relación se mantiene hasta el nacimiento. Sin embargo hacia el año de edad, la relación se invierte y el volumen hídrico extracelular cae hasta una proporción de 20% a 25% del peso corporal, la cual se mantiene hasta la edad adulta. (fig.1)

El agua extracelular, a su vez se divide en dos compartimentos: el espacio intersticial, que circunda las células y el espacio intravascular que contiene la sangre circulante, que forma la denominada volemia, con su parte líquida o plasma y los elementos figurados en la sangre. Existen además, otros tres espacios de menor cuantía y dimensiones que incluyen: el agua contenida en el tejido conectivo, cartílago y tendones; el agua unida a la matriz ósea, y el espacio transcelular, el cual contiene las secreciones digestivas, sudor, líquido cefalorraquídeo y los pequeños volúmenes de los líquidos pleural, sinovial e intraocular. (Fig. 2)

Figura No.2 Distribución del agua corporal total.



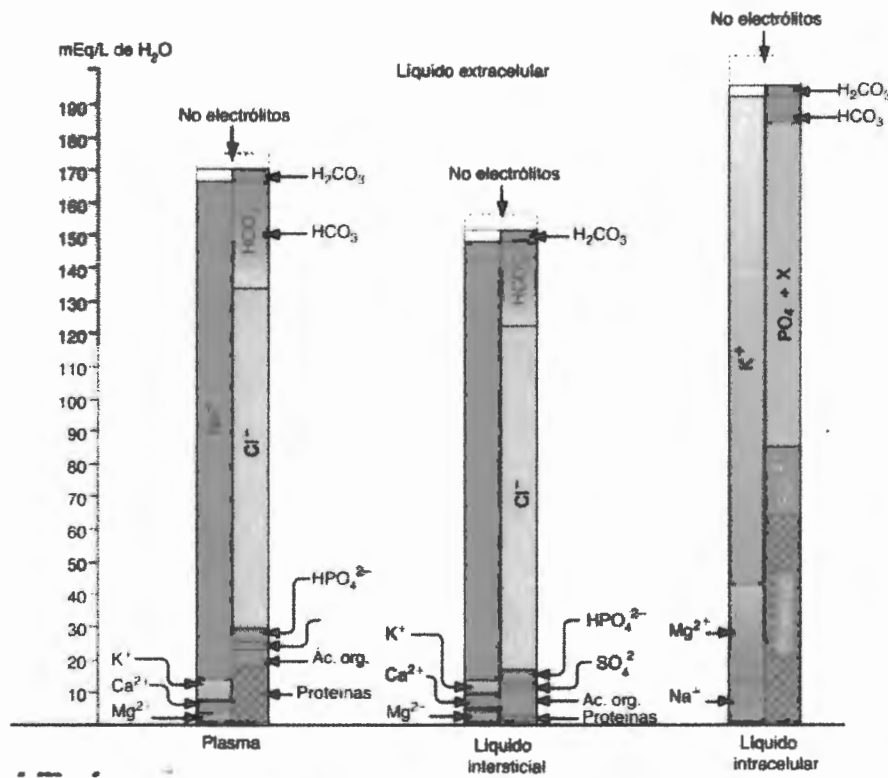
Fuente: Friis-Hansen B. Pediatrics. 196; 28:169.

El agua extracelular durante el primer año de vida es el 47% del agua corporal total y en el segundo año el 40%. A partir de la edad preescolar las variaciones son menores hasta la etapa adulta. El volumen plasmático representa cerca del 5% al 7.5% del agua total, con variaciones promedio de 40 ml/kg de peso. El agua intersticial es el 20 % del agua total, alrededor de 120 ml/kg de peso, y los líquidos transcelulares constituyen el 2.5% del agua total o aproximadamente 15 ml/kg de peso, y en ellos predominan los líquidos contenidos en el tracto gastrointestinal.<sup>1</sup>

### 2.1.2 Composición iónica de los compartimentos corporales.

El sodio ( $\text{Na}^+$ ) es el catión más importante en el líquido extracelular, el cloro ( $\text{Cl}^-$ ) y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) son los aniones con mayor concentración en este compartimento. Por otra parte, las proteínas plasmáticas constituyen una fracción importante de los aniones. En el líquido intracelular, el potasio ( $\text{K}^+$ ) es el catión más importante, mientras que los fosfatos y las proteínas son los aniones de mayor concentración.<sup>1,3</sup> (fig. 3)

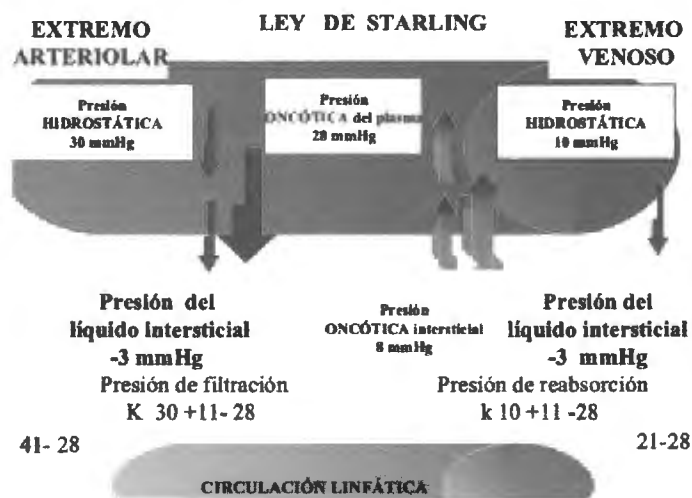
Figura 3. Perfiles iónicos de los líquidos corporales



La concentración iónica en el líquido intersticial, difiere de la concentración plasmática por los efectos del equilibrio de Gibbs-Donnan. La pared capilar es soluble a todos los solutos presentes con excepción de las proteínas, en consecuencia la concentración de aniones difusibles como el cloro será mayor en el líquido intersticial libre de proteínas. La neutralidad eléctrica se mantiene en ambos lados de la membrana pero la osmolaridad será mayor en el espacio intravascular por la presencia de proteínas y de cationes como el sodio.<sup>1</sup>

Las presiones osmóticas transcapi-lares mantiene la distribución del líquido vascular e intersticial en un estado de balance. La pared del capilar es permeable a todos los solutos plasmáticos con excepción de las proteínas, que cruzan la pared capilar en un porcentaje mínimo y por lo tanto generan la presión coloidosmótica del plasma (PCO). En el líquido intersticial, la ausencia de estos osmoles efectivos obliga a este líquido a difundir al interior de los capilares; esta difusión sería continua si la PCO no fuese contrarrestada por la presión hidrostática capilar (PHcap), fuerza generada por la transmisión de la fuerza de contracción cardíaca que permite a la sangre circular por el árbol vascular y alcanzar la microcirculación. La PHcap sobrepasa a la PCOcap y favorece la formación de un ultrafiltrado libre de proteínas que se difunde hacia el intersticio. Estas fuerzas obligan a la salida de líquido capilar hacia el espacio intersticial en el lado arterial del lecho capilar; en este sitio la PHcap es mayor que la PCOcap. En el sector venoso de la red capilar, el líquido intersticial regresa al interior del capilar ya que la PHcap es menor que la PCOcap.<sup>1</sup> (Fig.4)

Figura 4. Ley de Starling



Adoptado de: Maxwell MH. postgrad Med 1998; 23:427

La composición del líquido extracelular es muy distinta a la del líquido intracelular. Debido a la existencia de mecanismos de transporte activo localizados en las membranas celulares. En cambio, la composición de los diferentes espacios en que se divide el líquido extracelular es similar. Como sucede con el plasma y el líquido intersticial, ya que el agua y los diferentes iones atraviesan por simple difusión la pared de los capilares, las proteínas debido a su elevado peso molecular, apenas difunden al líquido intersticial. Las proteínas poseen una carga negativa al pH normal del suero, se produce una redistribución de los demás iones siguiendo el equilibrio de Gibbs-Donnan. <sup>1,5</sup>

El equilibrio de Gibbs-Donnan gobierna el compartimento de los electrolitos en una solución separada por una membrana semipermeable. Si dos soluciones con diferentes concentraciones de sodio y cloro son colocadas en compartimentos separados por una membrana que es permeable tanto al agua y a electrolitos, las soluciones alcanzarán un equilibrio, por lo que las concentraciones de sodio y cloro serán iguales en ambos lados.

