

Universidad Nacional Autónoma de México  
UMAE Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
*Facultad de Medicina División de Estudios de  
Posgrado*



*Instituto Mexicano Del Seguro Social  
UMAE Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI*

## **TÍTULO**

**Frecuencia y tipo de alteraciones en los niveles séricos de sodio en el posoperatorio de  
pacientes pediátricos con intervenciones neuroquirúrgicas**

*TESISTA QUE PRESENTA*

***Dr. Ranferi Aragón Nogales***

***PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN PEDIATRÍA***

*ASESORES*

Dr. Ricardo Flores Galicia  
Médico Pediatra adscrito al Departamento de Lactantes  
Email: [pediatriar12011@gmail.com](mailto:pediatriar12011@gmail.com)

Dr. Miguel Ángel Villasís Keever  
Unidad de Investigación en Síntesis y Análisis de la Evidencia  
Email: [miguel.villasis@imss.gob.mx](mailto:miguel.villasis@imss.gob.mx)

**Ciudad de México, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

23/1/2019

SIRELCIS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



**Dictamen de Autorizado**

Comité Local de Investigación en Salud 3603 con número de registro 17 CI 09 015 042 ante COFEPRIS y número de registro ante CONBIOÉTICA CONBIOÉTICA 09 CEI 032 2017121.  
HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

FECHA Miércoles, 23 de enero de 2019.

**M.E. RICARDO FLORES GALICIA  
P R E S E N T E**

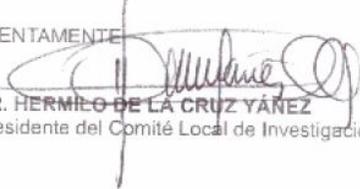
Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

**Frecuencia y tipo de alteraciones en los niveles séricos de sodio en el posoperatorio de pacientes pediátricos con intervenciones neuroquirúrgicas**

que sometió a consideración para evaluación de este Comité Local de Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

No. de Registro  
R-2019-3603-012

ATENTAMENTE

  
**DR. HERMILO DE LA CRUZ YÁÑEZ**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3603

**IMSS**

SEGURO SOCIAL EN SALUD

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD.

Autorización  
Comité Local de Investigación en Salud  
Folio 2019-3603-012

En virtud de haber terminado de manera satisfactoria su tesis y contar con el aval de su director de tesis para obtener el grado de especialista en:  
Pediatría médica

Se autoriza la impresión de Tesis del alumno:  
Ranferi Aragón Nogales

Frecuencia y tipo de alteraciones en los niveles séricos de sodio en el posoperatorio de pacientes pediátricos con intervenciones neuroquirúrgicas

Director de tesis  
Dr. Ricardo Flores Galicia



Jurado

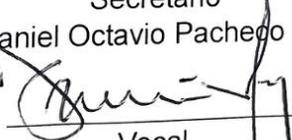
Presidente

Dr. Leoncio Peregrino Bejarano



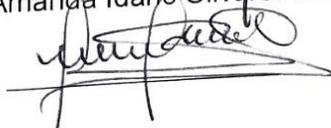
Secretario

Dr. Daniel Octavio Pacheco Rosas



Vocal

Dra. Amanda Idaric Olivares Sosa



## Contenido

Agradecimientos.....	5
RESUMEN.....	6
Marco teórico.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
HIPÓTESIS.....	16
OBJETIVOS GENERALES.....	17
MATERIALES, PACIENTES Y MÉTODOS.....	18
<b>Lugar donde se desarrollará el estudio:</b> .....	18
<b>Diseño de estudio:</b> .....	18
<b>Población de estudio:</b> .....	18
<b>Criterios de selección</b> .....	18
<b>Tamaño de muestra:</b> .....	18
<b>Tipo de muestreo:</b> .....	19
<b>Variables</b> .....	20
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.....	22
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
ASPECTOS ÉTICOS.....	22
RESULTADOS.....	23
Discusión.....	27
CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO 1.....	34
<b>HOJA RELECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	34

## **Agradecimientos.**

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional durante este periodo, por comprender mi ausencia y sobre todo por ser mi principal motivación para dar lo mejor de mí.

Agradezco a mis profesores, principalmente a mis asesores por sembrar en mí el gusto de la investigación y ayudarme a realizar esta tesis.

Agradezco al Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI por brindarme las herramientas necesarias en mi formación de especialista y sobre a todo a nuestros pacientes por ser la principal razón de nuestro estudio.

## RESUMEN

**Introducción.** Las alteraciones del sodio son los trastornos electrolíticos más frecuentes en pacientes pediátricos sometidos a una intervención neuroquirúrgica, en el caso de hiponatremia las principales causas son debidas a administración excesiva de líquidos hipotónicos, síndrome de secreción inadecuada de ADH y síndrome cerebral perdedor de sal. En el caso de hipernatremia la principal causa es diabetes insípida. Existe limitada información sobre la frecuencia, etiología y manejo de este grupo de pacientes.

**Objetivos.** Determinar la frecuencia y el tipo de alteraciones de los niveles séricos de sodio en el posoperatorio de pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico.

**Material y métodos.** Se realizó en Hospital de Pediatría UMAE, CMN Siglo XXI. Diseño de estudio: Descriptivo, observacional, transversal, retrospectivo. Población de estudio: Pacientes pediátricos en quienes se realizó algún tipo de neurocirugía, entre enero 2016 y diciembre 2018. Tamaño de muestra: Se calculó con el programa EPIDAT versión 3.1, el tamaño de muestra estimado fue de 188 pacientes, sin embargo, solo 92 cumplieron con los criterios de selección. Muestreo: Por cuota y estratificado por año.

**Resultados.** La mayoría fue del sexo masculino 59 (64%) y la mediana de edad fue 3 años 5 meses, con una edad mínima de 2 meses y máxima de 16 años. En la mayoría su estado nutricional fue normal (n=82). La cirugía más frecuentemente realizada fue la resección de tumor cerebral (41%) seguido de la remodelación craneal (34%). En los primeros siete días del posoperatorio las alteraciones del sodio se contabilizaron en el 55% (n=51) de los pacientes, 26 pacientes (28%) presentaron hipernatremia y 25 pacientes (27%) hiponatremia. En los 25 pacientes que tuvieron hiponatremia, la variación fue de 125 a 134 mEq/L, de los cuales 20 (80%) fue hiponatremia leve, y en cinco casos la hiponatremia fue moderada; ninguno tuvo hiponatremia grave. Para el caso de hipernatremia, el valor mínimo de sodio fue de 146 y el máximo de 158 mEq/L, la mayoría se presentó en las primeras 48 horas.

**Conclusiones.** En más de la mitad de los pacientes pediátricos sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas, se presentan alteraciones de los niveles séricos de sodio.

