

FLUIDOTERAPIA Y MONITORIZACIÓN EN ANESTESIA PEDIÁTRICA

Dr. Antonio Abengochea
Hospital Universitario y Politécnico La Fe

FLUIDOTERAPIA

El objetivo de cualquier tratamiento con fluidos es asegurar la hidratación del paciente y la adecuada relación de sus volúmenes compartimentales, así como mantener la adecuada relación electrolítica y un aporte adecuado de glucosa.. El agua corporal total (ACT) se distribuye en dos grandes compartimentos: el líquido del espacio extracelular (LEC) en donde predomina el catión sodio, y el del intracelular (LIC) en donde predomina el catión potasio, ambos compartimentos están separados por la membrana celular, membrana semipermeable que deja pasar el agua según las concentraciones osmóticas. Ambos compartimentos tienen el mismo número de partículas osmóticamente activas, con una osmolaridad entre 290-310 mosm/l. El espacio extracelular está compuesto principalmente por el espacio intravascular y el espacio intersticial, separados por la membrana capilar. Las fuerzas que regulan los movimientos de agua entre estos subcompartimentos generando una salida hacia el espacio intersticial, son la presión hidrostática capilar elevada y la presión oncótica disminuida. A su vez el espacio intravascular está compuesto por el volumen plasmático (5% del peso) y el volumen eritrocítico. El espacio intersticial se divide en líquido intersticial (18% del peso) y agua transcelular (LCR, sinovial, pleural, peritoneal, que comprenden el 2% del peso) .

En el niño a término el agua representa el 75-80% del peso corporal total, esta proporción desciende hasta el 65% entre los 6-12 meses de edad y alcanza el 60% de la edad adulta durante el primer y segundo año de vida, por ello calculamos el ACT como el peso x 0,6. El LIC del neonato es el 47% de su ACT y representa el 35% del peso corporal, evolucionando en la edad adulta hasta alcanzar un 66% del ACT y un 40% del peso. El LEC en el neonato es casi un 50% del peso desciende al 20-25% a partir del primer año de vida. Hay que recordar que durante los primeros cinco días de vida hay un incremento fisiológico de la diuresis disminuyendo el LEC, con la consiguiente pérdida de peso (entre el 5-12%) dada la importante contribución que tiene este líquido en el peso total. Esta pérdida es más acusada en el niño pretérmino (28-32 semanas)

Con fines didácticos dividimos la fluidoterapia del paciente quirúrgico pediátrico en tres partes: a) aporte de las necesidades basales; b) aporte de las pérdidas previas a la cirugía; c) reposición de las pérdidas que acontecen durante el acto quirúrgico. Se suele administrar

1ª hora: Necesidades Basales + Pérdidas durante el acto quirúrgico + 50% de los déficits hídricos previos.

2ª hora: Necesidades Basales + Pérdidas durante el acto quirúrgico + 25% de los déficits hídricos previos.

3ª hora: Necesidades Basales + Pérdidas durante el acto quirúrgico + 25% de los déficits hídricos previos

a) APORTE DE LAS NECESIDADES BASALES

Las necesidades basales incluyen el agua, electrolitos y glucosa que cubran las pérdidas insensibles a través de la respiración, sudoración, heces y orina. Se han empleado varias fórmulas de reposición hídrica en función de:

Agua

Área de Superficie Corporal. Calculamos la superficie corporal como la raíz cuadrada de $[\text{altura (cm)} \times \text{peso (kg)} / 3.600 (\text{m}^2)]$. Por encima de 10 kg, las necesidades de agua son $1.500 \text{ ml/m}^2/24 \text{ h}$.