Cuando esta situación es alterada por la adición de un soluto no difusible en un lado, como las proteínas, el equilibrio se verá alterado. Al equilibrar el producto de los iones difusibles cargados positiva y negativamente, estos deben ser iguales. Debido a la presencia de aniones de proteínas no difusibles, la concentración de cationes difusibles es mayor en el compartimento con proteínas es Mayor que en el otro compartimento. Esta diferencia, por la presencia de proteínas osmóticamente activas, aumenta la diferencia de la presión osmótica de los dos compartimentos. Esta disparidad en la presión osmótica resultante del equilibrio de Gibbs-Donnan es referida a la presión oncótica. Esto explica la diferencia de concentraciones de iones en el plasma y el líquido intersticial.<sup>5</sup>

### **2.1.3. Mecanismos de Transporte:**

El agua y los solutos contenidos en los diferentes espacios se intercambian constantemente entre los distintos compartimentos corporales. Esto ocurre por mecanismos pasivos y activos. Cuando el movimiento de las partículas ocurre espontáneamente, el intercambio es pasivo y se hace a favor de un gradiente de difusión electroquímico u osmótico. Un movimiento de partículas activo depende del consumo de energía y habitualmente ocurre contra un gradiente químico, eléctrico u osmótico o una combinación de ellos. <sup>1</sup>

De esta manera, mientras el agua se mueve libremente a través de todas las membranas, la tonicidad del líquido extracelular está determinada por la concentración de solutos que no ingresan fácilmente a las células. Esto significa que la osmolaridad del líquido extracelular está determinada por la concentración de los solutos que no ingresan fácilmente a las células.<sup>3</sup>

La transferencia de líquidos entre los espacios vascular e intersticial, se lleva a cabo a través de la pared capilar. Los capilares compuestos por células son libremente permeables al agua. En cambio, a diferencia de las células, también permiten el paso de sales, glucosa y otras moléculas pequeñas. Sin embargo, la pared capilar limita el paso de proteínas plasmáticas, por lo que su concentración en el espacio intersticial es mucho menor que la del plasma. Esta distribución diferente de proteínas condiciona la presencia de una presión osmótica intravascular denominada presión oncótica del plasma, que a su vez, induce el paso de líquidos hacia el interior de los capilares, contrarrestando la presión hidráulica que induce la salida de líquidos. El balance de estas dos fuerzas opuestas, determina la distribución de líquidos en el intersticio y en el plasma.<sup>3</sup>

#### **2.1.4 Regulación de la osmolaridad de los líquidos corporales:**

Aunque la cantidad total (no la concentración) de sodio corporal es el más importante determinante en el volumen del líquido extracelular (LEC), las determinantes más importantes de la osmolaridad o tonicidad de los líquidos corporales son la excreción o retención de agua por los riñones, la sed y la ingesta de agua. La concentración de sodio plasmático bajo la mayoría de circunstancias refleja fielmente la osmolaridad de los líquidos corporales, ya que los dos compartimentos de líquidos (LIC y LEC) están siempre en equilibrio con respecto a la tonicidad. La osmolaridad normal de los líquidos corporales varía de paciente a paciente entre 285 y 295 mOsm/L, pero en cualquier persona es mantenida dentro de límites muy estrechos (1 a 2%), debido al preciso control de balance de agua. La osmolaridad puede medirse directamente con un osmómetro o puede ser estimada indirectamente mediante la determinación de varios solutos plasmáticos.<sup>6</sup>

Osmolaridad plasmática (mOsm/L)=

$\text{Na}^+ \text{ plasmático} \times 2 + (\text{Nitrógeno Ureico sanguíneo (mg/dl)}/2.8 + (\text{glucosa (mg/dl)}/18)$

En vista de que la glucosa y la urea usualmente contribuyen a dar cerca de 5 mOsm/L cada uno de osmolaridad, se puede estimar estrechamente la gran mayoría de las veces la osmolaridad con el doble de la concentración de sodio más 10.6.

#### **2.1.5. Regulación del equilibrio hídrico:**

En condiciones normales, la osmolaridad de los líquidos corporales en el ser humano, se mantiene en límites muy estrechos. Aun en condiciones de modificaciones importantes en la ingesta de líquidos, la temperatura del medio ambiente o la actividad física, la osmolaridad del plasma raramente varía mucho por arriba o debajo del promedio basal de 287mOsm/Kg (mmol/Kg). Esta constancia del plasma se mantiene debido al efecto de diversos mecanismos reguladores que incluyen: *la sed, la liberación de la hormona antidiurética y los mecanismos renales de concentración y dilución de la orina.*<sup>1,3</sup>

#### **2.2 Ingesta de líquidos y sed**

La ingesta de líquidos en el ser humano depende de diversas influencias, muchas de las cuales no dependen de las necesidades de osmorregulación. Así, una dieta promedio en un adulto proporciona aproximadamente un litro de agua por día; un volumen semejante es ingerido en forma de agua pura o preparados líquidos que por costumbre se ingieren acompañando las comidas o por razones sociales. A su vez, este volumen de líquidos ingeridos es habitualmente suficiente para compensar las pérdidas obligatorias de agua a través de la piel, el pulmón y el riñón. Sin embargo, este volumen de ingesta hídrica habitual no proporciona una defensa contra la deshidratación en caso de que ocurran pérdidas importantes de líquidos por la piel, el riñón u otras vías. En cambio, el mecanismo que sí posibilita la compensación de estas pérdidas es la sed.<sup>3</sup>

En términos fisiológicos, la sed se define como el deseo de ingerir agua. Cuando este mecanismo es estimulado a nivel máximo, constituye una de las más potentes sensaciones experimentadas por el ser humano. La sed también es estimulada por el incremento en la osmolaridad plasmática, sin embargo, el "umbral" para obtener esta respuesta parece ser más alto que el necesario para inducir la liberación de la hormona antidiurética. Un individuo normal no experimentará sensación de sed hasta que su osmolaridad plasmática se incremente por arriba de 290 mOsm/k, un nivel por debajo del cual ya ha ocurrido liberación de la hormona antidiurética e inducción de antidiuresis a nivel renal. Por arriba de este umbral la sensación de sed se hace cada vez más intensa, estando

en su mayor intensidad cuando la osmolaridad plasmática se halla entre 300 a 350 mOsm/l. en estas condiciones se estima que un adulto podría ingerir hasta 1,000 ml de líquidos por hora hasta mitigar la sensación de sed.<sup>3</sup>

### **2.2.1 Hormona antidiurética:**

La hormona antidiurética natural es la arginina vasopresina, producida por los núcleos supra óptico y paraventricular del hipotálamo. Es formada por el cuerpo neuronal y viaja a través del axón de la hipófisis posterior, acompañada de una proteína transportadora denominada neurofisina. La combinación neurofisina-vasopresina es acumulada en la hipófisis posterior, en las dilataciones terminales de las neuronas secretoras. Esta localización anatómica facilita la rápida secreción de la hormona antidiurética hacia la circulación, después de recibir el estímulo apropiado.<sup>3</sup>

El líquido ingerido es distribuido de manera uniforme en el organismo, debido a que las membranas celulares son libremente permeables al agua. Así, la osmolaridad de los líquidos corporales depende de la concentración de solutos intra y extracelulares, disminuye por el ingreso de agua, lo que conduce a la reducción en la liberación de hormona antidiurética por la neurohipófisis, permitiendo la liberación del excedente de agua por el riñón y la restitución de la osmolaridad de los líquidos corporales; por el contrario, el aumento de la osmolaridad de los líquidos orgánicos, como ocurre en estado de deshidratación o deprivación hídrica, estimula la síntesis y liberación de la hormona antidiurética con el subsiguiente aumento de la reabsorción de agua por el riñón. El efecto antidiurético aumenta en proporción directa al incremento en los niveles de hormona antidiurética.<sup>3</sup>