## **Marco teórico.**

La trepanación craneal se considera como la primera cirugía de la cual se tiene registro, sin embargo, la Neurocirugía, como especialidad, surge a finales del siglo XIX.<sup>(1)</sup> En las últimas décadas ha evolucionado considerablemente gracias al desarrollo de otras especialidades coadyuvantes como la imagen y la neuroanestesia y a los avances tecnológicos que nos ha permitido comprender mejor a los pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos. Su campo se ha extendido incluyendo la neurocirugía pediátrica que tiene su origen a mediados del siglo XX.<sup>(2)</sup>

Existen características diferentes en el tipo de procedimientos realizados por neurocirujanos pediatras que los realizados por neurocirujanos de adultos. Entre las que destacan el tipo de tumores cerebrales que tratan, la evolución del trauma cráneo encefálico, las cirugías en alteraciones del neurodesarrollo que son propias de esta edad y que rara vez son corregidos en una sola cirugía.<sup>(3)</sup>

En el servicio de Neurocirugía del Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional Siglo XXI se efectúan anualmente aproximadamente quinientos procedimientos. Las enfermedades tratadas incluyen malformaciones congénitas e hidrocefalia, así como para el tratamiento quirúrgico de epilepsia de difícil control, resección de tumores cerebrales y de la médula espinal, así como malformaciones vasculares y revascularización en enfermedad isquémica cerebral. Para la resolución de estos problemas, se utilizan tanto las técnicas habituales, como la cirugía de mínima invasión, endoscopia, estereotaxia y neuronavegación.<sup>(4)</sup>

El paciente pediátrico al que se le realiza una neurocirugía es un paciente complejo, por lo que generalmente requiere manejo en la unidad de cuidados intensivos tras algún procedimiento quirúrgico, ya que es importante la detección de complicaciones. En la literatura médica las complicaciones posoperatorias reportadas con más frecuencia son hemorragia, crisis convulsivas, alteraciones de la coagulación y alteraciones del sodio.<sup>(3)</sup>

## **Trastornos electrolíticos relacionados con el sodio**

Las alteraciones del sodio se consideran el trastorno hidroelectrolítico más frecuente, lo cual se presenta en pacientes ambulatorios y en pacientes hospitalizados.<sup>(5)</sup> Incluye la hiponatremia, que se define como la concentración sérica de sodio menor a 135mEq/l, mientras que la hipernatremia se define con una concentración sérica de sodio mayor a 145mEq/l.

A su vez, la hiponatremia se puede clasificar según el nivel de sodio sérico; valores de 130-134mEq/l se considera hiponatremia leve, 125-129mEq/l en moderada y <125mEq/l en severa. Además, considerando el tiempo de evolución, se conoce a la hiponatremia aguda cuando se desarrolla en < 48 horas y la crónica en > 48 horas, si se desconoce el tiempo de inicio debe ser considerada como crónica. Mientras que basado en la osmolalidad sanguínea se clasifica en hiposmolar, isosmolar e hiperosmolar. Por último, de acuerdo con el volumen sanguíneo se cataloga en hipovolémica, euvolémica e hipervolémica.<sup>(6)</sup>

Por otro lado, la hipernatremia puede ser clasificada basada en la estimación clínica del volumen extracelular, lo cual puede orientar hacia la etiología. Se clasifica en hipernatremia hipovolémica si hay pérdida de líquidos hipotónicos, tanto renales como extrarrenales; hipernatremia hipervolémica cuando hay ganancia de sodio; hipernatremia normovolémica si hay pérdida de agua libre de origen renal o extrarrenal.<sup>(5)</sup>

### **Fisiopatología de los trastornos de sodio**

El sodio es el principal catión del líquido extracelular y determina aproximadamente el 95% de la osmolalidad plasmática permitiendo el movimiento de agua a través de la membrana celular desde el compartimiento de menor osmolalidad al de mayor osmolalidad. Las alteraciones del sodio se pueden considerar por lo tanto, un trastorno del agua.<sup>(5)</sup>

La osmolalidad plasmática es regulada por el hipotálamo con dos mecanismos importantes, uno es la secreción de la hormona antidiurética (ADH) y el otro es el mecanismo de la sed.<sup>(7)</sup> La ADH es un péptido de 9 aminoácidos que se sintetiza en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo y es almacenada en la neurohipofisis, el principal estímulo para su liberación es el incremento de la osmolalidad sérica, actúa en los receptores V2 del túbulo colector en donde transporta aquaporinas 2, que estimulan reabsorción del agua, disminuyendo la osmolalidad plasmática, aumentando la osmolalidad urinaria y disminuyendo el volumen urinario. Simultáneamente, el centro de la sed en la corteza cerebral se estimula para promover la ingesta de agua.<sup>(8)</sup> La ADH es considerada por algunos autores como la hormona reguladora por excelencia de la reabsorción de agua a nivel renal.<sup>(5)</sup> También se han descrito estímulos no osmóticos para la secreción de ADH, como el estrés, dolor, náuseas, aumento de la presión intracraneal, medicamentos (antipsicóticos, antidepresivos tricíclicos, carbamazepina, morfina,

anestésicos, metoclopramida, vincristina, ifosfamida, ciclofosfamida), decúbito prolongado, el uso de ventilación mecánica con presión positiva, así como enfermedades pulmonares y del sistema nervioso central.<sup>(9)</sup>

El balance del sodio se regula por filtración renal, aldosterona y el péptido natriurético auricular. La secreción de aldosterona es regulada por el sistema renina-angiotensina-aldosterona; así, en estados de hipovolemia se activa este mecanismo lo cual permite la reabsorción de sodio en el túbulo proximal, excreción de potasio y la secreción de hidrogeniones. Los estados de euvolemia e hipervolemia ocasionan natriuresis debido, en parte, a la acción de péptidos natriuréticos que son liberados por el corazón ante el incremento de volumen auricular y ventricular. Se han descrito principalmente tres: el péptido natriurético auricular, que tiene una vida media aproximada de 2 minutos; el péptido natriurético cerebral, que tiene una vida media de 12 minutos y el péptido natriurético tipo C.<sup>(7)</sup>

De manera general se conoce que en los pacientes que presentan lesión cerebral, los mecanismos fisiopatológicos de las alteraciones del balance de agua y del sodio no pueden ser atribuidos a una sola causa y se considera un proceso multifactorial.

La hiponatremia que se presenta en pacientes neuroquirúrgicos se atribuyen a tres causas principales: el síndrome de secreción inadecuada de ADH (SIADH), síndrome cerebral perdedor de sal (SCPS) y de forma iatrogénica por la administración excesiva de líquidos hipotónicos.<sup>(6)</sup>

Holliday y Segar describieron hace 60 años una fórmula para establecer los requerimientos hídricos en paciente pediátricos basados en el gasto energético y recomendaban la administración de sodio en 3mEq/100cal/día, con este aporte de sodio las soluciones resultantes son hipotónicas, a partir de entonces se generalizó su uso a nivel mundial, sin embargo, en estudios recientes se ha demostrado que el uso de este tipo de soluciones incrementa la frecuencia de hiponatremia en pacientes hospitalizados y se recomienda el uso de soluciones isotónicas como terapia de mantenimiento, inclusive aplicado en el periodo posquirúrgico inmediato.<sup>(10)</sup>

En 1950, Peters y col. describieron el SCPS como la causa de hiponatremia en pacientes con enfermedades intracraneales, posteriormente Schwartz y col. describieron el SIADH como la principal causa de hiponatremia en pacientes neurológicos y el término de SCPS fue abandonado por mucho tiempo.<sup>(9)</sup> Con diversas investigaciones que nos han permitido

comprender la fisiopatología de las alteraciones del sodio en pacientes neurológicos resurgió el debate sobre la causa principal de hiponatremia en este tipo de pacientes obteniendo resultados controversiales. Ambos síndromes se encuentran en pacientes neuroquirúrgicos y comparten características bioquímicas similares. La importancia de diferenciar adecuadamente la presencia de SIADH y SCPS radica en el tratamiento completamente diferente que reciben.<sup>(11)</sup>

