

Balance hidroelectrolítico: Manejo en situaciones agudas

Hydro electrolyte balance: Handling in acute situations

José Manuel Freddy Pérez Condori ^{1a}, Guisela Melanie Poma Ibañez ^{1a}, Nirvana Neyza Paco Quispe ^{1b,c}, Laura Pascale Lima Cusi ^{1b}

Resumen

Los fluidos corporales contienen agua y sustancias disueltas, las cuales deben encontrarse en cantidades adecuadas para un correcto funcionamiento del organismo. El principal líquido en el ser humano es el agua, además de electrolitos mismos que se obtienen de la dieta y son indispensables para mantener un equilibrio homeostático, siendo este último propenso a sufrir alteraciones por diversos factores. Los trastornos hidroelectrolíticos pueden surgir de un exceso o déficit de los mismos con un nivel de agua corporal normal, o bien, de un exceso o defecto relativo; cuya corrección es práctica médica común en la atención de pacientes con enfermedades agudas. Para efectos prácticos se recopilará información de las principales alteraciones hidroelectrolíticas más frecuentes en la práctica clínica, realizando una búsqueda en las bases de datos de: Uptodate, Pubmed, SciELO y Elsevier; en español e inglés realizados en EEUU, Europa y Latinoamérica. Finalmente se dará a conocer información sintética sobre el balance de líquidos, electrolitos y su manejo en situaciones agudas, buscando de esta manera reducir los errores en el manejo de los líquidos intravenosos, los cuales son comunes, han sido atribuidos a un entrenamiento y conocimiento inadecuado.

Abstract

Body fluids contain water and dissolved substances, which must be in adequate amounts for proper functioning of the body. The main liquid in humans is water, in addition to the same electrolytes that are obtained from the diet and are indispensable to maintain a homeostatic balance, the latter being prone to alterations by various factors. Hydroelectrolytic disorders may arise from an excess or deficit of them with a normal body water level, or a relative excess or defect; common medical practice in the care of patients with acute diseases. For practical purposes information will be collected on the main hydroelectrolytic alterations most common in clinical practice, conducting a search in the databases of: Uptodate, Pubmed, SciELO and Elsevier in Spanish and English in the US, Europe and Latin America. Finally, synthetic information is released on the balance of liquids, electrolytes, and their handling in acute situations, thus seeking to reduce errors in the management of intravenous fluids, which are common, and have been attributed to inadequate training and knowledge.

Palabras clave:

Equilibrio hidroelectrolítico, desequilibrio hidroelectrolítico, fluidoterapia, soluciones cristaloides.

Keywords:

Water-electrolyte balance, water-electrolyte imbalance, fluid therapy, crystalloid solutions

INTRODUCCIÓN Y/O ANTECEDENTES

Los líquidos y electrolitos se encuentran en constante cambio, los mismos son regulados por el organismo para mantener un volumen circulante efectivo y osmolaridad plasmática adecuada, entre estos reguladores se encuentran los riñones, los cuales juegan un papel importante porque pueden ajustarse a grandes variaciones, mediante el balance del agua y excreción de electrolitos; pero en situaciones patológicas esta regulación se ve alterada, produciendo trastornos hidroelectrolíticos.^{1,2}

Los trastornos hidroelectrolíticos no constituyen una enfermedad por sí mismos, no obstante, son una consecuencia de múltiples enfermedades, el diagnóstico de los mismos se ve complicado por los inespecíficos

síntomas y hallazgos en el examen físico^{3,4}. El tratamiento consiste en realizar un adecuado manejo de los líquidos intravenosos, cuya práctica médica es común en la atención de pacientes con enfermedades agudas. Sin embargo, aún existen errores en el manejo de los líquidos intravenosos, los cuales son comunes y han sido atribuidos a un entrenamiento y conocimiento inadecuados, cuya consecuencia pone en riesgo la vida del paciente.⁴

El objetivo de este artículo es recopilar información de las principales alteraciones hidroelectrolíticas en la práctica clínica, para ayudar al médico y al estudiante de medicina en la comprensión y manejo agudo de las mismas. Esta revisión no pretende reemplazar las guías existentes y bibliografía disponible, sino brindar información sintética del tema abarcando la mayor información en un solo documento.

¹ Estudiantes de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz Bolivia

^a Medico interno de pregrado (MIP)

^b Estudiante de quinto año de medicina

^c Auxiliar de Docencia de la Catedra de Parasitología Humana

Correspondencia a:

José Manuel Freddy Pérez Condori

E-Mail:

jose.manuel.perez.2396@gmail.com

Telf. y Celular:

+591 65586750

Recibido:

31 de mayo de 2020

Aceptado:

21 de agosto de 2020

cientifica.umsa.bo

Fuente de Financiamiento
Autofinanciado

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la realización de este manuscrito.

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos de: Uptodate, Pubmed, SciELO y Elsevier; en español e inglés realizados en EEUU, Europa y Latinoamérica, además de textos didácticos para una comprensión sistematizada dirigido para estudiantes de pregrado que son utilizados con frecuencia en nuestro medio. Se excluyeron artículos que fueron publicados hace más de diez años, manejo del balance hidroelectrolito en pacientes críticos, quemados, cardiopatas y nefrópatas. Las palabras clave de búsqueda fueron: balance hidroelectrolítico, desequilibrio hidroelectrolítico, fluidoterapia y soluciones cristaloides.

DESARROLLO

Para el desarrollo y mejor comprensión, debemos conocer las definiciones de: electrolitos, osmolaridad, solución o líquidos endovenoso.