Cuando la osmolaridad plasmática desciende por debajo de 280mOsm/L, los niveles plasmáticos de hormona antidiurética se hacen prácticamente indetectables. Sin embargo por arriba de este nivel, se incrementa rápidamente la secreción de hormona en proporción directa al incremento de la osmolaridad del plasma.<sup>3</sup>

### **2.2.2 Mecanismos de concentración y dilución de la orina:**

En ausencia de la hormona antidiurética, la permeabilidad de los túbulos colectores del agua se halla limitada; sin embargo, continúa ocurriendo reabsorción de solutos en el asa ascendente de Henle, el túbulo distal y los mismos túbulos colectores. De esta manera,

la persistencia en la reabsorción de solutos de la luz tubular en ausencia de reabsorción de agua, disminuye progresivamente la concentración de la orina pudiendo ésta alcanzar los niveles de dilución máximos.<sup>3</sup>

El mecanismo de concentración de la orina es mucho más complejo debido a mecanismos de interacción compleja entre el asa de Henle, el intersticio medular, los vasos sanguíneos medulares y el túbulo colector. Es posible que el riñón pueda concentrar la orina con un gasto relativamente pequeño de energía. Este mecanismo de concentración de la orina también ha sido llamado mecanismo de contracorriente. Además la peculiar disposición de los segmentos tubulares y de los vasos sanguíneos medulares, permite caracterizar dos mecanismos diferentes, la multiplicación de contracorriente y el intercambio de contracorriente.<sup>3</sup>

### **2.3 Requerimientos normales de agua**

La clave para entender el mantenimiento de líquidos y electrolitos es el reconocer que ello se deriva del metabolismo basal. El metabolismo produce calor y solutos que necesitan ser eliminados para mantener una homeostasis. El calor se disipa por la evaporación insensible de agua por la piel, así como la eliminación del vapor de agua por el aparato respiratorio durante la exhalación. La eliminación de los solutos, producto del metabolismo se realiza por la orina.<sup>7</sup>

El gasto metabólico no está relacionado directamente al peso y se expresa en unidades de energía (Kcal). Cuando se compara con el peso corporal, el gasto metabólico basal es alto en el período neonatal y muy bajo en la edad adulta, y la transición no es lineal. En vista de que el gasto metabólico por unidad de peso corporal disminuye con la edad, los niños generan menos calor y solutos derivados del metabolismo basal que los lactantes, por lo tanto, necesitan menor cantidad de líquidos y electrolitos por unidad de peso corporal, esto es mucho más importante en adolescentes y adultos. Por lo que la cantidad de líquidos y electrolitos disminuye por unidad de peso corporal con la edad, y permanece constante por kilocalorías del metabolismo basal.<sup>7,8</sup>

Figura No. 5 Gasto metabólico basal, estimado en metabolismo basal, en actividad normal y en el paciente hospitalizado.

824 HOLLIDAY - WATER IN PARENTERAL FLUID THERAPY

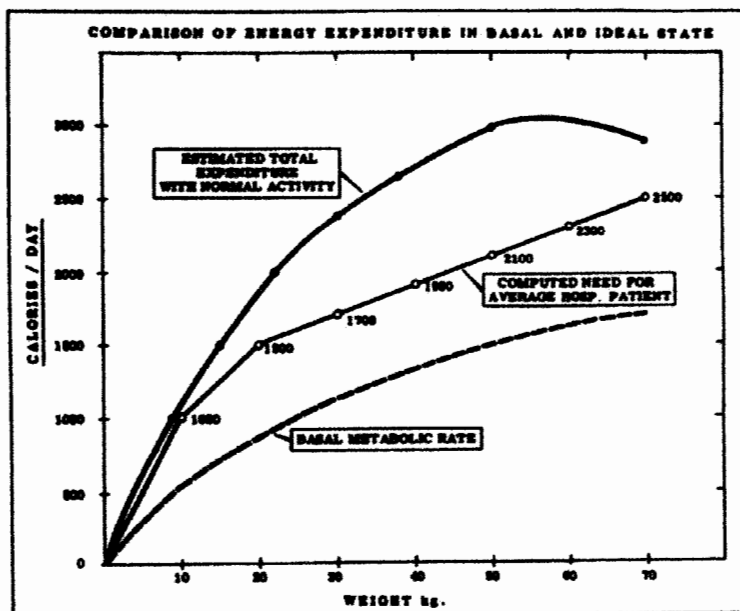


FIG. 1. The upper and lower lines were plotted from data of Talbot.<sup>7</sup> Weights at the 50th percentile level were selected for converting calories at various ages to calories related to weight. The computed line was derived from the following equations:

1. 0-10 kg—100 cal/kg.
2. 10-20 kg—1000 cal + 50 cal/kg for each kg over 10 kg.
3. 20 kg and up—1500 cal + 20 cal/kg for each kg over 20 kg.

Holliday MG, Segar WE. Pediatrics 1957; 19:823-832

Ya que es difícil recordar el gasto metabólico basal para las diferentes edades y tallas durante la infancia varios métodos se han propuesto para calcular las necesidades de líquidos como son las de peso corporal, el método de superficie corporal, el método calórico basal, y el sistema de Holliday Segar.<sup>7,8</sup> Estos sistemas se basan en conocimientos individuales, pero cada uno presentan algunos problemas. El método de superficie corporal requiere de una tabla para determinar el área de superficie corporal, además que se debe conocer el peso y talla del paciente, aunque existen fórmulas para calcular el área de superficie corporal basadas solo en el peso corporal; esto hace que el cálculo sea muchas veces inadecuado, además se encuentra una diferencia significativa del cálculo de líquidos, especialmente en pacientes con pesos de 6 a 15 kgs.<sup>8</sup> y el sistema no presenta desviaciones para el paciente con actividad normal. El método de calorías basales también requiere de una tabla. El sistema de Holliday Segar, como se aplica generalmente, no

contempla desviaciones para la actividad normal, pero presenta una fórmula que se puede recordar fácilmente y se puede utilizar a cualquier edad.<sup>7</sup> (tabla 1)

## La fórmula Holliday-Segar

Weight (kg)	kcal/dl or mL/d	kcal/h or mL/h
0 to 10 kg	100/kg per day	4/kg per hour
11 to 20 kg	1,000 + (50/kg per day) <sup>*</sup>	40 + (2/kg per hour) <sup>*</sup>
>20 kg	1,500 + (20/kg per day) <sup>†</sup>	60 + (1/kg per hour) <sup>†</sup>

<sup>\*</sup>For each kg >10.

<sup>†</sup>For each kg >20.

From Holliday MG, Segar WE: The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957; 19:823-832

Holliday MG, Segar WE. *Pediatrics* 1957; 19:823-832

La fórmula de Holliday-Segar estima kilocalorías que para fines prácticos, puede ser equivalente a mililitros de líquidos. Por cada 100 Kcal utilizadas, aproximadamente 45 a 50 ml de líquidos son requeridos para eliminar las pérdidas por piel, respiratorias y heces, y 55 a 65 ml de líquidos son requeridos para que los riñones excreten un ultrafiltrado del plasma a 300 mOsm/L – con una gravedad específica de 1.010- sin tener que concentrar la orina. La suma generalmente es alrededor de 100 ml de líquidos por cada kcal utilizadas.<sup>7</sup>

Las dos bases de los líquidos de mantenimiento (disipación de calor a través de pérdidas insensibles y excretas de solutos por la orina) se considera que representan cada una el 50% de las necesidades de mantenimiento.

Ahora bien, con fines didácticos se menciona los requerimientos de líquidos por área de superficie corporal y por kilogramo de peso. Las cuales son adecuadas también para el cálculo de líquidos, especialmente en niños mayores de 10 kg de peso en el método de superficie corporal y en menores de 10 kg en el caso del método del peso corporal.