Peso Corporal. La fluidoterapia infantil de mantenimiento se ha basado durante muchos años en los estudios de Holliday and Segar de 1957, que combinaron las pérdidas de agua con el metabolismo consumido, considerando que por cada 100 Kcal consumidas se necesitaban 100 ml de agua, ya las pérdidas insensibles de un niño de 10 kg eran 50 ml/kg/día, menos 16 ml/kg/día del agua endógena, junto con 66 ml/kg/día necesarias para una adecuada excreción urinaria de los solutos. Así las **necesidades basales (NB)** podemos resumirlas en función del peso:

<u>Peso en kg</u>	<u>Mililitros/kg</u>
≤ 10kg	100 ml/kg/día 4 ml/kg/hora
11-20 kg kg	1.000 ml/día + 50 ml/kg/día por cada kg por encima de 10 kg 40 ml/hora + 2 ml por cada kg por encima de 10 kg/hora
> 20 kg kg	1.500 ml/día + 20 ml/kg/día por cada kg por encima de 20 kg 60 ml/hora + 1 ml por cada kg por encima de 20 kg/hora

Un niño de 26 kg :

- Tendrá unas necesidades basales diarias de : $1.500 + (20 \times 6) = 1.620$ ml/día
- Tendrá unas necesidades basales horarias de: $60 + (1 \times 6) = 66$ ml/hora, lo cual se corresponde con la división de $1.620 \text{ ml}/24 \text{ horas} = 67.5$ ml/hora

Es difícil ajustar las necesidades basales exactas, ya que hay muchas circunstancias que las modifican como por ejemplo el fallo cardíaco (NB x 0.7), la insuficiencia renal (NB x 0.3), la prematuridad (neonatos de entre 800 – 2000 g, tienen unas necesidades durante el primer mes equivalente a NB x 1.2), la hipertermia o hipotermia (aumenta o disminuye el agua en un 12% por cada grado centígrado que varía la temperatura), la hiperventilación o sudoración excesiva, las quemaduras (NB + 4% NB por cada 1% de superficie

quemada el 1º día y NB + 2% NB por cada 1% de superficie quemada posteriormente).

Hoy en día incluso Holliday y Segar están de acuerdo en reducir a la mitad o en dos tercios la cantidad de fluidos para el mantenimiento de las necesidades basales, a la luz de los recientes trabajos que explican la producción de hormona antidiurética y la producción de agua endógena, y la tendencia a la hiponatremia, así como la disminución de las necesidades por efecto de los anestésicos utilizados y los circuitos de ventilación humidificados.

Electrolitos - Glucosa

Las necesidades basales de sodio están entre 2 – 4 mEq/kg/día, de cloro están entre 2 – 3 mEq/kg/día (1 g de ClNa aporta 18 mEq de Na y 18 mEq de Cl) y de potasio entre 1 – 3 mEq/kg/día (no sobrepasar la velocidad de perfusión de 1 mEq/kg/hora), el calcio entre 2 mE/kg/día durante el primer año y 1 mE/kg/día hasta los 10 años, no sobrepasar los 20 mEq/día.

La reposición con suero isotónico o hipotónico está en discusión. La **hiponatremia** conlleva un riesgo de encefalopatía. El 50% de niños con sodio < 125 mmol/l desarrollan **encefalopatía hiponatrémica (EH)** con importante edema intracelular. El niño es más sensible al desarrollo de EH por el tamaño tan grande cerebral en relación a la cavidad craneal y la limitación para extraer sodio del cerebro. Varias son las causas de producción de esta hiponatremia. En primer lugar la dilucional al administrar soluciones exentas de sodio o hipotónicas. En segundo lugar hay una respuesta exagerada de la hormona antidiurética (HAD), produciendo una secreción inadecuada de dicha hormona (SIHAD) en ausencia de hipovolemia, hiperosmolaridad, o daño en la sensibilidad de túbulos renales. Esta alteración no aparece solamente en la cirugía de la escoliosis, cardíaca o neurocirugía, sino en intervenciones menores como consecuencia del ayuno, la falta de reposición hídrica, hipovolemia, los vómitos, el estrés. En tercer lugar recientemente Steele ha definido una nueva modalidad de pérdidas de sodio, lo ha denominado el “proceso de desalinización” y consiste en una producción exagerada de HAD y eliminación de orina hipertónica a pesar de una infusión de solución isotónica. La causa parece radicar en la alteración de la aldosterona, el péptido natriurético o un aumento de la filtración glomerular como consecuencia de la expansión del espacio intravascular.