Los electrolitos son sustancias que producen iones al disolverse en agua o líquidos corporales, cuya solución conduce electricidad, entre ellos tenemos al Na^{+1} , K^{+1} , Cl^{-1} , Ca^{+2} , Mg^{+2} ; cada uno de estos iones se mide en términos de un equivalente (Eq), este representa 1 mol de una sustancia ionizada dividida entre su valencia. Las concentraciones de electrolitos presentes en los líquidos corporales y en los líquidos intravenosos que se administran a un paciente con frecuencia se expresan en miliequivalentes por litro (mEq/L) de disolución.^{1,5}

La osmolaridad describe el número de las partículas osmóticamente activas contenidas en una disolución, expresada en osmol o miliosmol por litro de disolvente, por lo que, un osmol representa el número de moles de una sustancia química que contribuyen a la presión osmótica de una disolución^{5,6}. En términos de los solutos medidos clínicamente, la osmolalidad total y efectiva del plasma se puede calcular (Tabla 1).

Tabla 1. Formulas: Balance hidroelectrolito

Nombre	Descripción	Aclaración
Osmolaridad plasmática ⁵ (mOsm/L)	$2 \times Na^{+1} + \text{glucosa (mg/dl)} / 18 + \text{NUS (mg/dl)} / 2,8$ $2 (Na^{+1} + K^{+1}) + \text{Glucosa (mmol/L)} + \text{Urea (mmol/L)}$	Si el valor proporcionado es Urea el valor a dividir es 6,8
Osmolaridad efectiva ⁶ (mOsm/L)	$2 \times Na^{+1} + \text{glucosa (mg/dl)} / 18$	
Porcentaje de pérdida de peso ²¹ (%)	$\% \text{ Pérdida de peso} = \text{Peso perdido} \times 100 / \text{Peso original}$	
Pérdida total del volumen ²¹ (ml)	$\text{Pérdida total del volumen} = \% \text{ Pérdida de peso} \times \text{peso actual} / 100$	
Deficit de sodio ²¹ (mEqClNa)	$(Na^{+1} \text{ plasmático normal} - Na^{+1} \text{ plasmático medido}) \times 0,6 (\text{peso corporal Kg})$ $(Na^{+1} \text{ plasmático deseado} - Na^{+1} \text{ plasmático encontrado}) \times 0,6 (\text{peso de agua corporal Kg})$	En mujeres el calculo se realiza multiplicando 0,5 en peso de agua corporal total Calculo para hiponatremia sin hipovolemia
Deficit de agua ³⁵ (ml)	$0,6 \times \text{peso (kg)} \times ([Na^{+1}] \text{ plasmático} - 140) / 140$	
Tratamiento de la hipokalemia ³⁸	$K^{+1} \text{ ideal} - K^{+1} \text{ real} \times 0,4 \times \text{Kg} + \text{Requerimiento basal} / 24 \text{ horas}$	
Calcio corregido ⁹	$\text{Calcio medido (mg/dl)} - 0,8 \times [\text{albumina (mg/dl)} - 4]$	

Fuente: Elaboración propia

Las soluciones o líquidos intravenosos sirven para conservar el volumen extracelular y a la vez mantener el equilibrio electrolítico normal. La prescripción de líquidos intravenosos puede simplificarse si los médicos se basan sistemáticamente en las 5 R: Reanimación, Rutina de mantenimiento, Redistribución, Reemplazo y Reevaluación⁷. La reanimación si es necesario, se continua con la rutina de mantenimiento, el mismo deberá ser ajustado (redistribución) para finalmente realizar el reemplazo y evaluación, con el objeto de minimizar los riesgos de efectos adversos como la sobrecarga de líquido, la hipovolemia y los trastornos electrolíticos.^{7,8}

El agua corporal total constituye cerca del 60% del peso corporal total en el hombre y del 55% en la mujer. Aunque la distribución del agua corporal no es uniforme, este ocupa los compartimientos intra y extracelular, este último se subdivide en líquido intersticial y plasma, (Figura 1). La composición aproximada de sustancias en ambos compartimientos es de vital importancia (Tabla 2).

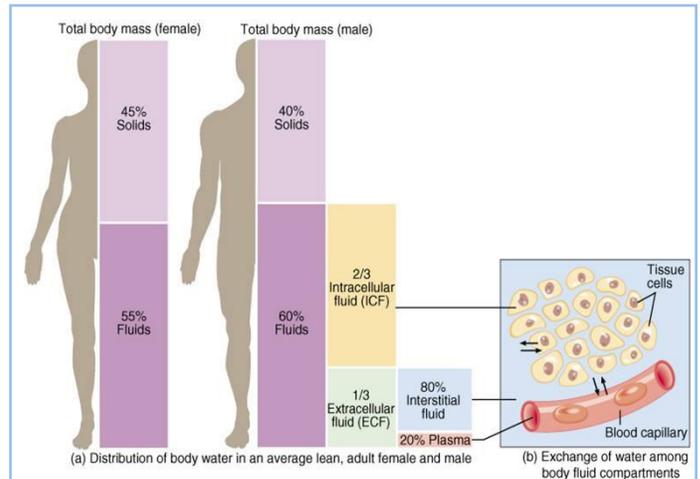


Figura 1. Distribución del agua corporal en un adulto promedio (masculino y femenino)
Fuente: Wiley and Sons. Introduction to the Human Body. 7 Edition; 2007.

Tabla 2. Composición aproximada del Líquido intracelular y extracelular

		Líquido extracelular (LEC)	Líquido intracelular (LIC)
Cationes	Sodio	140 mmol/L	10 mmol/L
	Potasio	4 mmol/L	140 mmol/L
	Magnesio	1,5 mmol/L	30 mmol/L
	Calcio (libre)	2,5 mmol/L	0,1 mmol/L
Aniones	Cloro	100 mmol/L	4 mmol/L
	Bicarbonato	27 mmol/L	10 mmol/L
	Proteínas	2 g/dl	16 g/dl
	Fosfatos	2 mmol/L	60 mmol/L
Glucosa		5,5 mmol/L	0.01 mmol/L

Fuente: Robert K, Murray MD, Darly K, Granner. Harper Bioquímica ilustrada. 30a Ed. McGraw-Hill Interamericana Editores SA de CV; 2018:460.