Los ingresos normales de agua pueden variar ampliamente de acuerdo a las necesidades planteadas por la dieta, la actividad física, la temperatura ambiental, etc., pero en condiciones habituales varía entre 1,200 a 1,800 ml/m<sup>2</sup>/24 horas, 100 a 150 ml/kg/día en lactantes. Este ingreso esta dado principalmente por el agua ingerida como tal y la

contenida en los alientos. Una pequeña parte de este ingreso está representada por el agua de oxidación o agua metabólica que se deriva de la oxidación o metabolismo endógeno de los hidratos de carbono, grasas y proteínas. Se estima que la cantidad de agua de oxidación varía de 200 a 250 ml/m<sup>2</sup>/24 horas o 12 ml/kg/día en lactantes, el primer valor es el más frecuentemente referido, para simplificar el cálculo del balance hídrico<sup>2</sup>.

Los egresos de agua están dados, en primer lugar, por las pérdidas que ocurren normalmente por la piel y los pulmones, conocidas como pérdidas insensibles. Aunque éstas varían normalmente de 500 a 750 ml/m<sup>2</sup>/24 horas, se toma como referencia el promedio de 600 ml/m<sup>2</sup>/24 horas y 45 ml/kg/día en lactantes, para facilitar la realización del balance hídrico en un paciente. La fiebre incrementa las pérdidas insensibles aproximadamente 10 a 12% por cada grado centígrado de aumento de la temperatura corporal por arriba de la temperatura normal<sup>2</sup>.

La excreción de agua por la orina puede variar ampliamente de 600 a 1,200 ml/m<sup>2</sup>/24 horas y de 55 a 65 ml/kg por día en lactantes con base a la ingestión de una dieta balanceada.

Las pérdidas hídricas por las heces normales varían en el lactante entre 5 a 10 ml/kg/24 horas o 70 a 100 ml/m<sup>2</sup>/24 horas a cualquier edad. De esta manera, los egresos hídricos habituales varían entre 1,200 a 1,800 ml/m<sup>2</sup>/24 horas, con un valor promedio de 1,500 ml/m<sup>2</sup>/24 horas y de 100 a 120 ml/kg/día para lactantes<sup>2</sup>.

El sudor también constituye una pérdida hídrica sensible, es decir, que teóricamente es factible de ser medida, sin embargo, debido a que el sudor no es un fenómeno constante en el paciente hospitalizado, comúnmente no es considerada en el balance hídrico habitual.

#### **2.4 Requerimientos normales de electrolitos**

La pérdida de líquidos por piel son por evaporación y por vapor de agua durante la respiración, estas pérdidas insensibles virtualmente no contienen electrolitos. Por lo que en condiciones normales, las pérdidas de electrolitos se considera que son por la orina.

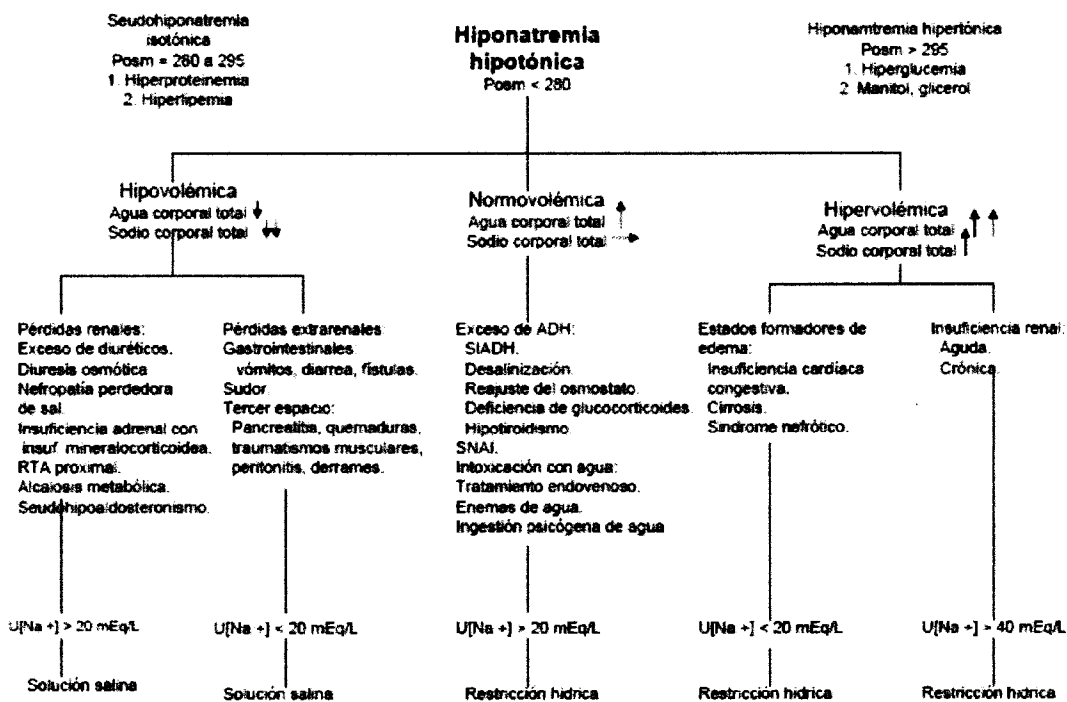
El requerimiento diario normal de electrolitos en condiciones normales se puede calcular por peso corporal, para el sodio de mEq/kg por día, para el potasio de 2 mEq/kg por día y 5 mEq/kg por día para el cloro<sup>9</sup>. Aunque no se cuenta con referencias del requerimiento de electrolitos por el método de superficie corporal, tradicionalmente se han

calculado para sodio de 30 a 50 mEq/m<sup>2</sup> por día, para el potasio de 20 a 40 mEq/m<sup>2</sup> por día y para el cloro de 50 mEq/m<sup>2</sup> por día. Por el método de Holliday-Segar se basa en concentración de electrolitos y es constante para todas las edades, los requerimientos de sodio son de 3 mEq/100 kcal por día, para el potasio de 2 mEq/100 kcal por día y para el cloro de 5 mEq/100 kcal por día.

## 2.5 Hiponatremia

El sodio es el catión con mayor concentración y el soluto más importante determinante de la osmolalidad del compartimiento extracelular. En pediatría se considera que la natremia normal oscila entre 136 a 146 mEq/L. El término hiponatremia se refiere a una baja concentración del sodio en sangre. Algunos autores la definen cuando el sodio sérico presenta valores menores a 136 mEq/L, para otros el punto de corte es de 130 mEq/L. La importancia de diagnosticar este desequilibrio hidroelectrolítico se debe a que, al estar disminuida la concentración extracelular de sodio, se produce hipoosmolalidad plasmática con respecto al compartimiento intracelular. El agua entonces, tiende a desplazarse por gradiente osmótico al interior de la célula, produciendo edema intracelular. Esto trae consecuencias graves a nivel cerebral porque al estar el cerebro en un continente rígido como es el cráneo, el edema cerebral produce hipertensión endocraneana. En general, las manifestaciones neurológicas no aparecen hasta valores séricos de 125 mEq/L.; sin embargo con concentraciones menores, el riesgo que ocurran y la severidad de las mismas aumentan considerablemente, en especial si los descensos son agudos. El cuadro neurológico varía desde cefaleas, náuseas, cambios en el sensorio, apatía, desorientación, hasta convulsiones, coma, crisis de descerebración y muerte por herniación cerebral. Como consecuencia del edema celular, la neurona se adapta eliminando solutos, principalmente potasio, haciendo que disminuya la osmolalidad intracelular y de esta manera el agua pasa nuevamente al compartimiento extracelular. Este proceso tarda unas horas y explicaría por qué el cerebro se adapta y el cuadro clínico neurológico es menos grave, aun con hiponatremias severas, si ésta se desarrolla a lo largo de días. Se considera que la hiponatremia es aguda si ocurre dentro de las 48 horas. En estos casos es más probable que presente manifestaciones neurológicas porque las neuronas no tuvieron tiempo para adaptarse a la alteración hidroelectrolítica. El edema cerebral se puede evaluar mediante tomografía computada, pero las imágenes en general son más tardías que la clínica<sup>12</sup>.