Las **necesidades de glucosa** calculadas en g/kg/día son en el recién nacido : 18; en el primer año: 8 inicial - 14 de mantenimiento; hasta los 7 años: 8 inicial - 12 de mantenimiento; hasta los 12 años: 8 inicial - 10 de mantenimiento, con un máximo de 250 g/día. Antiguamente era práctica habitual administrar durante la cirugía glucosa en grandes cantidades a los neonatos y en menor medida a los lactantes. La **hiperglucemia** provoca aumentos de la carga osmótica, la diuresis con la consiguiente hipovolemia, el aumento de producción de CO₂ y la agravación de lesiones cerebrales isquémicas. Sin embargo el cerebro neonatal responde mejor a la carga de glucosa que el adulto (metaboliza cuerpos cetónicos y lactato en ATP, incrementa las proteínas que transportan glucosa...) observando menos efectos deletéreos ante la hiperglucemia. La **hipoglucemia** es mucho peor pues provoca una respuesta de stress, un incremento del flujo con posible daño de la

autorregulación cerebral, afectación del pH y la hemostasia, provocando daño neuronal. Hoy día se observan menos episodios ya que han disminuido las horas de ayuno, pero antes era frecuente cuando el ayuno era superior a 8 horas. Actualmente administramos dextrosa a concentraciones más bajas (2.5%) en circunstancias especiales (prematuros, quemados...).

De acuerdo con lo expuesto, aunque no hay un consenso universal, el fluido más adecuado podría ser una solución isotónica con glucosado al 2.5%. Teniendo en cuenta las restricciones necesarias en el caso de sobrecarga hídrica y de sodio como es el caso de la cirrosis, la insuficiencia renal y la insuficiencia cardiaca congestiva).

b) APOORTE DE LAS PÉRDIDAS PREVIAS A LA CIRUGÍA

Los niños son muy sensibles a la deshidratación y en general aunque las pautas de ayuno se han acertado considerablemente, niños con patología importante pueden precisar de un tratamiento agresivo. Es el caso del niño en shock, oligúrico al que es preciso remontar su hemodinámica con la administración de 20 ml/kg de ringer lactato, suero fisiológico, seroalbúmina al 5%, o hidroxietilalmidón 130/0,4 al 6% durante la 1ª hora, y luego seguir a 10 ml/kg una vez calculados los déficits reales. A continuación analizaremos brevemente algunos de los déficits que podemos encontrar

La **deshidratación** desde un punto de vista clínico se puede clasificar en función del peso y la respuesta clínica al relleno capilar, la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, aunque hay otros signos importantes: LEVE con pérdida del 5% del peso, fontanela aplanada, ligera sed y mucosas normales, MODERADA con pérdida del 10% del peso, irritable, sed moderada y mucosas secas; GRAVE con pérdida del 15% del peso, fontanela hundida, intensa sed, gran irritabilidad y mucosas reseca.

La DESHIDRATACIÓN atendiendo a la osmolaridad y al contenido en sodio pueden ser ISOTÓNICAS (Na: 130-150 mEq/L), normalmente por diarrea o vómitos y constituyen el 80% de las deshidrataciones; HIPERTÓNICAS (Na: > 150 mEq/L), normalmente se ven en la diabetes insípida, diuresis osmótica, por diarrea o vómitos y constituyen el 15% de las deshidrataciones; HIPOTÓNICAS (Na: < 130 mEq/L), normalmente por administración de líquidos sin iones y constituyen el 5% de las deshidrataciones.

El tratamiento de la **deshidratación isotónica** se realiza con soluciones isotónicas.

El tratamiento de la **deshidratación hipertónica** se debe realizar lentamente (48 h) por el riesgo de edema cerebral al entrar demasiado líquido en el espacio intracelular. No hay que disminuir más de 10 mEq/L de Na al día, ni corregir más de 1 – 2 mOsm/L/h. La osmolaridad sérica = $2 \times (\text{Na}) + \text{BUN}/2,8 + \text{glucosa}/18$

El tratamiento de la **deshidratación hipotónica** grave se basa en un cálculo cuidadoso del déficit. Si se acompaña de sobrecarga hídrica es preciso añadir furosemida. Si es sintomática con cifras inferiores a 125 mEq/L, con convulsiones o coma, se puede corregir administrando suero salino. El tratamiento de la deshidratación hipotónica moderada se basa en un cálculo

cuidadoso del déficit, considerando el sodio perdido por la deshidratación., administrando la mitad en 12 horas y el resto en las 36 horas siguientes.