Requerimiento básico, consideraciones generales:

Ingresos y egresos por día, en condiciones normales: En un adulto normal son:

Ingresos: Por la ingesta de agua; pero además existen otras

fuentes de suministro de agua en la dieta, como las frutas y verduras, además del agua generada por la oxidación de carbohidratos.⁸

- Agua ingerida en un promedio de 1600 ml, agua proveniente de los alimentos 500 - 800 ml, agua producto de la oxidación de carbohidratos 300 ml.⁸⁻⁹

Egresos:

- Pérdidas sensibles, orina 800-1500 ml, heces 200 - 250 ml. Pérdidas insensibles, 600 ml: piel en un 75% y pulmones en 25%. Los cuales pueden incrementar ante la presencia de fiebre, hipermetabolismo e hiperventilación.⁹

Debe mantenerse un equilibrio entre la ingesta y la pérdida de agua. A continuación, se detalla el intercambio de agua de un varón de 60-80 Kg. (Figura 2)

VÍAS	VOLUMEN DIARIO PROMEDIO (ml)	MÍNIMO (ml)	MÁXIMO (ml)
Ganancia de agua:			
Sensible:			
Líquidos orales	800-1 500	0	1 500/h
Alimentos sólidos	500-700	0	1 500
Insensible:			
Agua de oxidación	250	125	800
Agua de solución	0	0	500
Pérdida de agua:			
Sensible:			
Orina	800-1 500	300	1 400/h
Intestinal	0-250	0	2 500/h
Sudor	0	0	4 000/h
Insensible:			
Pulmones y piel	600	600	1 500

Figura 2. Intercambio de agua (varón de 60 a 80 Kg).

Fuente: Schwartz. Principio de Cirugía. Manejo de líquidos y electrolitos en el paciente quirúrgico. 10a ed. México: Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA; 2015. 68.

Balance hídrico: Es la diferencia de los ingresos menos los egresos totales diarios. El cual puede ser:¹⁰

- Normal o neutro: los ingresos son iguales a los egresos.
- Positivo: los ingresos son mayores que los egresos. Ya sea por una retención de líquidos o exceso de hidratación.
- Negativo: los egresos son mayores que los ingresos. Ya sea por deshidratación o desnutrición.

Cálculo de necesidades basales de agua y electrolitos (en condiciones normales): En el adulto joven los requerimientos basales de agua y electrolitos son:¹¹

Agua	35 ml/Kg/día
Sodio	1 mmol/Kg/día
Potasio	1 mmol/Kg/día
Cloro	1.5 mmol/Kg/día
Bicarbonato	0.5 mmol/Kg/día
Magnesio	0,25 mmol/Kg/día ¹²

Composición de las soluciones parenterales cristaloides más usadas, indicaciones y contraindicaciones.

Según el libro de Schwartz, principio de Cirugía, 10ª edición, en el capítulo 3, manejo de líquidos y electrolitos en el paciente quirúrgico, página 76, cuadro 3-12, se menciona la composición de las soluciones

parenterales cristaloides más comunes, a las cuales se adjunta información de las indicaciones, contraindicaciones, reacciones adversas y aclaraciones, las cuales se investigaron en las fuentes mencionadas.⁹ (Tabla 3)

Depleción de volumen o deshidratación

También denominado déficit del volumen extracelular o disminución del volumen plasmático efectivo. En sentido estricto, el término deshidratación significa pérdida de agua solamente y la depleción del volumen significa pérdida de agua y electrolitos, particularmente sodio. La pérdida del peso corporal es indicador importante para evaluar la volemia²¹. Las manifestaciones clínicas dependen del espacio corporal afectado y el grado de deshidratación. Entre los signos de deshidratación extracelular se encuentran: frialdad en la piel, llenado capilar lento, taquicardia, pulsos débiles, hipotensión arterial, signos del pliegue, ojos hundidos, mucosas secas, etc. Entre los signos de deshidratación intracelular, fundamentalmente del sistema nervioso central, se mencionan a la irritabilidad, hiperreflexia, temblores, hipertonia, convulsiones y coma.²²

Para el cálculo primero, determinar el porcentaje de pérdida de peso, segundo determinar la pérdida total del volumen. (Tabla 1). El resultado del cálculo de la pérdida total del volumen calculado se multiplica por un tercio, que representa el agua corporal del espacio extracelular, por lo tanto, se deberá administrar el volumen de líquidos calculado en las primeras 8 horas. En las próximas 16 horas se administrará el restante^{21,23}. El objetivo terapéutico es restablecer la normovolemia. La solución más adecuada de reanimación es la salina isotónica (NaCl al 0.9%; 154 mEq de Na⁺).²⁴

Alteraciones del balance de sodio

El sodio es el catión más abundante en el líquido extracelular, oscila entre 135 y 145 mEq/l. Es el determinante principal de la osmolalidad del líquido extracelular, de manera que desempeña una función clave en el control de la distribución del agua y en el equilibrio hídrico en todo el cuerpo.²⁵

La clasificación del desbalance de este ion se divide en dos grandes grupos:

Hiponatremia: Es la concentración plasmática menor a 135 mEq/L, adquiere valor clínico cuando los valores son <130 mEq/L y estados críticos valores < 120 mEq/L.²⁶ Este representa un exceso relativo de agua en relación al sodio, causado por la ingesta excesiva de agua o excreción alterada de agua, por ejemplo, insuficiencia renal avanzada o la liberación persistente de hormona anti-diurética.²¹

La clasificación toma en cuenta diferentes parámetros; como la natremia, la velocidad de desarrollo, la gravedad de los síntomas, la osmolaridad sérica y el estado de volumen²⁷. El enfoque del tratamiento se basa generalmente en los síntomas neurológicos que amenazan la vida del paciente como por ejemplo convulsiones, somnolencia, temblores, vómitos y coma. Existe un umbral de 48 horas para distinguir entre “agudo” y “crónico”, debido a que el edema cerebral aparece antes de ese umbral.