El volumen sanguíneo circulante es un dato de relevancia para distinguir el SIADH y el SCPS. Cuando el volumen sanguíneo circulante se encuentra normal o elevado en pacientes con hiponatremia podemos considerar la presencia de SIADH mientras que en estados de volumen sanguíneo circulante disminuido con hiponatremia sospecharemos de SCPS.<sup>(7)</sup>

Por otro lado la hipernatremia en pacientes neuroquirúrgicos generalmente es secundaria a diabetes insípida (DI).<sup>(8)</sup> La DI puede ser central o nefrogénica. La DI central es secundaria a una falla en la síntesis o secreción de la ADH. La DI es nefrogénica cuando se encuentra alterada la acción de la ADH a nivel renal.<sup>(12)</sup> La DI es definida por poliuria: producción urinaria mayor 2l/m<sup>2</sup>/24h, sodio plasmático mayor de 150mEq/l, osmolalidad plasmática mayor de 310mOsm/kg y osmolalidad urinaria menor de 300mOsm/kg (densidad urinaria menor de 1010).<sup>(13)</sup> Para diferenciar de un origen central o nefrogénico se administra un análogo de vasopresina si normalizan los parámetros se considera un origen central.

## **Epidemiología**

La incidencia de hiponatremia es variable en cada centro tanto por la definición como por la condición clínica subyacente; esta alteración electrolítica probablemente es la de mayor relevancia clínica, la cual incrementa los días de estancia intrahospitalaria y la mortalidad del paciente.<sup>(14)</sup> En pacientes neuroquirúrgicos se reporta en un 10-50% de los casos.<sup>(3)</sup> En una cohorte realizada en un Hospital pediátrico en Salt Lake se evaluaron 319 pacientes pediátricos con tumores cerebrales describiendo que la hiponatremia ocurre en aproximadamente el 12% de los pacientes sometidos a una cirugía de tumor intracraneal, presentándose regularmente dentro de la primera semana después de la cirugía, pero su aparición parece depender de la ubicación del tumor, su histología y tamaño, además de la existencia de hidrocefalia.<sup>(15)</sup> En estudios realizados en adultos se ha reportado que en el periodo agudo de una hemorragia subaracnoidea aneurismal se presenta hiponatremia entre el 30-56% de los pacientes,

describiéndose mayor incidencia en el caso de ruptura de la arteria comunicante anterior (51%) que en la ruptura de la arteria comunicante media (18%).<sup>(16)</sup>

En los primeros cinco días después de un neurotrauma se describe que la hiponatremia puede ocurrir del 15-20% de los pacientes, la cual en muchas ocasiones es transitoria y con remisión espontánea.<sup>(14)</sup> En un estudio retrospectivo realizado en Pittsburgh la frecuencia de hiponatremia en la remodelación de la bóveda craneal en pacientes con craneosinostosis fue aproximadamente del 30% de 72 pacientes pediátricos, generalmente es leve y autolimitada; el mecanismo exacto de su desarrollo permanece controversial, algunos de los factores asociados son incremento de la presión intracraneal, hemorragia y ser del género femenino.<sup>(17)</sup> El uso de drenaje ventricular externo o ventriculostomía es frecuente para controlar la hipertensión intracraneal y la hidrocefalia asociada a trauma cráneo encefálico, hemorragia intracraneal, infecciones intracraneales y tumores cerebrales, a pesar de ello, hay escasos reportes de su asociación con hiponatremia: en una gran cohorte realizada por el Institute National of Health se reportó en un 37% de 380 pacientes su presencia se asoció con edades más pequeñas, con la duración del tratamiento y la administración de nutrición parenteral.<sup>(17)</sup>

En cuanto a la hipernatremia que se presenta después de un procedimiento neuroquirúrgico, se conoce que generalmente es secundaria al desarrollo de DI lo que condiciona que la ingesta de agua sea insuficiente para compensar las pérdidas. Esto ocurre entre 1 a 3 días después de una lesión cerebral.<sup>(8)</sup> Esta complicación es común en los pacientes que son sometidos a cirugía de la hipófisis, con tasas reportadas de 4-80%, la cual puede ser transitoria o permanente. En pacientes con tumores cerebrales, los factores de riesgo que se han asociado a esta complicación son el tamaño, localización e histología del tumor. En el caso de craneofaringiomas, en un estudio retrospectivo de 306 pacientes pediátricos se describió en el 17% de los casos, en un reporte de 1741 pacientes con histiocitosis de células de Langerhans con manifestaciones cerebrales en un 12%, en una revisión de tumores de células germinales intracraneales se documentó en 78 de 95 pacientes.<sup>(19)</sup> En un estudio prospectivo de 436 pacientes, incluyendo adolescentes, se documentó la presencia de DI en pacientes con traumatismo cráneo-encefálico aproximadamente en el 16% de los casos y ocurre en los primeros días del trauma.<sup>(20)</sup> En los pacientes con hemorragia subaracnoidea se reporta alrededor del 15% de los pacientes, siendo generalmente transitoria, aunque puede persistir hasta en un 8% de los pacientes sobrevivientes. La DI se ha descrito con menor frecuencia en

otras condiciones neuroquirúrgicas, como es la hemorragia intracerebral, hematoma subdural y absceso cerebral.<sup>(8)</sup>

### **Manifestaciones clínicas**

Al evaluar un paciente con alteraciones del sodio se debe tomar en cuenta la anamnesis, la exploración física, el eje ADH-Riñón y el volumen sanguíneo circulante.<sup>(5)</sup> Las alteraciones del sodio se presentan con síntomas inespecíficos y reflejan la afección del sistema nervioso central. La presentación clínica de las alteraciones del sodio varía según diversos factores entre ellos destaca el nivel sérico del sodio, el tiempo de instauración y el estado de la volemia.<sup>(21)</sup> En los pacientes neuroquirúrgicos es más complicado identificar las manifestaciones clínicas que son secundarias a las alteraciones del sodio de aquellas que son consecuencia de la patología etiológica subyacente, sin embargo, son más susceptibles de presentar síntomas graves.

Cuando hay hiponatremia se puede observar cefalea, náuseas, vómitos, confusión, anorexia y letargia; y en aquellos que presentan sodio sérico por debajo de 115mEq/l se puede presentar hiporreflexia osteotendinosa, debilidad o calambres musculares, signo de Babinski y compromiso progresivo del estado de conciencia. En casos graves y de instauración aguda pueden ocurrir además crisis convulsivas, coma y muerte. Otros síntomas encontrados en pacientes con hiponatremia dependerán del estado de la volemia, de tal forma que en estados hipovolemia se mostrará signos de deshidratación y en la hipervolemia se manifestarán datos de sobrecarga.<sup>(12)</sup>

Las manifestaciones clínicas de un niño con hipernatremia incluyen principalmente sed intensa, hipertermia, irritabilidad, letargia, hiperreflexia osteotendinosa, mioclonía, fasciculaciones faciales, y, en casos graves, rigidez generalizada, crisis convulsivas y estado de coma.<sup>(12)</sup>

### **Tratamiento**

Los datos clínicos, el estado de la volemia, la uresis y los parámetros bioquímicos séricos y urinarios nos permiten una aproximación etiológica de la alteración del sodio y poder realizar el tratamiento inicial. Dentro de los parámetros bioquímicos se encuentra el sodio sérico, la osmolalidad sérica, el sodio urinario, la osmolalidad urinaria y la densidad urinaria.<sup>(5)</sup> La monitorización de los pacientes pediátricos sometidos a una intervención neuroquirúrgica

requiere ser estrecha para identificar la presencia de síndrome neuroendocrinos (SIADH, SCPS, DI) que pueden agravar su condición clínica.