Vamos a considerar las alteraciones de otros electrolitos. **Hipopotasemia** ($K > 3,0$ mEq/L) por pérdidas por sonda, vómitos, diarrea, cetoacidosis diabética (CAD), alcalosis (por desplazamiento intracelular), hiperaldosteronismo. El diagnóstico puede ser clínico observando el aplanamiento de la onda T y la prolongación del QT. El tratamiento debe ser cuidadoso no superando la administración de 1 mEq/L. **Hiperpotasemia** ($K > 5,5$ mEq/L) por insuficiencia renal (IR), destrucción tisular, hemólisis, acidosis, rechazo agudo del trasplante. EL diagnóstico ECG muestra onda T picuda, ensanchamiento del QRS, depresión segmento ST, bloqueo AV. Tratamiento: hiperventilación, furosemida 1-2 mg/kg, gluconato cálcico 10% 0,4 ml/kg/dosis (máx 10 ml), CO_3HNa 2-3 mEq/kg/dosis, glucosa 20-30% 0,5 g/kg + 0,4 U/kg insulina, salbutamol 4 mcg/kg en 20 minutos (máx 250 mcg), resinas en enema 0,5 g/kg/6 h en 2 ml/kg de 33%.

Hipercloremia ($\text{Cl} > 109$ mEq/L) se resuelve corrigiendo la causa (diarrea).

Hipocloremia ($\text{Cl} < 95$ mEq/L) se resuelve administrando suero salino isotónico y potasio pues se debe en gran medida a la alcalosis metabólica e hipopotasemia de la estenosis pilórica.

Acidosis metabólica (pH < 7,20) hiperclorémica (anión GAP normal) con pérdida importante de bicarbonato por pérdidas gastrointestinales, o **no hiperclorémica** (anión GAP aumentado) por acúmulos de ácidos como en la IR, CAD, acidosis láctica. Tratamiento. Se calculan los mEq de bicarbonato que hay que administrar = (Bicarbonato deseado – Bicarbonato real) x Peso en kg x 0,3 . Se suele corregir entre un tercio y a mitad y se reevalúa.

Alcalosis metabólica (pH >7,6) sobre todo se produce por pérdidas de hidrogeniones en la estenosis hipertrófica del píloro o acúmulo exógeno de álcalis.

C) REPOSICIÓN DE LAS PÉRDIDAS QUE ACONTECEN DURANTE EL ACTO QUIRÚRGICO

Las pérdidas durante el acto quirúrgico variarán en función del tipo de cirugía, pero aproximadamente se calculan:

Cirugía mínimamente invasiva:	1-2 ml/kg/hora (herniorrafia)
Cirugía craneal:	1-2 ml/kg/hora
Cirugía torácica:	4-7 ml/kg/hora
Cirugía abdominal:	2-5 ml/kg/hora (laparotomía simple) 5-15 ml/kg/hora (c. reconstructiva mayor)

MONITORIZACIÓN

La monitorización del niño durante el acto anestésico conlleva unas características especiales, derivadas de la anatomía y fisiología del paciente pediátrico. El tamaño de los monitores debe ser más pequeño, tiene que ser lo menos invasivo posible y reconocer con fidelidad los valores de referencia de los niños. No siempre la monitorización consigue ser fiel reflejo del estado del niño, como ocurre con la interpretación de la pulsioximetría (verdadero estándar de la monitorización) en situaciones especiales de baja perfusión, lo que conlleva el desarrollo de nuevos instrumentos de medida de la oxigenación

tisular, NIR (near infrared spectroscopy) todavía en desarrollo. En este apartado no mencionaremos la monitorización ventilatoria y empezaremos con la neurológica.

a) MONITORIZACIÓN NEUROLÓGICA

La monitorización neurológica se basa en los mismos principios que en los pacientes adultos, teniendo en cuenta el diferente desarrollo evolutivo. Se han utilizado la electroencefalografía convencional, el estudio de los potenciales evocados y la electromiografía.