La presencia de hiponatremia puede estar asociado al cuadro clínico motivo de consulta del paciente pediátrico, pero también, con frecuencia observarse en el paciente hospitalizado. También debe tenerse en cuenta que no solamente la hiponatremia está asociada a morbimortalidad sino también su tratamiento puede estar asociado a complicaciones neurológicas. A excepción del síndrome de WIC (Women, Infant and Children), que se observa en lactantes muy pequeños que reciben grandes volúmenes de leches muy diluidas, en pediatría la hiponatremia puede ser: a) por pérdida de sodio y agua, siendo la pérdida relativa de sal mayor que la de agua; b) por aumento del agua corporal total o c) por aumento del sodio y del agua corporal total siendo mayor el aumento relativo del agua. Esto lleva a que la presencia de hiponatremia deba ser analizada y tratada teniendo en cuenta el metabolismo hidrosalino en forma global. Para una mejor comprensión de los estados hiponatémicos de un paciente, estos se clasifican según la evaluación clínica del volumen del compartimiento extracelular en hipovolémico, normovolémico e hipervolémico. La asociación del volumen del compartimiento extracelular y la natriuresis permitirán orientar tanto al diagnóstico y como así también el tratamiento etiológico inicial de la hiponatremia del paciente pediátrico<sup>13</sup>.



### **2.5.1 Hiperonatremia en el contexto hospitalario**

En los últimos años se han publicado diversos trabajos relacionados con hiperonatremia e hidratación endovenosa en el paciente pediátrico hospitalizado. El motivo son las severas complicaciones neurológicas que pueden presentarse con la hiperonatremia y como así también las que pueden ocurrir con la corrección de la misma. De hecho, muchas complicaciones neurológicas severas han sido descritas en pacientes internados por situaciones poco complejas, como pacientes en el post quirúrgico inmediato de amigdalectomías<sup>14</sup>.

Mientras el niño tenga compromiso hemodinámico, hay acuerdo que el niño debe recibir soluciones isotónicas. El aporte de mantenimiento es para cubrir las pérdidas insensibles más la diuresis, menos el agua generada por el cuerpo en base a lo publicado por Holliday y Segar, quienes sugirieron que debe hacerse con soluciones hipotónicas. La presencia de manifestaciones neurológicas asociadas a hiperonatremia ha estimulado cuestionamientos al aporte hidroelectrolítico de soluciones hipotónicas en favor de soluciones isotónicas. A su vez otros autores discuten el aporte de soluciones isotónicas para mantenimiento. Hay 2 trabajos publicados en los que se efectuaron búsquedas sistematizadas comparando soluciones hipotónicas e isotónicas para mantenimiento en pacientes pediátricos hospitalizados. El primero tiene un meta-análisis y el segundo no. Las conclusiones son que hay evidencia que en algunos pacientes la infusión de soluciones hipotónicas puede exacerbar el riesgo de hiperonatremia y las soluciones isotónicas serían preventivas. Aclaran sin embargo, que no hay suficiente evidencia para hacer una recomendación acerca de cuál es solución de mantenimiento a instituir. Uno de los problemas importantes que puede confundir para lograr conclusiones acerca de qué solución de mantenimiento es menos riesgosa de producir no solo hiperonatremia, sino que tampoco produzca hiponatremia, es que los trabajos varían entre sí en el aporte hídrico<sup>15</sup>.

Hay varios aspectos a considerar cuando se discute cuál es el aporte hidroelectrolítico más adecuado como solución de mantenimiento. Cuando Holliday y Segar hicieron sus recomendaciones del aporte hídrico lo hicieron en base a las calorías metabolizadas por un niño sano. El aporte electrolítico fue en base a la concentración de sales en la leche. Un alto porcentaje de los pacientes que se internaban lo hacían por deshidratación. Actualmente en los hospitales de complejidad, la población ha variado.

Además, hay que tener en cuenta que las calorías metabolizadas de un paciente enfermo son diferentes a las de un niño sano. Asimismo, los pacientes se internan post quirúrgicos de enfermedades que requieren cirugías complejas y para tratamientos de enfermedades clínicas también complejas; algunos pacientes requieren hiperhidratación para aumentar la diuresis y disminuir toxicidades medicamentosas. Desde el trabajo de Holliday y Segar, el conocimiento del metabolismo hidrosalino ha avanzado con la comprensión de cómo interactúan, la secreción de ADH, el sistema renina angiotensina-aldosterona, los péptidos natriuréticos y los receptores renales de la ADH. Hay que tener en cuenta que, además del estímulo no osmótico de la secreción de ADH, existen el del volumen arterial efectivo y los que producen SIADH. La presencia de náusea, vómitos, stress, administración de diversas drogas promueven la secreción inapropiada de ADH. Estos explicarían la hiponatremia que se observa en el ambiente hospitalario al infundirse soluciones de mantenimiento ya sea en pacientes que presentan situaciones médicas complejas como así también luego de cirugías poco complicadas. Asimismo hay que destacar que muchas veces el aporte hídrico es en exceso a las requeridas para mantenimiento y en presencia de secreción no osmótica de ADH, se provoca hiponatremia. Las soluciones hipotónicas agravarían la situación al infundir agua libre. Para prevenir la hiponatremia en el ambiente hospitalario, es importante destacar la necesidad de evaluar en el paciente, (además del balance de ingresos y egresos y la osmolalidad o densidad urinaria) el contexto de cuál puede ser la situación de su compartimiento intravascular y concentración urinaria de sodio, junto a la tonicidad plasmática, antes de indicarle el aporte hidroelectrolítico. Esto implica tener en cuenta la posibilidad de secreción no osmótica de ADH. Lo mismo se puede decir acerca de la corrección de paciente con hiponatremia, agregando la posibilidad de cesación brusca de ADH. La hiponatremia y su corrección en el contexto hospitalario pueden tener severa morbimortalidad secundario a compromiso neurológico. Una adecuada comprensión del metabolismo hidrosalino en el paciente pediátrico internado, puede ayudar a prevenirla. Asimismo, junto a una alerta para signos incipientes de encefalopatía por hiponatremia, también sería beneficioso para un tratamiento precoz y adecuado de la misma<sup>16</sup>.

## ***2.6 Terapia hidroelectrolítica en el Hospital General San Juan de Dios***

Los requerimientos de los líquidos de mantenimiento pueden ser calculados sobre la base del peso corporal, área superficial o calorías metabolizadas. La existencia de tres maneras diferentes de calcular las mismas necesidades básicas, hacen ver obviamente que

ninguno de estos métodos es completamente satisfactorio, ningún sistema ha sido adoptado universalmente<sup>6</sup>. Durante años se utilizó en el departamento de Pediatría del Hospital General San Juan de Dios el método de Holliday Segar tanto para terapia hídrica como aporte electrolítico que se basa en calorías metabolizadas y electrolitos por kilogramo de peso, sin embargo tras el paso de los años y al evidenciarse nuevos estudios donde se consideraba este método aportaba soluciones hipotónicas que repercutían en la natremia de los pacientes hospitalizados, se decidió utilizar para el aporte electrolítico los miliequivalentes contenidos en un litro de suero fisiológico para realizar soluciones isotónicas, así se calcula Sodio en un rango de 77 a 154 mEq/L y Potasio de 26 a 60 mEq/L. Teniendo actualmente un método mixto para el aporte hidroelectrolítico que se asemeja más a la realidad fisiológica y que no repercute en cambios celulares al ser soluciones isotónicas. Sin embargo el departamento de Cirugía Pediátrica a la actualidad continúa empleando en su totalidad el método de Holliday Segar para aporte hidroelectrolítico (Calorías metabolizadas y electrolitos en base a kilogramo de peso).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir variaciones en el nivel sérico de sodio tras la administración de soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar en pacientes ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica del Hospital General San Juan de Dios.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Detallar el nivel sérico de sodio inicial de los pacientes ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica.
- Determinar la diferencia en el nivel sérico de sodio a las 24 horas tras la administración de soluciones de mantenimiento por Holliday Segar.
- Establecer el valor de osmolaridad sérica al ingreso y a las 24 horas tras administración de soluciones de mantenimiento en pacientes ingresados al servicio de cirugía pediátrica.
- Describir los signos clínicos más frecuentes relacionados al cambio en nivel sérico de sodio tras el uso de soluciones de mantenimiento.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1 Tipo de estudio**

Estudio descriptivo transversal

### **4.2 Población**

Pacientes ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica del Hospital General San Juan de Dios, a quienes se administraron soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar.