El tratamiento de las alteraciones del sodio depende de la causa, de la velocidad de instauración, de la severidad y de la volemia. La hiponatremia que presenta síntomas neurológicos agudos y graves es reflejo de edema cerebral, por lo que requiere un tratamiento urgente al ser una condición que pone en peligro la vida. En estos casos o si presenta un sodio sérico menor de  $<110\text{mEq/l}$  se recomienda corregir a una velocidad de  $1\text{-}2\text{mEq/L/hora}$  en  $3\text{-}4$  horas, o bien, hasta que cedan los síntomas. Lo anterior se logra al administrar cloruro de sodio al 3% a una velocidad de  $1\text{ml/kg/h}$ .<sup>(11)</sup>

Cuando la hiponatremia es crónica será necesario realizar un adecuado abordaje diagnóstico que permita elegir el tratamiento basado en la causa de la hiponatremia. La corrección rápida presenta riesgo de desarrollar mielinólisis pontina, por lo cual se recomienda un aumento de  $0.5\text{ mEq/l/h}$ ,  $10\text{-}12\text{ mEq/l}$  en 24 horas ó  $18\text{ mEq}$  en 48 horas. La cantidad de sodio requerida, se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Sodio requerido} = (\text{sodio deseado} - \text{sodio actual}) \times \text{peso (Kg)} \times 0.6.^{(20)}$$

En pacientes con SIADH el manejo indicado es la restricción hídrica de un  $70\text{-}75\%$  de su requerimiento basal. En niños no se encuentra aprobado el uso de antagonistas del receptor  $V_2$ .<sup>(21)</sup> Ante la presencia de un SCPS se indica reponer las pérdidas hídricas con soluciones isotónicas o hipertónicas, hasta lograr normalizar la volemia.<sup>(10)</sup>

Debido a que la hipernatremia de los pacientes neuroquirúrgicos es secundaria a DI central, el tratamiento de elección es desmopresina, análogo sintético de la ADH, que tiene acción antidiurética prolongada y un mínimo efecto vasopresor, comparada con la hormona natural.<sup>(22)</sup>

## **JUSTIFICACIÓN**

Los trastornos del sodio son una de las complicaciones posoperatorias de los pacientes sometidos algún procedimiento neuroquirúrgico. En nuestro hospital este tipo complicaciones se presenta, sin embargo, no se dispone de información suficiente para determinar su frecuencia.

A la fecha, la mayor parte de los estudios que reportan alteraciones del sodio en pacientes con intervenciones neuroquirúrgicas son en población adulta, de ahí la importancia de estudiar estas alteraciones en pacientes pediátricos.

Con los resultados del presente estudio, estaremos en posibilidad de determinar tanto la frecuencia y la forma que se llegó al diagnóstico, para estar en posibilidad de establecer protocolos de manejo para ofrecer un diagnóstico oportuno y permitir tratamientos más tempranos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En las últimas décadas ha incrementado el número y tipo de procedimientos neuroquirúrgicos en pacientes pediátricos, la mayoría se realizan en centros de referencia de tercer nivel, es a través de ellos que se conoce la frecuencia y evolución de este tipo de pacientes. En la literatura médica se reporta a las alteraciones del sodio como el trastorno electrolítico más frecuente en el posoperatorio de una neurocirugía,<sup>(8)</sup> la hiponatremia es más frecuente en resección de tumores, remodelación craneal y derivaciones ventriculares. Mientras que la hipernatremia se describe más frecuentemente en casos de hemorragia subaracnoidea y cirugía de neurotrauma.

Las alteraciones del sodio se presentan con frecuencia en pacientes neurológicos y neuroquirúrgicos pero no existe suficiente información sobre su epidemiología en nuestro país y son pocos los hospitales en donde se realiza este tipo de cirugías en población pediátrica. En algunas intervenciones quirúrgicas del sistema nervioso aún se tiene poca experiencia y la cantidad de cirugías realizadas es mínima como es el caso de la cirugía de epilepsia y la remodelación craneal, en el caso de la primera en la revisión de la literatura no se encontró reportes sobre la frecuencia de alteraciones del sodio en el posoperatorio de pacientes pediátricos.

Según el tipo de neurocirugía se reportan diferentes incidencias de alteraciones del sodio en el posquirúrgico y su presentación varía en el tiempo de instauración, duración, gravedad, sintomatología y síndromes neuroendocrinos asociados. La búsqueda dirigida de estas variables nos permite ampliar nuestro conocimiento sobre la epidemiología de las alteraciones del sodio en el posquirúrgico y ofrecer herramientas para su diagnóstico y tratamiento oportuno.

Se sabe que las alteraciones del sodio en estos pacientes se asocian a trastornos neuroendocrinos aunque se desconoce la frecuencia de aparición en nuestra población.

### **Preguntas de investigación:**

1. ¿Cuál es la frecuencia de alteraciones del sodio sérico que se presentan en pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico en la UMAE Hospital de Pediatría CMN Siglo XXI?
2. ¿Qué tipo de alteraciones del sodio sérico se presentan con más frecuencia en pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico en la UMAE Hospital de Pediatría CMN Siglo XXI?

## HIPÓTESIS

1. Las alteraciones del sodio se presentan aproximadamente en un 30% de los pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico.
2. La hiponatremia es el trastorno electrolítico más frecuente, mientras que el síndrome cerebral perdedor de sal es el síndrome neuroendocrino más frecuentemente asociado en el posoperatorio de un procedimiento neuroquirúrgico.

## **OBJETIVOS GENERALES**

1. Determinar la frecuencia de alteraciones de los niveles séricos de sodio en el posoperatorio de pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico, durante el periodo enero 2016 – diciembre 2018.
2. Determinar el tipo de alteraciones de los niveles séricos de sodio más frecuente en el posoperatorio de pacientes pediátricos después de un procedimiento neuroquirúrgico, durante el periodo enero 2016 – diciembre 2018.

## **MATERIALES, PACIENTES Y MÉTODOS**

**Lugar donde se desarrollará el estudio:** Hospital de Pediatría de la Unidad Médica de Alta Especialidad de Centro Médico Nacional Siglo XXI.

**Diseño de estudio:** Descriptivo, observacional, transversal, retrospectivo.

**Población de estudio:** Pacientes pediátricos en quienes se realizó algún tipo de neurocirugía, entre enero 2016 y diciembre 2018.

### **Criterios de selección**

#### Criterios de inclusión:

1. Pacientes mayores de 1 mes y menores de 16 años 11 meses.
2. Masculinos y femeninos.
3. Pacientes sometidos a su primera neurocirugía.
4. Pacientes en quienes tengan al menos una muestra sérica de niveles de sodio dentro de la primera semana postquirúrgica.