La hiponatremia sintomática leve aguda se resuelve con un bolo de 100 ml de solución salina al 3%, seguido, si los síntomas aún persisten se recomienda administrar dos dosis adicionales de 100 ml (hasta una dosis total de 300 ml); cada bolo se infunde durante 10 minutos. Un enfoque alternativo recomendado por organizaciones europeas, es

Tabla 3. Composición de las principales soluciones intravenosas

Solución	Composición hidroelectrolítica (mEq/L)	Indicación	Contraindicación	Posible alteración/Reacciones adversas	Aclaración
Ringer Lactato (HARTMANN)	Na 130 Cl 109 K 4 HCO ₃ 28 Ca 3 mOsm 273 (130 mEq de lactato)	"Pérdidas gastrointestinales". ⁹ Patología de base originada por pérdida de agua y bases, como resultado de acidosis metabólica, deshidratación isotónica, déficit de volumen extracelular, vómito, diarrea, pacientes post operados con hipovolemia. ^{9,13,14,20} Acidosis por coma diabético, fístulas, exudados, cirugía, traumatismos, quemaduras y estado de choque. ¹⁴	"Alcalosis grave e hipercalce-mia". - Corrección de alteraciones electrolíticas graves. - No se recomienda durante el embarazo y lactancia. - Usar con precaución en HTA, insuficiencia cardíaca, patología cardiopulmonar, edema periférico y edema pulmonar, insuficiencia renal grave. ¹⁴	En exceso puede producir edema pulmonar en personas con patología cardiovascular o renal. ¹⁴	"El lactato se metaboliza a bicarbonato". - El lactato es más estable en líquidos intravenosos en almacenamiento. ⁹ - Durante su administración, debe vigilarse cuidadosamente la presión arterial y la diuresis para no producir sobrecarga del sistema circulatorio. ¹⁴
Cloruro de sodio al 0.9%	Na 154 Cl 154 mOsm 308	Déficit del volumen extracelular. ⁹ - Corrección de los déficits de volumen con hiponatremia, hipocloremia y alcalosis metabólica. ⁹ - Acidosis diabética, pérdidas gastrointestinales, insuficiencia adrenal y quemaduras. - Deshidratación hipotónica con hiponatremia real. - Alcalosis hipoclorémica. - Para solubilizar y administrar medicamentos por venoclisis. ¹⁵	Reemplazo de pérdidas de agua. - En infantes o niños, ya que es muy concentrada, en ellos se debe utilizar soluciones hipotónicas. ¹³ - Hipernatremia o retención de líquidos. - Administrar con precaución en pacientes con insuficiencia renal grave, patología cardiopulmonar, hipertensión intracraneal con o sin edema. - Corrección de grandes deficiencias de electrolitos. ¹⁵ - Se debe administrar con precaución en HTA, estados edematosos y cardiopatías. ²⁰	Acidosis metabólica hiperclorémica ⁹ o acidosis dilucional. ¹³ - Si se administra en exceso podría producir edema, hiperosmolaridad extracelular. ¹⁵	El término "fisiológico" no es correcto, ya que las concentraciones de electrolitos en mEq/L del líquido extracelular son: Sodio 142, cloro 103, potasio 4, bicarbonato 27, calcio 5, magnesio 3, con 280-310 mOsm; lo cual es diferente a las concentraciones de sodio y cloro en la solución de cloruro de sodio al 0.9%, ambos 154 mEq/L. ⁹
Glucosada al 5% en cloruro de sodio al 0.45%	Na 77 Cl 77 mOsm 407	"Pérdidas gastrointestinales, cuyos cuadros estén en curso y en el posoperatorio para conservar el tratamiento con líquidos". ⁹ - Pérdidas insensibles. ¹³ - Mantenimiento de los requerimientos de un enfermo no complicado que requiere un corto periodo de soluciones parenterales. - Deshidratación isotónica que requiere aporte calórico y electrolítico, acidosis moderada, hipovolemia. ¹⁶	Acidosis hiperclorémica, hiperlactatemia, edema cirrótico y ascitis cirrótica, hiperglucemia, diabetes descompensada, coma hiperosmolar, alteración en los electrolitos como hipercloremia e hipernatremia; HTA; hipertensión intracraneal con edema cerebral; ICC; edema pulmonar, insuficiencia respiratoria aguda; intolerancia a la glucosa; retención de sodio, retención hídrica; traumatismo craneal o con antecedentes recientes. ¹⁶	ICC, trastorno hidroelectrolítico. Poliuria. ¹⁶	Como se trata de una solución de cloruro de sodio hipotónica, puede producir lisis de eritrocitos, por ello se administra juntamente con glucosa. Se puede añadir potasio cuando exista una función renal y diuresis adecuadas. ⁹
Glucosada al 5% en agua	mOsm 253	Cuando se necesite administrar agua sin sodio, en deshidratación hipertónica donde exista hipernatremia. ¹⁷ - Hipoglicemia o cetoacidosis en ayunas. ⁸ - Se debe administrar con insulina en pacientes que presentan hiperkalemia, pero que no tengan hiperglicemia; ya que la insulina media la entrada de potasio en las células, por lo cual la concentración de potasio sérico disminuirá. ⁸	Hemodilución, intoxicación acuosa o alcalosis. En todos los casos se restringirá su empleo en pacientes edematosos, con o sin hiponatremia; también en insuficiencia cardíaca con o sin; en pacientes oligoanúricos con hidratación adecuada. ¹⁷ - Diabetes mellitus o hipokalemia no controlada. ⁸ - Enfermedad de Addison no tratada y etilismo crónico. ²⁰	Tromboflebitis, poco frecuente. ¹⁷	También existen presentaciones de 2.5, 5, 10, 20 y 50%. ¹³ * Cada gramo de dextrosa produce 4 cal, por lo que una solución a 5% en 1 L equivale a 50 g y produce 200 calorías. ¹³
Cloruro de sodio al 3%	Na 513 Cl 513 mOsm 1026	Intoxicación por agua, donde existe pérdida severa de sodio y un exceso de agua, donde la presión osmótica del agua extracelular aumenta. ¹³ - Hiponatremia verdadera y sintomática. ^{18,20} - Shock hemorrágico. - Grandes quemados. - TCE con edema cerebral de grado grave. ¹⁸ - Hipertensión intracraneal con edema cerebral. ²⁰	Hiponatremia dilucional, pseudohiponatremia. HTA, cardiopatías. Además de cuadros con presencia de edemas. ²⁰	Puede producir flebitis, aumento del volumen intravascular y edema pulmonar agudo si no se controla la cantidad de líquidos y volumen a administrar. ^{13,18} Complicaciones: ¹⁸ - Hipernatremia - Acidosis metabólica hiperclorémica. - Deshidratación cerebral con hemorragia intracranial. - Hipokalemia. - Mielinolisis pontica por cambio abrupto de sodio. Edema pulmonar en cardiopatías.	Al ser una solución hipertónica produce plasmólisis, como hay mayor cantidad de soluto en el medio externo y una menor presión osmótica dentro de la célula, ésta tiende a perder agua; para tratar de igualar la presión osmótica tanto del medio externo como interno. ¹⁸ Reduce el volumen de líquido intravenoso requerido para mantener a los pacientes sometidos a cirugía, pero aumenta transitoriamente el sodio sérico, por lo tanto, puede beneficiar a los pacientes que se someten a una intervención quirúrgica, no dejando a los pacientes con una carga de líquido excesiva en el periodo posoperatorio por tratar de controlar la presión arterial con volúmenes grandes de otros líquidos. ¹⁹