### **4.3 Selección y tamaño de la muestra**

Se estudió una muestra por conveniencia de 120 pacientes que ingresaron los días lunes y miércoles por consulta externa para cirugía electiva a quienes se administró soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar.

### **4.4 Unidad de análisis**

Pacientes ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica del Hospital General San Juan de Dios a quienes se administró soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar.

### **4.5 Criterios de inclusión y exclusión**

#### **4.5.1 Criterios de Inclusión**

- Pacientes comprendidos entre la edad de 2 meses a 12 años ingresados al servicio de Cirugía Pediátrica a través del área de Consulta Externa.
- Pacientes en quienes se utilizó soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar.
- Pacientes con niveles séricos de sodio entre límites normales al ingreso

#### **4.5.2 Criterios de exclusión**

- Pacientes con estado nutricional deficiente.
- Pacientes con trastornos hidroelectrolíticos al ingreso.
- Pacientes con quemaduras mayores al 15% de área de superficie corporal quemada.

- Pacientes con diagnóstico previo de parálisis cerebral infantil.
- Pacientes con diagnóstico previo de epilepsia.
- Pacientes con diagnóstico de enfermedad renal crónica.
- Pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva.
- Pacientes con diagnóstico previo de cirrosis hepática.
- Pacientes a quienes se les realizó reposición de sodio parenteral entre toma de muestras.
- Pacientes que utilizaron medicamentos que alteraran los niveles séricos de sodio.

#### **4.6 Variables estadísticas**

- Edad.
- Sexo.
- Diagnóstico al ingreso.
- Nivel sérico de sodio pre y postoperatorio
- Osmolaridad sérica.
- Manifestaciones Clínicas.
- Procedimiento quirúrgico realizado
- Soluciones según método de Holliday Segar.

#### 4.7 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento	Meses Años	Intervalo	Cuantitativa
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que distinguen a hombres y mujeres	Masculino Femenino	Nominal	Cualitativa
Diagnóstico al ingreso	Clasificación de patología instaurada en el paciente		Nominal	Cualitativa
Sodio sérico	Catión que tiene un papel fundamental en el metabolismo celular, manteniendo volumen y osmolaridad	mMoles/Lt	Intervalo	Cuantitativa
Osmolaridad	Medida que expresa el nivel de concentración de los componentes osmóticamente activos en una solución	mOsmol/Lt	Intervalo	Cuantitativa
Manifestaciones Clínicas	Signos y síntomas secundarios a la presencia de una patología	Signos Síntomas	Nominal	Cualitativa

#### 4.8 Instrumentos utilizados para la recolección de información

Boleta de recolección de datos (ver anexo 1).

#### 4.9 Procedimiento para la recolección de información

Se identificó a los pacientes con niveles séricos de sodio en rangos normales al ingreso mediante muestras procesadas en laboratorio clínico del Hospital General San Juan de Dios, se tomó en cuenta a aquellos pacientes que asistieron a consulta externa de Cirugía Pediátrica para ser ingresados por resolución de patología mediante procedimiento quirúrgico, se excluyó a cualquier paciente que tuviese comorbilidad conocida que alterara los datos séricos de sodio iniciales, así como aquellos que utilizaron terapia hídrica que no fuese en base a Holliday Segar. Se recolectó muestra de sodio y osmolaridad sérica al ingreso, y se realizó control 24 horas post quirúrgicos previa autorización escrita por encargado de paciente (ver anexo 2); se definió hiponatremia como el descenso de sodio menor a 135 mEq/L. Se analizaron los niveles séricos iniciales y los valores control para determinar la variación de los datos luego de que se utilizara soluciones de

mantenimiento en base al método de Holliday Segar. Se revisó la historia clínica para identificar si el paciente había presentado alteraciones neurológicas o si requirió reposición parenteral de Sodio. Se registró además edad, sexo, diagnóstico de ingreso y cirugía realizada.

#### **4.10 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación**

Se solicitó consentimiento informado a padre o encargado de paciente. Se garantizó confidencialidad y privacidad de la información de los pacientes. El estudio supone un beneficio para el desarrollo de futuras investigaciones con respecto a los hallazgos en la variación de los niveles de sodio sérico tras utilizar el método de Holliday Segar como terapia hídrica en los pacientes quirúrgicos para el inicio de terapias isotónicas en visión de mejorar el manejo intrahospitalario del paciente pediátrico. El estudio utilizó técnicas observacionales, con la que no se realizó ninguna intervención experimental.

#### **4.11 Procesamiento de análisis de la información**

Los datos se registraron, validaron y analizaron en EpiInfo™ 3.5.4. se usó estadística descriptiva, para las variables cuantitativas se calculó media y desviación estándar, para las cualitativas frecuencias simples y porcentajes. Para la relación entre variables cuantitativas se usó Wilcoxon de dos colas, y para las variables cualitativas la prueba de Fisher. Se consideró como significativa un alfa  $<0.05$ .

## V. RESULTADOS

La edad promedio de los pacientes a estudio fue de 5.44 ( $\pm$  3.08) años, siendo el menor de 2 meses y el mayor de 11 años. El porcentaje de pacientes femeninos fue del 26.67% y masculino de 73.33%, a quienes la patología de base ameritaban tratamiento quirúrgico siendo por lo demás pacientes sanos, documentándose así como diagnóstico principal hernia inguinal con 34.17% dejando así como cirugía más realizada la hernioplastia inguinal. A su ingreso el sodio sérico promedio fue de  $138.60 \pm 2.89$  mEq/l con control sérico a las 24 horas de ingreso en  $136.71 \pm 4.47$  mEq/L. La Osmolaridad sérica de ingreso promedio fue de  $284.69 \pm 4.85$  mOsm/L y control en  $281.71 \pm 9.02$  mOsm/L. De la población a estudio se evidencia que el 63.33% de los pacientes presentó descenso en los niveles séricos de sodio de los cuales el 23.68% era de sexo femenino y 76.32% masculino (p 0.22), demostrando que en este grupo los niveles de sodio sérico de ingreso tenían un valor inicial ligeramente más alto en comparación a aquellos en los que no descendieron los niveles de sodio sérico (p. 0.01) relacionándose directamente con el valor final de la osmolaridad (p. 0.02). Presentando como signos clínicos alteraciones neurológicas manifestadas como convulsiones tónico clónicas generalizadas únicamente en el 1.32% de la muestra a estudio, en cuyo paciente se documentó un sodio sérico de ingreso en 135 mEq/L y un sodio control en 123 mEq/L. A pesar de los datos recolectados y evidencia de disminución del sodio sérico no parece haber diferencias significativas clínica ni estadísticamente

**Tabla 1. Características generales**

<b>Características</b>	<b>(n = 120)</b>	<b>(%)</b>
<b>Edad promedio en años (± DE)</b>	<b>5.44 ± 3.08</b>	
<b>Sexo</b>		
Femenino	32	(26.67)
Masculino	88	(73.33)
<b>Diagnóstico</b>		
Hemia inguinal	41	(34.17)
Fimosis	21	(17.50)
Hipospadia	17	(14.17)
Criptorquidia	12	(10.00)
Hipertrofia adenoidea	8	(6.67)
Varicocele	7	(5.83)
Masa en cuello	5	(4.17)
Estrechez uretral	3	(2.50)
Hipertrofia de cometes	3	(2.50)
Polipo anal	3	(2.50)
<b>Cirugía planeada</b>		
Hemioplastía	41	(34.17)
Postectomía	21	(17.50)
Corrección de hipospadia	17	(14.17)
Orquidopexia	12	(10.00)
Amigdalectomía	8	(6.67)
Corrección de varicocele	7	(5.83)
Biopsia excisión	5	(4.17)
Dilatación uretral	3	(2.50)
Corrección de hipertrofia de cometes	3	(2.50)
Polipectomía	3	(2.50)
<b>Sodio sérico al ingreso en (mEq/Lt ± DE)</b>	<b>138.60 ± 2.89</b>	
<b>Sodio sérico a las 24 horas (mEq/Lt ± DE)</b>	<b>136.71 ± 4.47</b>	
<b>Osmolaridad sérica al ingreso (mOsm ± DE)</b>	<b>284.69 ± 4.85</b>	
<b>Osmolaridad sérica 24 horas (mOsm ± DE)</b>	<b>281.71 ± 9.02</b>	
<b>Alteraciones neurológicas</b>	<b>1</b>	<b>(0.83)</b>