#### Criterios de exclusión:

1. Pacientes operados en otra unidad hospitalaria.
2. Pacientes con alteraciones del sodio previo a la intervención quirúrgica identificada en el sistema de laboratorio.
3. Pacientes que antes de la cirugía tenga diagnóstico de trastorno neuroendocrino, tales como síndrome de secreción inadecuada de ADH, síndrome cerebral perdedor de sal y/o diabetes insípida.
4. Pacientes que no cuenten con las variables de interés en el expediente clínico y/o electrónico.

### **Tamaño de muestra:**

Se calculó con el programa EPIDAT versión 3.1 con los siguientes supuestos:

1. Número de neurocirugías realizadas en 3 años de primera vez son aprox. 450.
2. Proporción esperada de alteraciones del sodio: 30%  $\pm$  5%.
3. Nivel de confianza: 95%.
4. El tamaño de muestra es de **188 cirugías**.

**Tipo de muestreo:**

Por cuota y estratificado por año. Es decir, de cada año se seleccionarán los primeros 65 expedientes de pacientes que cumplan con los criterios de selección. Los casos se identificarán a partir de la base de datos del servicio de Neurocirugía, donde se tiene registrado los pacientes que requirieron alguna cirugía.

## Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Unidad de medición
Tipo de cirugía realizada.	Cirugía del sistema nervioso central.	Intervención quirúrgica que involucre el sistema nervioso central de acuerdo con nota postquirúrgica.	Independiente.	Cualitativa nominal politémica.	-Resección de tumor cerebral -Derivación ventricular -Remodelación craneal. -Otros
Nivel sérico de sodio.	Alteraciones del sodio incluye tanto la hiponatremia definida como una concentración sérica de Sodio menor a 135mEq/l como la hipernatremia la cual se define como una concentración sérica de Sodio mayor a 145mEq/l. <sup>(5)</sup>	Presencia de hiponatremia o hipernatremia según el nivel sérico de Sodio menor de 135mEq/l o mayor de 145meq/l respectivamente.	Dependiente	Cualitativa nominal dicotómica.	Hiponatremia Hipernatremia.
Severidad de hiponatremia	Según el nivel de sodio sérico se considera hiponatremia leve con valores de 130-134mEq/l. hiponatremia moderada con 125-129mE/l, hiponatremia severa <125mE/l.	Según el sodio sérico posquirúrgico más bajo reportado en el sistema de laboratorios se considerará hiponatremia leve 130-134mEq/l. hiponatremia moderada 125-129mE/l, hiponatremia severa <125mE/l.	Dependiente	Cualitativa ordinal.	-Hiponatremia leve - hiponatremia moderada - hiponatremia severa.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales. <sup>(23)</sup>	Fecha de intervención neuroquirúrgica menos fecha de nacimiento.	Universal.	Cuantitativa continua	Años y meses
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina, de animales y plantas. <sup>(23)</sup>	Masculino o femenino.	Universal.	Cualitativa nominal dicotómica	Masculino o femenino.
Tiempo de inicio de alteración de sodio.	Tiempo transcurrido desde el procedimiento neuroquirúrgico hasta la documentación de la alteración del sodio.	Tiempo transcurrido en horas desde el procedimiento quirúrgico hasta la evidencia de alteración del sodio.	Dependiente.	Cuantitativa continua.	Horas.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Unidad de medición
Líquidos de mantenimiento.	Líquidos intravenosos que proporcionan los requerimientos de agua y electrolitos en un paciente en ayuno. Se consideran líquidos isotónicos si contienen una concentración de sodio aproximadamente igual a la de plasma humano. Son líquidos hipotónicos si contienen una concentración de sodio menor del plasma humano. <sup>24</sup>	Líquidos isotónicos son aquellos que contienen una concentración de sodio >125 a 160mmol/L. Se consideran hipotónicos a aquellos con una concentración de sodio <125mmol/L. <sup>24</sup>	Dependiente.	Cualitativa nominal dicotómica.	-Líquidos isotónicos -líquidos hipotónicos.
Tipo de trastorno neuroendocrino	Los criterios diagnósticos para Síndrome de secreción inadecuada de ADH son osmolalidad plasmática efectiva <275mOsm/kg, Osmolalidad urinaria >100mOsm/kg, sodio urinario >40mEq/l, euvolemia, ausencia de compromiso renal, tiroideo, suprarrenal y uso de diuréticos. En el caso del Síndrome cerebral perdedor de sal los criterios son sodio urinario >120mEq/l, osmolalidad urinaria >300mOsm/Kg, volumen urinario >3mlkgh y un balance hídrico negativo durante las 24 horas previas. La Diabetes insípida es definida por poliuria: producción urinaria mayor 2L/m2/24h, sodio plasmático >150mEq/l, osmolalidad plasmática >310mOsm/kg y osmolalidad urinaria <300mOsm/kg (densidad urinaria menor de 1010).	Diagnóstico por el servicio de endocrinología de Síndrome de secreción inadecuada de ADH o síndrome cerebral perdedor de sal o diabetes insípida central.	Dependiente.	Cualitativa nominal politómica.	-Síndrome de secreción inadecuada de ADH -Síndrome cerebral perdedor de sal -Diabetes insípida central.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO**

1. Elaboración del protocolo de investigación.
2. Aprobación del protocolo por parte del Comité de Investigación y ética del Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional Siglo XXI.
3. Se acudió al servicio de Neurocirugía del Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI y se obtuvo los nombres de los pacientes operados en el periodo comprendido entre enero 2016 y diciembre 2018.
4. Acudimos a archivo clínico para recolectar los datos del expediente físico de los pacientes seleccionados.
5. Recolección de los datos encontrados en el expediente clínico y en el sistema de laboratorio de los pacientes seleccionados (Anexo 1).
6. Elaboración de base de datos electrónica.
7. Elaboración del informe final.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Es de tipo descriptivo, de acuerdo con la escala de medición de las variables. Las variables cualitativas se reportan en frecuencias simples y porcentajes. Para las cuantitativas se resumen con medidas de tendencia central; en los datos que tienen distribución normal se usó promedio y desviación estándar, en el caso de los que presentan distribución no normal se usó mediana y valores mínimo y máximo. Para el análisis de los datos se usó programa Microsoft Excel, Microsoft Office 365.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

La evaluación y aprobación del protocolo se realizó por parte del Comité de investigación y ética del hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI, antes de iniciar el estudio.

Con base al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, se considera una investigación sin riesgo, al tratarse de un estudio retrospectivo. No se realizará alguna intervención o modificación en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio. Por lo tanto no se requirió consentimiento informado.

Toda la información de los sujetos de estudio se manejó de forma confidencial y anónima.

## RESULTADOS

Se revisó el archivo clínico y expediente electrónico obteniendo un total de 92 pacientes que cumplían con los criterios de inclusión. Las características generales de los pacientes se observan en el cuadro 1. La mayoría fue del sexo masculino 59 (64%) y la mediana de edad fue 3 años 5 meses, con una edad mínima de 2 meses y máxima de 16 años. En la mayoría su estado nutricional fue normal (n=82).