Fuente. Elaboración propia

tratar con dos infusiones de bolo de 150 ml de solución salina al 3 por ciento, cada una administrada durante 20 minutos, midiendo el sodio sérico entre infusiones.²⁸

Entre otras posibilidades está la administración de solución salina hipertónica al 3% (513 mEq), esta logrará incrementar el líquido extracelular en 1 a 2 mEq/L, será necesario incorporar un diurético de asa como la furosemida para inducir un balance negativo de agua. El cálculo del déficit de sodio con el método tradicional, $\text{déficit Na}^+ = [(\text{Na}^+ \text{ plasmático normal} - \text{Na}^+ \text{ plasmático medido}) \times 0.6 (\text{peso kg})]$ este último dato (peso Kg) se reemplaza por 0.5 en el caso de una mujer. La administración de un 10% (10 a 12 mEq/L) será suficiente en las primeras 24 horas, no deberá ser incrementada más de 0.5 mEq/L, y en las hiponatremias severas no deberá sobrepasar los 125 mEq/L durante las primeras 24 horas. Cuando el sodio llega a 125 mEq/L, la terapia pasa solo a restricción de agua. Deberá vigilarse cada 2 a 4 horas para evaluar la eficacia.^{21,29}

El cálculo de reposición en la hiponatremia sin hipovolemia se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:^{21,29} (Tabla 1)

El cálculo en la hiponatremia sintomática.

Ej. Paciente femenino de 68 Kg con una natremia de 115mEq/L.

El aumento deseado es 10%

$$\begin{array}{l} 115 \text{----} 100\% \\ X \text{----} 10\% \end{array}$$

$$X = 11.5 \text{ mEq}$$

$$\begin{aligned} 115 + 11.5 &= 126.5 \text{ mEq Na}^+ \\ \text{mEq ClNa} &= (\text{Na}^+ \text{ plasmático deseado} - \text{Na}^+ \text{ plasmático encontrado}) \\ &\quad \times 0.6 (\text{peso corporal Kg}) \\ \text{mEq ClNa} &= (126.5 - 115) \times 0.5 \times 68 \\ \text{mEq ClNa} &= 391 \text{ mEq Na}^+ \end{aligned}$$

Se disuelven 3 ampollas de cloruro de sodio (cada ampolla de 10 mL y 35 mEq de Na⁺) en 60 mL de dextrosa al 5% (100 mL de agua + 105 mEq de Na⁺). Infundir en 3 horas = 34 mL/h 35.7mEq/h

35.7 mEq de Na⁺ distribuidos en 34 litros de Agua Corporal Total 1.05 mEq/h

Luego continuar las restantes 21 horas con la administración de solución salina más 4 ampollas de cloruro de sodio 1000 mL agua y 294 mEq de Na⁺ (154mEq de solución salina y 140mEq de Na⁺ de las 4 ampollas)

Infundir los 1000 mL en 21 horas a 47mL/h 13.8 mEq/h

13.8 mEq/h distribuidos en 34 litros de Agua Corporal Total 0.40 mEq/h

En las tres primeras 3 horas se llegó 3.15 mEq y las restantes 21 horas 8.4 mEq con un total de 11.5 mEq de sodio calculado para 24 horas.

La corrección rápida de la hiponatremia podría dar lugar a mielinólisis pontina, con convulsiones, debilidad, paresias, movimientos acinéticos y falta de respuesta; además es posible que resulte en daño cerebral permanente y finalmente la muerte.³⁰

Hipernatremia: La concentración plasmática mayor a 145 mEq/L resulta de una pérdida de agua (con mayor frecuencia) o mayor aporte de sodio (raro), además de presentarse en pacientes críticos, siendo el valor mayor a 160 mEq/L.^{26,31} Dependiendo del volumen del líquido extracelular, la hipernatremia se presenta con hipovolemia por pérdidas renales o extrarrenales, con hipovolemia debida a un aporte excesivo de sustancias hipertónicas (como la ingesta de agua de mar) o con normovolemia, como en la diabetes insípida.³²