**Tabla 2. Descenso de sodio**

Características	Descenso de sodio				Valor p
	Si (n = 76)		No (n = 44)		
	n	(%)	n	(%)	
<b>Edad promedio en años (± DE)</b>	5.28 ± 3.12		5.73 ± 3.01		0.40
<b>Sexo</b>					
Femenino	18	(23.68)	14	(31.82)	
Masculino	58	(76.32)	30	(68.18)	0.22
<b>Sodio sérico al ingreso (± DE)</b>	138.99 ± 2.95		137.93 ± 2.69		0.01
<b>Sodio sérico 24 horas (± DE)</b>	134.21 ± 2.92		141.02 ± 3.21		0.48
<b>Osmolaridad al ingreso (± DE)</b>	285.25 ± 4.80		283.73 ± 4.83		0.11
<b>Osmolaridad 24 horas (± DE)</b>	276.62 ± 5.31		290.50 ± 7.16		0.02
<b>Alteraciones neurológicas</b>					
Si	1	(1.32)	0	(0.00)	
No	75	(98.68)	44	(100.00)	0.63

**Tabla 3. Descenso de osmolaridad**

Características	Descenso de osmolaridad				Valor p
	Si (n = 81)		No (n = 39)		
	n	(%)	n	(%)	
<b>Edad promedio en años (± DE)</b>	5.25 ± 3.00		5.85 ± 3.23		0.27
<b>Sexo</b>					
Femenino	18	(22.22)	14	(35.90)	
Masculino	63	(77.78)	25	(64.10)	0.08
<b>Sodio sérico al ingreso (± DE)</b>	139.12 ± 3.23		137.51 ± 1.57		0.01
<b>Sodio sérico 24 horas (± DE)</b>	134.67 ± 3.60		140.95 ± 2.81		0.08
<b>Osmolaridad al ingreso (± DE)</b>	285.36 ± 5.00		283.31 ± 4.26		0.05
<b>Osmolaridad 24 horas (± DE)</b>	277.05 ± 5.78		291.38 ± 6.5		0.39
<b>Alteraciones neurológicas</b>					
Si	1	(1.23)	0	(0.00)	
No	80	(98.77)	39	(100.00)	0.67

## VI. DISCUSIÓN

Este es un estudio en el cual un total de 120 pacientes fueron sometidos a evaluación, siendo pacientes previamente sanos cuya única patología de base ameritaba terapéutica quirúrgica sin más comorbilidades que alteraran los valores séricos de Sodio al ingreso.

En este entorno se documentó que el 63.33% presentó descenso en los valores séricos de sodio, con una edad promedio de 5.44 ( $\pm$  3.08) años, similar a otros estudios de mayor tamaño realizados en Hospitales de España y Sudamérica con edad promedio entre 4.8-5.7 años <sup>31</sup>.

Tras recolectar muestras preoperatorias y postoperatorias basándose en estudios y literatura publicada en los cuales la sospecha reciente por parte de varios autores de que los sueros de mantenimiento actuales pueden generar hiponatremia ha estimulado a realizar un metanálisis en el que se estudió la repercusión sobre la natremia de la aplicación de estos sueros en los pacientes pediátricos.<sup>3</sup> De 104 trabajos sobre esta materia que inicialmente recogieron los autores, seleccionaron seis que en el metanálisis evidencian el riesgo de provocar hiponatremia al aplicar fluidoterapia con sueros con contenidos bajos en sodio.<sup>4</sup>

También se han realizado estudios sobre pacientes posquirúrgicos pediátricos, uno aleatorizado<sup>29</sup> y otro no aleatorizado<sup>30</sup>. En estos estudios, la hiponatremia secundaria a uso de fluidos hipotónicos también se informó.

Siendo importante resaltar que el valor de este resultado radica en que el uso de las soluciones basadas en el método de Holliday Segar produce descenso en los niveles de sodio sérico que pueden producir repercusiones clínicas al usarse soluciones hipotónicas en pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos poco complejos, tal como se muestra en este estudio cuyos diagnósticos y cirugías planeadas se encuentran en procesos de rápida resolución quirúrgica y poco tiempo de hospitalización. Así es evidente que un grupo presenta descenso en los valores séricos de sodio 24 horas después de su ingreso con repercusión en la osmolaridad sérica con una posible asociación poco significativa luego de ser tratados con soluciones de mantenimiento en base al método de Holliday Segar.

El aporte de mantenimiento es para cubrir las pérdidas insensibles más la diuresis, menos el agua generada por el cuerpo en base a lo publicado por Holliday y Segar, quienes sugirieron que debe hacerse con soluciones hipotónicas. La presencia de manifestaciones neurológicas asociadas a hiponatremia ha estimulado cuestionamientos al aporte hidroelectrolítico de soluciones hipotónicas en favor de soluciones isotónicas. A su vez otros autores discuten el

aporte de soluciones isotónicas para mantenimiento.<sup>4</sup> Sin embargo no es posible establecer una asociación estadísticamente significativa entre las manifestaciones neurológicas en el único caso que se presentó con convulsiones tónico clónicas que no cedían al uso de benzodiazepinas y el descenso de sodio en el presente estudio.

En la literatura hay varios aspectos a considerar cuando se discute cual es el aporte hidroelectrolítico más adecuado como solución de mantenimiento. Cuando Holliday y Segar hicieron sus recomendaciones del aporte hídrico lo hicieron en base a las calorías metabolizadas por un niño sano. Actualmente en los hospitales de complejidad, la población ha variado. Además, hay que tener en cuenta que las calorías metabolizadas de un paciente enfermo son diferentes a las de un niño sano. Asimismo, los pacientes se internan post quirúrgicos de enfermedades que requieren cirugías complejas y para tratamientos de enfermedades clínicas también complejas. Desde el trabajo de Holliday y Segar, el conocimiento del metabolismo hidrosalino ha avanzado con la comprensión de cómo interactúan, la secreción de ADH, el sistema renina angiotensina-aldosterona, los péptidos natriuréticos y los receptores renales de la ADH. Hay que tener en cuenta que, además del estímulo no osmótico de la secreción de ADH, existen el del volumen arterial efectivo y los que producen SIADH. La presencia de náusea, vómitos, stress, administración de diversas drogas promueven la secreción inapropiada de ADH. Estos explicarían la hiponatremia que se observa en el ambiente hospitalario al infundirse soluciones de mantenimiento ya sea en pacientes que presentan situaciones médicas complejas como así también luego de cirugías poco complicadas datos que se demuestran en el 63.33% de esta población a estudio.

Considero que la principal limitante del estudio es el tamaño de la muestra, que no permite asociaciones significativas entre el uso de soluciones en base al método de Holliday Segar y la presencia de alteraciones neurológicas como convulsiones, sin embargo es evidente el descenso del sodio sérico a pesar que no todos los casos llegaron a hiponatremia por definición literal.