**Cuadro 1.** Características generales de los 92 pacientes estudiados.

Variable	N	%
<b>Sexo</b>		
Masculino	59	64
Femenino	33	36
<b>Grupo de edad</b>		
Lactante	45	49
Preescolar	8	8
Escolar y adolescente	39	43
<b>Estado nutricional</b>		
Normal	82	89
Desnutrición	7	8
Sobrepeso y obesidad	3	3
<b>Tipo de cirugía</b>		
Resección de tumor cerebral	38	41
Remodelación craneal	31	34
Derivación ventricular	12	13
Otro tipo de cirugía	11	12

Como también se observa en el Cuadro 1, el tipo de cirugía más frecuentemente realizada fue la resección de tumor cerebral (41%) seguido de la remodelación craneal (34%). En el grupo denominado como otro tipo de cirugía, se incluyeron seis pacientes con cirugía de epilepsia, tres pacientes con resección de malformación arteriovenosa y a dos con drenaje de hematoma.

Durante el procedimiento quirúrgico, la administración de líquidos intravenosos fue variable, siendo la mediana de 1,400 ml, con una variación de 80 ml y hasta 6,650 ml. Tomando en cuenta la superficie corporal (SC), la mediana de administración se calculó en 2,247 ml/m<sup>2</sup>SC, desde 423 ml/m<sup>2</sup>SC como valor mínimo y un máximo de 8,090 ml. El

tipo de líquidos de mantenimiento que se usó en los primeros días del posquirúrgico fueron de tipo isotónicos en 63 pacientes (68%) y los hipotónicos en 29 pacientes (32%).

En el Cuadro 2 se describe el comportamiento de los valores de sodio durante los primeros siete días de los pacientes incluidos. Es necesario comentar que, conforme avanzó el periodo posoperatorio, el número de pacientes que se solicitó la determinación del sodio fue disminuyendo, generalmente porque los pacientes evolucionaron satisfactoriamente. Mientras que en quienes se continuó su solicitud, fue por su condición clínica que, en su mayoría, se encontraban en terapia intensiva. Como se observa, los 92 pacientes tenían un nivel sérico de sodio prequirúrgico dentro de límites normales, con una mediana de 139 mEq/L. Pero, en el primer día después de la cirugía, 39 (42.8%) pacientes presentaron alteraciones, 24 con hiponatremia y 14 con hipernatremia. En los días subsecuentes se siguieron presentando casos nuevos de estos trastornos, pero en menos frecuencia. Así, para el final de los siete días del posoperatorio las alteraciones del sodio se contabilizaron en el 55% (n=51) de los pacientes, 26 pacientes (28%) presentaron hipernatremia y 25 pacientes (27%) hiponatremia.

**Cuadro 2.** Valores de sodio y frecuencia de alteraciones del sodio

	Preqx	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
<b>Número de pacientes</b>	92	91	74	59	39	22	15	11
<b>Sodio sérico</b>	139	139	139	140	139	139	139	139
mediana (mín – máx)	(135 – 145)	(125-155)	(131-157)	(129 -149)	(134-148)	(133- 154)	(125- 158)	(131-148)
<b>Nuevos casos de hiponatremia (n = 25)</b>	-	15	4	4	0	0	1	1
<b>Hiponatremia persistente</b>	-	-	3	3	3	1	1	1
<b>Nuevos casos de hipernatremia (n = 26)</b>	-	24	1	1	0	0	0	0
<b>Hipernatremia persistente</b>	-	-	6	4	3	2	1	0
<b>Prevalencia trastornos de sodio</b>	-	42.8	18.9	20.3	15.4	13.6	20	18.2

Con respecto a los valores de sodio en los 25 pacientes que tuvieron hiponatremia, la variación fue de 125 a 134 mEq/L, de los cuales 20 (80%) fue hiponatremia leve, y en cinco casos la hiponatremia fue moderada; ninguno tuvo hiponatremia grave. El 20% de los pacientes con hiponatremia leve presentó al menos otra determinación confirmatoria

de hiponatremia; en el caso de los pacientes con hiponatremia moderada, 4 pacientes (80%) presentaron otra determinación de hiponatremia y en la segunda determinación los valores subsecuentes clasificaron como hiponatremia leve.

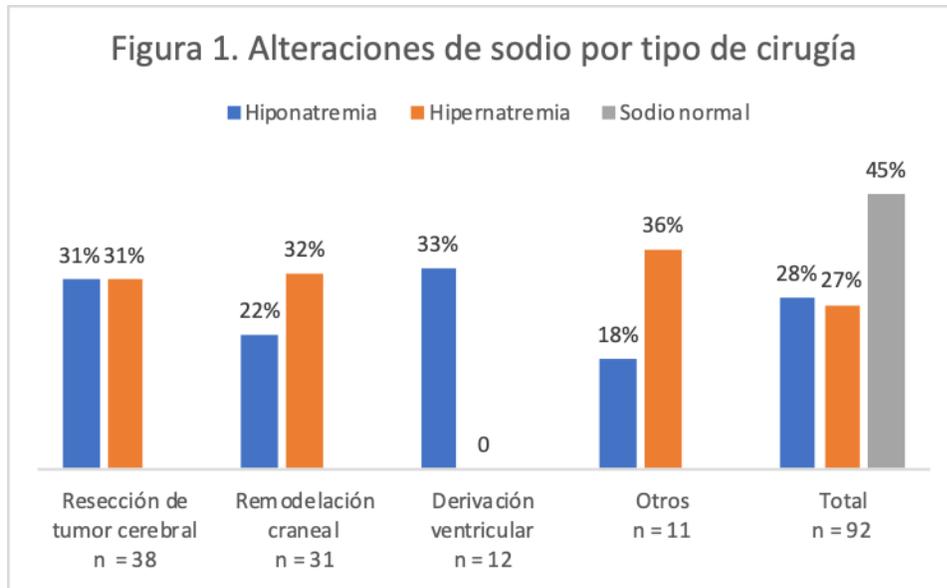
Para el caso de hipernatremia, el valor mínimo de sodio fue de 146 y el máximo de 158 mEq/L.

### **Alteraciones del sodio de acuerdo con líquidos administrados**

La hiponatremia se presentó en el 43% de los pacientes que tuvieron líquidos hipotónicos a diferencia de un 20% en pacientes en que se usó líquidos de tipo isotónicos. La hipernatremia se presentó en el 10% de los pacientes que usaron líquidos hipotónicos y en el 36% de los pacientes que usaron líquidos isotónicos. Además, se detectó que a ocho pacientes (32%) con hiponatremia se les administró líquidos mayores a 2 mil m<sup>2</sup>SC, en las primeras 24 horas del periodo posoperatorio.

### **Alteraciones del sodio por tipo de cirugía**

Las alteraciones del sodio por tipo de cirugía se observan en la Figura 1. La frecuencia de alteraciones del sodio de acuerdo con el tipo de cirugía fue la siguiente: los pacientes a los que se les realizó resección tumoral presentaron hiponatremia e hipernatremia con la misma cantidad de pacientes, 12 en cada una de estas alteraciones (31%). En pacientes a los que se les realizó remodelación craneal hubo siete pacientes con hiponatremia (22%) e hipernatremia en 10 pacientes (32%); en pacientes con derivación ventricular se encontró hiponatremia en cuatro pacientes (33%), y ninguno con hipernatremia. En el grupo de pacientes con otro tipo de neurocirugía se identificaron dos pacientes con hiponatremia (18%) y cuatro pacientes con hipernatremia (36%).