La hipernatremia aguda se presenta, en un intervalo de tiempo < 48

horas, con anorexia, náuseas, contracturas musculares, irritabilidad, náuseas y letargia. En cambio, la hipernatremia crónica tiene un tiempo de instauración >48 horas y se presenta con espasticidad, hiperreflexia, temblor, corea y ataxia.³³

Por seguridad la velocidad de corrección debe ser menor a 1 mEq/h, no administrar más de 45% del déficit calculado de agua (Tabla 1), salvo que los controles analíticos lo permitan. No obstante, hay que evitar que la corrección sea mayor a 10 mEq/L.^{34,35}

El enfoque de la terapia requiere administración de fluidos tanto para corregir el déficit hídrico como para reemplazar las pérdidas continuas de agua. La hipernatremia aguda es poco frecuente y ocurre en pacientes con intoxicación por sal; en pacientes con diabetes insípida que pierden agudamente la capacidad de reemplazar sus pérdidas de agua. El régimen inicial es la administración de cinco por ciento de dextrosa en agua, por vía intravenosa (IV), a una velocidad de 3 a 6 ml/Kg/hora. El sodio sérico y la glucosa en sangre deben controlarse cada dos a tres horas hasta que el sodio sérico baje menos de 145 mEq/L. Una vez que la concentración sérica de sodio ha alcanzado 145 mEq/L, la velocidad de infusión se reduce a 1 mL/Kg/hora y continúa hasta que se restablece un sodio sérico normal (140 mEq/L). El objetivo de este régimen es reducir el sodio en 1 a 2 mEq/L por hora y restaurar un sodio sérico normal en menos de 24 horas. Los pacientes con diabetes insípida requerirán terapia con desmopresina.³⁶

Las complicaciones más frecuentes en el tratamiento de la hipernatremia son: edema agudo pulmonar por sobrecarga hídrica, infarto cerebral, insuficiencia renal aguda, edema cerebral, mielinólisis pontina o extrapontina, alteraciones electrolíticas (hipocalcemia, hipomagnesemia, hipocalcemia, hiponatremia) e hiperglucemia.³⁷

Potasio

Principal electrolito intracelular, la concentración plasmática oscila entre los 3.5 - 5 mEq/L, se elimina en un 90% por la orina y el otro 10% por vía digestiva^{9,22}. Su importancia radica en la excitación de fibras musculares tanto lisas como estriadas, una alteración en su concentración tendrá efectos negativos en los mismos, siendo el corazón el órgano más afectado.^{22,36}

Hipopotasemia Concentración plasmática de K⁺ menor a 3.5 mEq/L^{9,22,35-38}. Entre las principales causas se encuentra: Pérdida por vía gastro-intestinal (vómitos y diarrea) y renal(diuréticos), disminución de ingesta y entrada de K⁺ plasmático a las células.^{9,22,36}

Los signos y síntomas son inaparentes, estos se manifiestan cuando su concentración es menor a 3 mEq/L³⁶, entre las principales manifestaciones clínicas se encuentran: disfunción muscular, arritmias cardíacas y alteraciones en el electrocardiograma.^{9,22,36}

Tratamiento: el enfoque de este artículo se encuentra en relación a las soluciones, por lo que se citara la reposición parenteral. El uso de K⁺ IV está recomendado en déficit moderado, severo y crítico, buscando como objetivo elevar el potasio a niveles seguros (2,8-3.2 mEq/L)³⁷ y en las siguientes condiciones^{9,22,35-38}:

- No se pueda cumplir con el tratamiento por vía oral
- Sospecha de íleo paralítico
- K⁺ < 2.5 a 3 mEq/L.
- Arritmias, infarto de miocardio

No existe una fórmula precisa para determinar el déficit de potasio ya que en su mayoría es intracelular, por lo cual se hace la siguiente estimación: por cada 0.27 mEq de disminución de K⁺ sérico, disminuye 100 mEq de K⁺ corporal total y con una pérdida de 2 mEq de K⁺ sérico

las reservas corporales descienden en un aproximado de 400 a 800 mEq.^{22,36} Ya para su reposición si existe una fórmula (Tabla 1)³⁸. La manera de reposición por vía periférica es la siguiente: la concentración de K⁺ en la solución no debe de ser mayor a 60 mEq/L, la velocidad de infusión en forma general debe de ser 3-10 mEq/hora con un máximo de 20 mEq/hora. Por vía central la concentración máxima será de 100-120 mEq/L, la velocidad de infusión será a partir de 20 mEq/hora y como máximo 40 mEq/hora.³⁷

Reglas para la buena administración de K⁺ por vía intravenosa:^{9,22,36-38}

- Nunca administrar en bolo.
- La reposición no debe de superar los 200 mEq / día.
- La reposición no debe de ser rápida y siempre con monitorización electrocardiográfica a partir de una velocidad mayor de 10 mEq/hora de infusión
- Siempre diluir en soluciones salinas y no así en glucosadas.
- Utilizar bomba de infusión cuando la concentración de potasio sea mayor de 60 mEq/L.
- Controlar diuresis.
- Ionograma después del tratamiento de 2 - 4 horas para cambiar esquema hasta que la tasa de potasio suba de 3 a 3,5 mEq/L y lo signos y síntomas estén resueltos.