BIS

El BIS es un parámetro obtenido del análisis del EEG obteniendo un valor numérico de 0 a 100 que refleja la hipnosis y la respuesta a estímulos. Recientemente ha sido aprobado por la FDA para pacientes pediátricos, considerando un valor inferior a 50 como adecuado para una buena profundidad anestésica. Con él se obtiene información útil para reducir el consumo de agente anestésico, su toxicidad, efectos secundarios y conseguir un despertar precoz. Sin embargo debido a la maduración del sistema nervioso es imposible aplicar exactamente los mismos parámetros clínicos aplicados a los adultos. En niños se aplica uno de tres electrodos con menor capacidad de discriminación y filtro.

Desde su introducción se han realizado numerosos estudios en los que se vio una buena correlación en niños, entre BIS y concentración “end-tidal” de sevoflurano, semejante a la de los adultos. Del mismo modo se analizó la correlación de los valores del BIS con el componente hipnótico de la anestesia en niños y adultos, y recientemente Lamas y su grupo demostraron una buena correlación entre el BIS, los Potenciales Evocados Auditivos y la escala Ramsay en niños menores de dos años sanos, sin sedación.

b) MONITORIZACIÓN DE LA TEMPERATURA

La monitorización de la temperatura es imprescindible en intervenciones que duren más de media hora. Tanto la hipertermia, como la hipotermia son peligrosas, recordemos que un neonato hipotérmico, es un neonato grave. El termómetro se colocará en el lugar de donde queramos obtener la información. A nivel nasofaríngeo nos informará de la temperatura cerebral, hay que recordar la influencia de los gases inspirados sobre esta medición. A nivel esofágico de la temperatura de las vísceras torácicas. Por último el rectal es el menos fiable por la posible implantación fecaloidea. En cirugías complejas se recomienda dos registros para poder medir el gradiente térmico.

c) MONITORIZACIÓN RELAJACIÓN MUSCULAR

La monitorización que empleamos debe tener en cuenta que los nervios motores pediátricos están menos mielinizados que los de los adultos y la respuesta motora precisa, a veces, de frecuencia de estimulación más altas. Debemos utilizar electrodos pediátricos. En los niños más pequeños, es más difícil de apreciar la respuesta motora en el dedo pulgar, por ello es más conveniente colocar los electrodos a nivel facial buscando la respuesta de la musculatura supraciliar, o en el territorio del nervio peroneo común (respuesta motora, flexión dorsal), o en el tibial posterior (respuesta motora; flexión plantar).

a) MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA

Sin olvidar la exploración clínica (llenado capilar, pulso, auscultación), el objetivo de la monitorización hemodinámica es obtener información del adecuado gasto cardíaco que como sabemos depende de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico.

El niño pequeño, neonato y lactante tiene una falta de distensibilidad ventricular que conlleva un volumen sistólico invariable y un gasto cardíaco dependiente de la frecuencia cardíaca. Esto explica la elevada frecuencia cardíaca que observamos en condiciones basales y la respuesta bradicárdica ante estímulos nocivos como la hipoxia. Es necesario conocer los valores normales y elegir como derivación de elección la II, para captar mejor la taquicardia y bradicardia. Los electrodos deben ser de menor tamaño y colocarse en la raíz de los miembros. Por otra parte el ventrículo derecho tiene un diámetro parecido al del izquierdo en esas edades y muestra un eje desviado a la derecha (120° en el neonato y 90° a 100° en el lactante).

La presión arterial no invasiva depende de la elección del manguito adecuado. La anchura debe ser al menos 2/3 de la altura del hueso largo, siempre es mejor emplear el de mayor tamaño. En pacientes con ductus permeable o coartación de aorta deberemos tomar la presión en el brazo derecho. Veamos a continuación los valores reales de la frecuencia en latidos por minuto, y las Presiones en mmHg

<u>EDAD</u>	<u>FC</u>	<u>PAS</u>	<u>PAD</u>	<u>PAM</u>
Neonato – 6 meses	110-150	50-70	20-30	30-40
6-12 meses	120-150	70-80	30-50	40-45
1-3 años	100-120	80-90	40-60	45-50
3-6 años	90-100	9-95	50-65	50-60
6-12 años	75-90	95-100	55-65	55-70

La monitorización invasiva de la presión arterial la realizaremos siempre que sea posible canalizando la arteria radial, y en niños más pequeños, la femoral (neonatos), o umbilical (recién nacidos). El tamaño de la cánula varía de 22 G para los más pequeños hasta el 20 G para los mayores.