### Alteraciones neuroendocrinas

Cuatro pacientes presentaron síndrome neuroendocrino en el posquirúrgico, tres fueron valorados por el servicio de endocrinología diagnosticando a dos pacientes con diabetes insípida central y un paciente se identificó con síndrome cerebral perdedor de sal. Al cuarto paciente se diagnosticó síndrome cerebral perdedor de sal por el servicio de terapia intensiva. Estos cuatro pacientes tuvieron en común que se les realizó cirugía de resección de tumor cerebral. Cabe señalar que no hubo pacientes con síndrome de secreción inadecuada de ADH. En el cuadro 3 se describen las características generales de los pacientes que presentaron alteraciones neuroendocrinas.

**Cuadro 3. Características de los pacientes con alteraciones neuroendocrinas**

	Edad	Diagnóstico	Sodio preqx (mEq/L)	Sodio postqx (mEq/L)	Día postquirúrgico de presentación	Trastorno neuroendocrino	Tratamiento
<b>CASO 1</b>	6 años 8 meses	Tumor supratentorial	139	129	Día 1	Síndrome cerebral perdedor de sal	Reposición hidroelectrolítica.
<b>CASO 2</b>	2 años 2 meses	Ependimoma anaplásico	138	131	Día 1	Síndrome cerebral perdedor de sal	Reposición hidroelectrolítica.
<b>CASO 3</b>	13 años 4 meses	Craneofaringioma	140	152	Día 1	Diabetes insípida	Desmopresina
<b>CASO 4</b>	8 años 2 meses	Tumor supraselar	143	155	Día 1	Diabetes insípida	Desmopresina

## Discusión

En este estudio, en el posoperatorio de pacientes pediátricos con intervenciones neuroquirúrgicas de forma general se encontraron alteraciones del sodio en un 55%, con un ligero predominio de hipernatremia en comparación con la hiponatremia. La evaluación rutinaria del estado hidroelectrolítico que se realiza en estos pacientes al ingresar a la unidad de cuidados intensivos nos permitió identificar que la mayoría de las alteraciones del sodio se presentó de forma temprana en las primeras 48 horas, aunque se observó que en pacientes operados de resecciones tumorales se pueden presentar algunos casos nuevos hasta el día 6 y 7 postquirúrgico.

Al comparar los resultados de este estudio, observamos que no coinciden con lo reportado en la literatura, ya que en reportes previos predomina la hiponatremia. Es posible que esta diferencia se deba a que en el presente estudio se eligieron tres intervenciones quirúrgicas y que solo se incluyeron pacientes que tuvieran niveles normales de sodio al momento de la cirugía. (7, 14, 17)

En nuestro estudio en el grupo de pacientes operados de tumores cerebrales se identificó alteraciones del sodio en el 62% de los pacientes, la mitad de ellos presentaron hiponatremia (31%) y la otra mitad hipernatremia (31%). En un estudio de cohorte retrospectivo donde se evaluó únicamente la hiponatremia en el postoperatorio de tumores cerebrales se encontró en el 55% de los pacientes<sup>(15)</sup> lo cual es mayor con respecto a nuestro estudio, sin embargo, en ese estudio se incluyó pacientes con hiponatremia previa al procedimiento quirúrgico y el tamaño de muestra fue mayor. En cuanto a la severidad de la hiponatremia se reportó en 78% de pacientes con hiponatremia leve y nosotros en 75%, aunque ellos consideraron hiponatremia severa a los valores séricos de sodio menores de 130mEq/L, se identificó disminución de los valores séricos del sodio en todos los grupos evaluados y en los pacientes con hiponatremia severa la disminución fue mayor y persistente a lo largo de los días, el seguimiento en estos pacientes se prolongó más allá de una semana y no se evaluaron síndromes neuroendocrinos a diferencia de nuestra serie que se reportó en el 16% de

los pacientes con hiponatremia y únicamente se encontró síndrome cerebral perdedor sal.

La hipernatremia de los pacientes a los que se someten a una resección tumoral se debe frecuentemente al desarrollo de diabetes insípida, lo cual se asocia más con la localización y el tipo de tumor como es el caso de los craneofaringiomas que con el procedimiento quirúrgico, inclusive puede manifestarse en el pre e intraoperatorio, en nuestra serie se reportó diabetes insípida en dos pacientes que corresponde al 16% de los pacientes con tumores cerebrales que presentaron hipernatremia, ambos pacientes tuvieron hipernatremia de forma persistente, con valores de sodio más elevados y ambos recibieron tratamiento hormonal.

Solo en el caso de pacientes con resecciones de tumores cerebrales se diagnosticaron síndromes neuroendocrinos, pero se requiere una evaluación completa en todos los pacientes que incluya balance hídrico, uresis horaria, osmolaridad sérica y urinaria, sodio urinario y el tipo de líquidos administrados en el periodo perioperatorio para poder identificarlos y establecer un tratamiento adecuado y oportuno.

Existen pocos estudios con reportes de alteraciones del sodio en pacientes con craneosinostosis, en una revisión retrospectiva de 72 pacientes en los que se realizó remodelación craneal se reportó hiponatremia en un 30.6%,<sup>(17)</sup> se identificó en los primeros días del postquirúrgico aunque no específica el tiempo de seguimiento, con hiponatremia leve en un 92%, en otro estudio realizado por Hosking y colaboradores<sup>(25)</sup> evaluaron de forma retrospectiva alteraciones del sodio intraoperatoriamente y en el postoperatorio en 102 pacientes encontrando 5% de hiponatremia intraoperatoria y en el primer día postoperatorio se encontró hiponatremia leve en el 24% de los pacientes e hiponatremia moderada en 1%, semejante a nuestros resultados que encontramos hiponatremia en un 22% de los pacientes, pero con una menor cantidad de pacientes con hiponatremia leve 71,4%. Sin embargo, destaca que en nuestro estudio se haya encontrado hipernatremia en una tercera parte de este grupo de pacientes sin tener un

punto de comparación al no contar con estudios que evalúen la hipernatremia en pacientes con remodelación craneal.

La derivación ventricular es un procedimiento indicado en diversas patologías en la infancia y es frecuente que desarrollen hiponatremia, en un estudio retrospectivo se evaluó en la unidad de cuidados intensivos pediátricos la hiponatremia en 380 pacientes que requirieron derivación ventricular externa y encontraron hiponatremia leve en el 24% de los pacientes y 8% desarrollaron hiponatremia moderada-severa y se asoció con edades más cortas<sup>(18)</sup>, lo cual es semejante con nuestros hallazgos que encontramos hiponatremia en el 22% de los pacientes, aunque a diferencia de ellos ninguno con un valor de sodio menor de 130mEq/L, el tiempo de seguimiento en nuestro caso fue menor y no evaluamos las fluctuaciones diarias en los valores de sodio.

Existen otros tipos de neurocirugías que se realizan con menos frecuencia y algunos únicamente en centros especializados como es la cirugía para el tratamiento de epilepsia refractaria, cirugía de resección de malformaciones arteriovenosas y cirugía de drenajes de hematomas en pacientes con traumatismo craneoencefálico, sin conocer con precisión la incidencia de alteraciones del sodio que se presenta en este tipo de pacientes, por su menor frecuencia en nuestra serie se englobaron como otro tipo de cirugías encontramos hipernatremia como principal alteración con un 36% de los pacientes comparado con el 18% de los que presentaron hiponatremia, sin encontrar síndromes neuroendocrinos asociados.