Hiperpotasemia: Concentración plasmática de K⁺ > 5,5 mEq/L.^{22,39,42} Las causas más comunes son el consumo excesivo de K⁺(poco frecuente en pacientes con función renal normal), redistribución del K⁺ y la causa más frecuente es la disminución en la excreción renal.^{22,39,40}. Entre las manifestaciones clínicas más importantes se encuentran las que ocurren en el corazón ya que niveles altos de este electrolito son tóxicos produciendo arritmias, paro cardiaco, fibrilación ventricular entre otros.^{22,39,41}

El tratamiento posee 3 pilares los cuales son: cardio-protección, disminución rápida de K⁺ o favorecer la redistribución de este y eliminación rápida (es el pilar más importante)^{22,39,40}. Nos enfocaremos en los dos primeros pilares, los cuales corresponden al tratamiento de emergencia y con un enfoque en la administración de soluciones IV:

- Cardio-protección: utilizamos el calcio ya que disminuye la excitabilidad cardíaca aumentando el umbral de potencial de acción, el fármaco de preferencia es el gluconato de calcio y la dosis habitual es de 10 ml al 10% por vía IV derecha en administración lenta (2-3 min.), el efecto iniciara 1-2 min. Y durara alrededor de 1 hora^{22,39,40,42}. En pacientes con tratamiento de digitálicos el esquema es el siguiente: 10 ml de gluconato de calcio al 10% diluido en 100 ml de dextrosa al 5% durante 20-30 minutos.⁴⁰
- Redistribución del K⁺: el uso de insulina favorece la entrada de K⁺ a la célula^{22,40}, esta se utiliza sola cuando los niveles plasmáticos de glucosa son iguales o mayores a 250 mg/dl⁴⁰. En general siempre se utiliza la insulina asociada a soluciones glucosadas, el esquema es el siguiente: 10 U de insulina regular (rápida o cristalina) IV, seguidas de 50 ml de dextrosa al 50% (25 g de glucosa en total)^{22,39,40,42}. Se vio que en un 20% de los pacientes desarrollaron hipoglucemias y para evitarlo se recomienda infusión de dextrosa al 10% de 50-75 ml/hora.⁴⁰

Calcio

Ion que se encuentra casi en su totalidad en la matriz ósea y menos de un 1% en el espacio extracelular, este se encuentra en tres formas: unido a proteínas, en forma libre (ionizado) y unido con fosfatos y otros

aniones, la forma ionizada es la más importante ya que en esta radica su importancia como ser: transmisión de señales neuromusculares, participación en la coagulación de la sangre, etc.^{9,22}. Para el correcto diagnóstico ya sea de hipercalcemia o hipocalcemia se debe realizar la corrección de calcio. (Tabla 1)

Hipercalcemia: Ca⁺⁺ sérico mayor 10,4 mg/dl o Ca⁺⁺ ionizado mayor a 5,2 mg/dl⁴⁵. Entre las principales causas está, producción excesiva de la hormona paratiroidea (PTH) por hiperparatiroidismo primario y neoplasias^{22,43}. Las manifestaciones clínicas aparecen con niveles de calcemia mayores a 12-13 mg/dl, entre ellas se menciona al letargo, náuseas, cambios electrocardiográficos entre otros.²²

En crisis de hipercalcemia el tratamiento se basa en reponer el déficit de volumen, disminuir la reabsorción ósea y tratar la enfermedad de base^{9,22,44}, nos enfocaremos en el tratamiento de reposición de déficit de volumen el cual es el siguiente: 200-300 ml/hora de solución salina que posteriormente se regulará para obtener producción de orina de 100-150 ml/hora, solo se asociará diuréticos de asa en caso de pacientes con insuficiencia cardíaca o renal.^{14,22}

Hipocalcemia: Ca sérico menor a 8,8 mg/dl o calcio ionizado menor a 4,7 mg/dl⁴⁶. Las principales causas son: enfermedad renal, déficit de vitamina D, hipoparatiroidismo por destrucción quirúrgica o por radiación entre otras^{22,46}. Las principales y más llamativas manifestaciones clínicas son las siguientes: parestesias, tetania, alteraciones en el electrocardiograma, signo de Trousseau y de Chvostek.^{22,47,48}

En crisis de hipocalcemia se trata con calcio IV tomándose en cuenta los siguientes parámetros: Ca < 7 mg/dl, tetania, intervalo QT prolongado síntomas exacerbados^{46,47}. La infusión de Ca se mantiene hasta que el paciente reciba un tratamiento de calcio y vitamina D efectivos por vía oral.⁴⁷

El esquema para el tratamiento por IV de calcio es el siguiente: gluconato de calcio 1-2 g en 50 ml de dextrosa al 5% o solución salina durante 10-20 minutos, otro esquema consiste en 11 g de gluconato de calcio diluido en solución salina o dextrosa al 5% a una velocidad de 50 ml/hora⁴⁶. Cabe recalcar que conjuntamente con la reposición de calcio debe ir la reposición de magnesio en caso este ultimo existiera⁹.

Magnesio

Catión intracelular, solo el 1% se encuentra en el LEC del cual un 30% se halla unido a proteínas y el 70 % restante se halla en forma libre. Se elimina por vía renal en su mayoría, su función principal es participar como intermediario en procesos metabólicos, formación de ADN, actividad neuromuscular y síntesis de proteínas.^{9,51}

Hipomagnesemia

Concentraciones plasmáticas menor a 1,8 mg/dl⁵². Las principales causas son déficit de ingesta, pérdida gastrointestinal y pérdida renal^{9,49,52}. Las manifestaciones clínicas son similares a las de hipocalcemia como ser, reflejos hiperactivos, temblores, alteraciones cardíacas, tetania, signos de Chvostek y Trousseau.^{9,49-52}

El tratamiento es por vía oral cuando el trastorno es asintomático y leve, pero en pacientes con Mg menor a 1,25 mg/dl o sintomáticos la restitución es por vía parenteral, dichos pacientes deben estar con control electrocardiográfico, el esquema es el siguiente:^{50,52}

- 1-2 g de sulfato de magnesio IV durante 15 minutos en pacientes hemodinamicamente inestables.

- 1-2 gr de sulfato de magnesio diluido en 50 a 100 ml de dextrosa al 5% durante 50 a 60 minutos.