## VII. CONCLUSIONES

- En este estudio el 63.33% de los pacientes presentaron descenso en niveles de sodio sérico tras el uso de soluciones de mantenimiento basados en Holliday Segar. En promedio el descenso fue de  $1.89 \pm 1.5$  mEq/L
- Al ingreso el promedio de sodio sérico de los pacientes en los que se observó hiponatremia presentaba valores ligeramente más elevados en relación a aquellos pacientes que no desarrollaron hiponatremia.
- La Osmolaridad sérica de ingreso promedio fue de  $284.69 \pm 4.85$  mOsm/L y control en  $281.71 \pm 9.02$  mOsm/L.
- El 1.3% presentó signos clínicos de tipo neurológico al presentar convulsiones tónico clónicas generalizadas que no cede al uso de benzodiazepinas, presentando sodio inicial de 135 mEq/L y sodio control en 123 mEq/L. Sin poder establecerse relación estadísticamente significativa con la hiponatremia.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios longitudinales donde se pueda establecer asociación causal entre el uso de soluciones hipotónicas e isotónicas con alteraciones del Sodio en pacientes quirúrgicos.
- Considerar en estudios posteriores la documentación de las variaciones del sodio al ingreso, a las 6 horas, transquirúrgico, a las 12 y 24 horas de ingreso para establecer datos más precisos.
- Considerar juntas multidisciplinarias con jefes de servicios y residentes de áreas quirúrgicas en pediatría para educación médica continua que permita aclarar las posibles repercusiones de continuar la misma fluidoterapia que hace 50 años.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Orta-Sibu N, Coronel V. Composición de los líquidos corporales. En: Fernández-Sarmiento J, Gastelbondo-Amaya R, Maya-Hijuelos LC. Líquidos y Electrolitos en Pediatría. 2 ed. Bogotá, Colombia: Médica; 2008. p. 73-91.
2. Finberg L, Kravath RE, Hellerstein S. Water and electrolytes in pediatrics: Physiology, pathology and Treatment. 2 ed. Boston, USA: W.B. Saunders; 1993.
3. Velásquez Jones L. Alteraciones hidroelectrolíticas en pediatría: Regulación del equilibrio hidroelectrolítico y ácido-base. México: Ediciones Médicas del Hospital Infantil "Federico Gómez"; 2006. p. 1-12, 38-44.
4. Behrman RE, Behrman RM, Kliegman HBJ. Tratado de pediatría: Fisiopatología de líquidos corporales y tratamiento hidroelectrolítico. 18 ed. España: Elsevier; 2004. p. 191-2.
5. McKeown JW. Disorders of Total Body Sodium: Fluids and Electrolytes. Philadelphia: W. B. Saunders; 1986. p. 63-117.
6. Leighton Hill L. Body composition normal electrolyte concentration and the Maintenance of normal volume tonicity and Acid-base Metabolism. Boston, USA: W.B. Sanders; 1990. p. 241-256.
7. Roberts KB. Fluids and Electrolytes: parenteral Fluid therapy. Ped Rev. 2001; 22:380-86.
8. Holliday MG, Segar WE. The maintenance need for water in parental fluid therapy. Pediatrics. 1957; 19: 823-32.
9. Jospe N, Forbes G. Fluids and Electrolytes-Clinical Aspects. Ped Rev. 1996; 17:395-403.
10. Cruz-Hernández M. Metabolismo hidrosalino: hiponatremias e hipernatremias. En: Cruz-Hernández M. 9 ed. Madrid, España: Ergon; 2006. vol 1 p. 723-33.
11. Rudolph CD, Rudolph AM. Rudolph's Pediatrics: The kidneys, fluids, electrolytes and acid-base. USA: McGraw-Hill; 2006. p. 1643-5.
12. Rey Galán, C. Trastornos electrolíticos. Colombia: Bol Pediatrico. 2006; 46:76-83.

13. Palmer B., Gates J., Lader M. Causes and Management of Hyponatremia. *Ann Pharmacother.* 2003; 37:1694-1702.
14. Moritz M, Ayus J. Preventing neurological complications from dysnatremias in Children. *Pediatr Nephrol.* 2005; 20:1687-1700.
15. Holliday M, Friedman A, Segar W, Chesney R, Fineberg L. Acute Hospital Induced Hyponatremia in Children: A Physiologic Approach. *J Pediatr* 2004. p.145, 584-87.
16. Halberthal M., Halperin M. et al. Acute hyponatremia in Children admitted to hospital: retrospective analysis of factors contributing to its development and resolution. *BMJ.* 2001; 332:780-2.
17. Winters RW. Disorders of electrolyte and acid-base metabolism. Chapter 9. En: Barnett HL: *Pediatrics.* 14 ed. Londres: Butterworths; 1968. p.336-68.
18. Choong K, Kho ME, Menon K, Bohn D. Hypotonic versus isotonic saline in hospitalised children: a systematic review. *Arch Dis Child.* 2006; 91:828-35.
19. Ruza Tarrío F. Fisiología aplicada del medio interno (agua y electrolitos). En: Ruza F. *Tratado de cuidados intensivos pediátricos.* 3 ed. Madrid: Norma-Capitel; 2003. p.1020-33.
20. Shafiee M, Bohn D, Hoorn EJ, Halperin MI. How to select optimal maintenance intravenous fluid therapy. *QJM.* 2003; 96:601-10.
21. Holliday MA, Segar WE, Friedman AL. Reducing errors in fluid therapy management. *Pediatrics.* 2003; 111:424-5.
22. Moritz ML, Ayus JC. Prevention of hospital-acquired hyponatremia: a case for using isotonic saline. *Pediatrics.* 2003; 111: 227-30.
23. Duke T, Molyneux EM. Intravenous fluids for seriously ill children: time to reconsider. *Lancet.* 2003; 362:1320-23.
24. Larry A. Greenbaum J. Terapia de mantenimiento y reposición. En: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF, 19 ed. Barcelona: El Sevier; 2016. vol.2 p.1345-65.

25. Azara M. Hidratación parenteral en pediatría, cambios de paradigmas. España: Rev. Scielo 2014; 41:2-8.
26. M.J. Somers.: Maintenance fluid therapy in children, Uptodate feb 20, 2015.
27. A.R. Fernández, et al. : Hiponatremia postoperatoria en pacientes pediátricos. Elsevier. 2015; 142:1-11.
28. Fino E. Gonzalez de Dios H. Las soluciones hipotónicas aumentan el riesgo de hiponatremia en niños hospitalizados con fluidoterapia de mantenimiento. Evid. Pediatr. 2007; 2:3-14.
29. Dagli G, Orhan ME, Kurt E. The effects of different hydration fluids used in pediatric anaesthesia on blood glucose, electrolytes, and cardiovascular stability. USA: GATA Bulteni; 1997 p.146 –152.
30. Brazel PW, McPhee IB. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in postoperative scoliosis patients: The role of fluid management. Spine; 1996; 5:721-27.
31. Copana Olmos R. Hyponatremia in postoperative patients at the Children's Hospital Manuel Ascencio Villaruel, Cochabamba, Bolivia Gac Med Bol. 2014;37:1.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

Firmó consentimiento informado      si       no

Historia clínica No. \_\_\_\_\_

Nombre de Paciente: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_      Sexo \_\_\_\_\_      Peso: \_\_\_\_\_ kgs

Fecha de Ingreso: \_\_\_\_\_      Fecha de egreso \_\_\_\_\_

Diagnóstico de ingreso? \_\_\_\_\_

Operación Planeada: \_\_\_\_\_

¿Utilizó Holliday Segar como método de solución de mantenimiento?

si       no

¿Adecuado estado nutricional?

si       no

Nivel Sérico de Sodio al ingreso: \_\_\_\_\_

Nivel sérico de Sodio 24 hrs postquirúrgico: \_\_\_\_\_

Osmolaridad sérica al ingreso: \_\_\_\_\_

Osmolaridad sérica 24 hrs postquirúrgico \_\_\_\_\_

¿Presentó alteraciones neurológicas?

si       no

**Anexo 1. Consentimiento informado**

Guatemala \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 201\_\_\_\_

**Consentimiento Informado:**

Yo \_\_\_\_\_ que porto documento personal de identificación número \_\_\_\_\_ extendido en \_\_\_\_\_ del paciente: \_\_\_\_\_ identificado con historia clínica número \_\_\_\_\_ autorizo al personal médico de pediatría extraer las muestras sanguíneas necesarias, así como la realización de estudios e intervenciones pertinentes permitiendo que \_\_\_\_\_ forme parte del estudio de "incidencia de hiponatremia en el paciente quirúrgico". Habiéndoseme informado ampliamente la importancia de la participación en este estudio y las implicaciones al aceptar dicha propuesta.

F \_\_\_\_\_

## **PERMISO DEL AUTOR PARA COPIAR EL TRABAJO**

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada: "HIPONATEMIA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS POSTQUIRÚRGICOS" para propósitos de consulta académica. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiere la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.