Por otro lado, es de mencionar un hallazgo interesante; alrededor de la mitad de las alteraciones de sodio detectadas no estuvieron consignadas en las notas médicas, por lo que desconocemos si se identificaron o sí se les otorgó algún tipo de tratamiento a esos pacientes. Esta situación nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de vigilar con más cuidado a este grupo de pacientes, en función de la alta frecuencia de alteraciones descritas en el presente estudio.

Las limitaciones que presenta este estudio es que se incluyeron únicamente pacientes con niveles séricos de sodio normales previo a la cirugía por lo que no puede ser representativo del total de neurocirugías realizadas. Asimismo, dado que fue un estudio retrospectivo no fue posible evaluar los niveles séricos de sodio durante el periodo transoperatorio, ni tampoco diariamente en el posoperatorio. Además, en virtud que las alteraciones del sodio se identificaron directamente de los niveles reportados en el sistema electrónico de laboratorio sin documentar una correlación con lo reportado en el expediente clínico. Por lo que se recomienda la sistematización y documentación de las alteraciones del sodio, así como apego a las guías de práctica clínica para su manejo.

Por último, este estudio al igual que otros previos, se evaluaron las alteraciones del sodio en pacientes pediátricos después de una intervención neuroquirúrgica han sido retrospectivos, por lo que existe un área de oportunidad para realizar más investigaciones que permitan comprender la forma de presentación de estas alteraciones, así como para hacer recomendaciones para incorporarlas en rutas diagnósticas y terapéuticas.

## CONCLUSIONES

1. En el 55% de los pacientes pediátricos sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas, se presentan alteraciones de los niveles séricos de sodio.
2. No parece haber diferencia en la frecuencia de hipernatremia o de hiponatremia en el posoperatorio de pacientes pediátricos sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas.
3. En comparación a otras cirugías, los pacientes sometidos a resección de tumores cerebrales las alteraciones de los niveles de sodio fueron más frecuentes.
4. La frecuencia de síndromes neuroendocrinos es baja en procedimientos neuroquirúrgicos,

## BIBLIOGRAFÍA

1. Boto GR. *Historia de la neurocirugía moderna*. An Real Acad Nac Farm [Internet]. 2015 [citado el 23 de noviembre de 2017];(1):37–47. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6031444>
2. Mainprize TG, Taylor MD, Rutka JT. *Perspectives in pediatric neurosurgery*. Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg. 2000;16(10–11):809–20.
3. Mekitarian Filho E, Carvalho WB de, Cavalheiro S. *Perioperative patient management in pediatric neurosurgery*. Rev Assoc Medica Bras 1992. 2012;58(3):388–96.
4. Servicio de Neurocirugía [Internet]. [citado el 25 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://edumed.imss.gob.mx/pediatria/nueshosp/divcirped/neurocirugia/pagneurocirugia.htm>
5. Ályarez L E, González C E. *Bases fisiopatológicas de los trastornos del sodio en pediatría*. Rev Chil Pediatría. 2014;85(3):269–80.
6. Rivkees SA. *Differentiating appropriate antidiuretic hormone secretion, inappropriate antidiuretic hormone secretion and cerebral salt wasting: the common, uncommon, and misnamed*. Curr Opin Pediatr. 2008;20(4):448–52.
7. Hannon MJ, Finucane FM, Sherlock M, Agha A, Thompson CJ. *Clinical review: Disorders of water homeostasis in neurosurgical patients*. J Clin Endocrinol Metab. 2012;97(5):1423–33.
8. Cardoso APD, Dragosavac D, Araújo S, Falcão ALE, Terzi RGG, Castro M de, et al. *Syndromes related to sodium and arginine vasopressin alterations in post-operative neurosurgery*. Arq Neuropsiquiatr. 2007;65(3B):745–51.
9. Tolunay O, Celik T, Celik U, Kömür M, Yagci-Kupeli B. *Cerebral salt wasting in pediatric critical care; not just a neurosurgical disorder anymore*. Neuro Endocrinol Lett. 2015;36(6):578–82.
10. Cerdà-Esteve M, Cuadrado-Godia E, Chillaron JJ, Pont-Sunyer C, Cucurella G, Fernández M, et al. *Cerebral salt wasting syndrome: review*. Eur J Intern Med. 2008;19(4):249–54.
11. Luis Velásquez Jones. *Alteraciones hidroelectrolíticas en Pediatría*. Segunda edición. México, DF: Editorial Prado; 2010.
12. García García Ej. *Diabetes insípida*. Protoc diagn ter pediatr. 2011;1:44–53.
13. Jain V, Ravindranath Athira. *Diabetes insipidus in children*. J Pediatr Endocrinol Metab. enero de 2016;29(1):1–5.

14. Cuesta M, Hannon MJ, Thompson CJ. *Diagnosis and treatment of hyponatraemia in neurosurgical patients*. *Endocrinol Nutr Organo Soc Espanola Endocrinol Nutr*. 2016;63(5):230–8.
15. Belzer JS, Williams CN, Riva-Cambrin J, Presson AP, Bratton SL. *Timing, duration, and severity of hyponatremia following pediatric brain tumor surgery*. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2014;15(5):456–63.
16. Marupudi NI, Mittal S. *Diagnosis and Management of Hyponatremia in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage*. *J Clin Med* 2015;4(4):756–67.
17. Cladis FP, Bykowski M, Schmitt E, Naran S, Moritz ML, Cray J, et al. *Postoperative hyponatremia following calvarial vault remodeling in craniosynostosis*. *Paediatr Anaesth*. 2011;21(10):1020–5.
18. Topjian AA, Stuart A, Pabalan AA, Clair A, Kilbaugh TJ, Abend NS, et al. *Greater fluctuations in serum sodium levels are associated with increased mortality in children with externalized ventriculostomy drains in a PICU*. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2014;15(9):846–55.
19. Dabrowski E, Kadakia R, Zimmerman D. *Diabetes insipidus in infants and children*. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2016;30(2):317–28.
20. John CA, Day MW. *Central neurogenic diabetes insipidus, syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone, and cerebral salt-wasting syndrome in traumatic brain injury*. *Crit Care Nurse*. 2012;32(2):1–7.
21. Chung CH, Zimmerman D. *Hypernatremia and Hyponatremia: Current Understanding and Management*. *Clin Pediatr Emerg Med*. 2009;10(4):272–8.
22. Hannon MJ, Finucane FM, Sherlock M, Agha A, Thompson CJ. *Clinical review: Disorders of water homeostasis in neurosurgical patients*. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97(5):1423–33.
23. ASALE R-. *Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario [Internet]. Diccionario de la lengua española. [Citado el 26 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>*
24. McNab S, Ware RS, Neville KA, Choong K, Coulthard MG, Duke T, et al. *Isotonic versus hypotonic solutions for maintenance intravenous fluid administration in children*. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(12):CD009457
25. Hosking J., Dowling K, and Costi, D. *Intraoperative and postoperative hyponatremia with craniosynostosis surgery*. *Pediatric Anesthesia*, 2012; 22: 654-660