La monitorización del gasto cardíaco por un catéter de Swan-Ganz presenta dificultades por el acceso y las complicaciones surgidas por el uso de catéteres de arteria pulmonar (embolismo, roturas, o fracaso ventricular derecho), el tamaño del catéter varía dependiendo de la utilización, siendo en neonatos el más utilizado el de 4 French para vía central y 5 F para catéter de arteria pulmonar. En niños a partir de 8 años, utilizaremos el 7 F. Cada día cobran más importancia las mediciones continuas basadas en la termodilución y el análisis de la onda de la presión arterial (PiCCO), que con una vía central y un catéter arterial especial en femoral, nos informa de la fracción de acortamiento ventricular de forma constante, de las resistencias, del volumen latido y del volumen total intratorácico de sangre y del agua pulmonar extravascular.

Por último una forma de medir la redistribución del flujo, ante situaciones de bajo gasto es valorar la hipoperfusión esplácnica y su redistribución hacia órganos vitales como el corazón, o el cerebro. El desarrollo de los aparatos que miden la oxigenación tisular (NIR) pueden ayudar a identificar situaciones de

bajo gasto cardíaco. Existe un creciente número de estudios que correlacionan estos datos en diferentes zonas del cuerpo (abdomen principalmente) y otros índices de baja perfusión. Esta hipoperfusión precoz podemos captarla también gracias a un tonómetro gástrico (8 F, 150 cm de log, 2,85 mm de diámetro), que mediante la introducción de gas, permite obtener indicadores de acidosis tisular como es la producción de anhídrido carbónico.

BIBLIOGRAFÍA

1. - Holliday M, Segar W. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957;19:823-832
2. - Holliday M, Segar W. Reducing errors in fluid therapy management. *Pediatrics* 2003;111:424-425.
3. - Paut O, Remond C, Lagier P, et al. Evere hyponatremic encephalopathy alter pediatric surgery: report of seven cases and recommendations for management and prevention. *Ann Fr Anesth Reanim* 2000;19:467-473.
- 4.- Steele A, Gowrishankar M, Abrahamson S, et al. Postoperative hyponatremia despite near-isotonic saline infusion: a phenomenon of desalination. *Ann intern Med* 1997;126:20-25
- 5.- Pérez Gallardo A. Líquidos, electrolitos y terapia transfusional. En: *Manual de Anestesiología Pediátrica para médicos residentes* (1ª ed). Madrid. 2001:27-41
6. - Paut O, Lacroix F. recent developments in the perioperative fluid management for the paediatric patient. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006;268-277
- 7.- Reinoso F, García J, Martínez E. Implicaciones específicas de la edad pediátrica para la monitorización anestésica. En : *Monitorización en anestesia, cuidados críticos y medicina de urgencias* (1ª ed). Madrid. 2.004:662-676
- 8.- Deglute CS, Macabeo C, Dubreuil C, Duclaux R, Banssillon V. EEG bispectral index and hypnotic component of Anaesthesia induced by Sevoflurane: comparison between children and adults. *Br J Anaesth* 2001;86:209-212
9. - Davidson AJ. Measuring anesthesia in children using the EEG. *Paediatr Anesth* 2006;16:374-387
- 10.- Murat I, Constant I. Bispectral index in pediatrics: fashion or a new tool?. *Paediatr Anaesth* 2005;15:177-180
- 11.- Aguilar C, Belda J, Perel A. PiCCO plus: monitorización cardiopulmonary mínimamente invasiva. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*, 2008;55:90-101
- 12.- Lamas A, López-Herce J, Sancho L, et al. Bispectral Index and Middle Latency Auditory Evoked Potentials in Children younger than two-years-old. *Anesth Analg* 2008;106:426-432.
- 13.- Mitnacht AJC. Near Infrared spectroscopy in children at high risk of low perfusion. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(3):342-347.
- 14.- Saudan S. Is the use of colloids for fluid replacement harmless in children?. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(3):363-367