Se debe tener cuidado en pacientes con insuficiencia renal, ya que corren mayor riesgo de padecer una hipermagnesemia, por lo que los esquemas de tratamiento se reducen en un 50% y siempre con control electrocardiográfico.⁵⁰

Hipermagnesemia

Trastorno poco común, se puede presentar en pacientes con insuficiencia renal por consumo de fármacos con Mg. Las manifestaciones clínicas son evidentes con concentraciones mayores de 5 mg/dl, entre estas tenemos a hiporreflexia, hipotensión, alteraciones electrocardiográficas y para cardíaco entre otros.^{9, 54, 55}

El tratamiento en hipermagnesemia leve y moderada consiste en suspender el aporte de Mg, en el caso de la hipermagnesemia grave y con el fin de tratar los síntomas agudos administramos gluconato de calcio de 10 a 20 ml al 10% por vía IV para la cardioprotección. El tratamiento de elección en pacientes con insuficiencia renal es la diálisis.^{9,53-55}

CONCLUSIONES:

Es muy importante conocer el balance de los líquidos y electrolitos, para actuar de manera oportuna y adecuada ante situaciones agudas, consideramos que estos conocimientos deben ser practicados desde pregrado de la carrera de medicina; no está demás decir que el mismo debe ser supervisado. De esta manera se busca reducir los errores en el manejo de los líquidos intravenosos, los cuales son comunes y han sido atribuidos a un entrenamiento y conocimiento inadecuados; asimismo, dejar de lado el empirismo y realizar los cálculos correspondientes para cada paciente.

REFERENCIAS

1. Timberlake, KC. Química general, orgánica y biológica. Estructuras de la vida. 4ª Ed México: Pearson Educación S.A; 2013: 334-7
2. Hurtado Melgar FC, Flores Enríquez JF. Conocimientos sobre la reposición de líquidos y electrolitos en estudiantes de medicina de América Latina, Revista Discover Medicine. 2017; 1(2): 61-63. Disponible en: <https://www.revdiscovermedicine.com/index.php/inicio/article/view/49>
3. De la Cal Ramírez MA, Ceballos Guerrero M, Fernández-Cañadas Sánchez JM, Muñoz Guillén NM. Alteraciones de los electrolitos en urgencias fisiopatología clínica diagnóstico y tratamiento. Disponible en: <https://www.semesandalucia.es/wp-content/uploads/2014/07/electrolitos-en-urgencias.pdf>
4. Frost P. Intravenous fluid therapy in adult inpatients. BMJ 2015; 350:7620
5. Barret KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. Ganong Fisiología Médica. 24ª Ed. McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A; 2016: 7-12
6. Boron WF, Boulpaep EL. Fisiología médica. 3ª Ed. Elsevier España, S.L.U; 2017:123-127
7. Moritz ML, Ayus JC. Maintenance Intravenous Fluids in Acutely Ill Patients. New England Journal of Medicine 2015; 373:1350-60.
8. Sterns R. Maintenance and replacement fluid therapy in adults. UpToDate [Internet]. 2020. [citado el 16 de mayo de 2020]; Tema 2296. Versión 21. 1. 1-2. Disponible en: <https://www.uptodate.com/>

contents/maintenance-and-replacement-fluid-therapy-in-adults

9. Schwartz. Principio de Cirugía. Manejo de líquidos y electrolitos en el paciente quirúrgico. 10a ed. México: Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA; 2015. 68.
10. De Los Ángeles Arteaga F, Otiniano J. Nivel de conocimiento relacionado con el manejo del balance hídrico en enfermeras del servicio de medicina del hospital regional docente de Trujillo 2017. [Tesis de Licenciatura en Enfermería] Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Enfermería; 2017.
11. Mérida Vargas D. Guía práctica, para el manejo de líquidos y electrolitos en cirugía. Vol. 3. Bolivia. 1997. 4-5.
12. Padilla A. [internet]. Colombia. Universidad Libre Seccional Barranquilla; 2011 [citado 25 de junio del 2020]. Administración de líquidos y electrolitos en adultos; 1-7. Disponible en: <http://s1e181b62664a5fde.jimcontent.com/download/version/1428694658/module/5143343517/name/ADMINId=90371017>
18. Morales E. Slideshare [Internet]. Perú: In Slideshare; 2016 [citado el 25 de mayo de 2020]. Pro y contra de las soluciones hiperosmolares, la solución salina hipertónica superior al manitol, CICAT-SALUD; [26-33]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cicatsalud/pro-y-contra-de-las-soluciones-hiperosmolares-la-solucion-salina-hipertnica-superior-al-manitol-cicatsalud>
19. McAlister V., EA Burns K., Znajda T., Church B. Hypertonic saline for peri-operative fluid management. Library Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet] [citado el 25 de mayo de 2020]. 2010; Número 1. Disponible en: https://www.cochrane.org/es/CD005576/ANAESTH_solucion-salina-hipertonica-para-el-manejo-de-liquidos-perioperatorios
20. Gata. M. cima.amps. [Internet]. España: SES Gerencia del centro de Salud de Nadajaoz.; 2012 [citado el 26 de mayo de 2020]. Sueroterapia en Urgencias. Curso Urgencias MIR.; [aprox. 2 pantallas]. Disponible en: <http://www.enfermeriaaps.com/portal/download/FLUIDOTERAPIA/Sueroterapia%20en%20urgencias.pdf>
21. Rengel F. Apuntes sobre Fisiopatología de la inflamación. 1ª ed. Bolivia: CIMA; 2004.
22. Longo DL, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Jameson JL, Loscalzo J, editores. Harrison: Principios de medicina interna. 20ª ed. México: McGraw-Hill; 2018.
23. Prieto J, Yuste J. Balcells La Clínica y el laboratorio. 23ª ed. España: Gea Consultoría Editorial; 2017.
24. Sterns R. Resumen del tratamiento de la hiponatremia en adultos. UpToDate [Internet]. 2018 [citado el 16 de mayo de 2020]; pág 10. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/overview-of-the-treatment-of-hyponatremia-in-adults/print?search=requerimiento de líquidos y electrolitos&source=search_result&selectedTitle=5~150&usage_type=default&disp1](https://www.uptodate.com/contents/overview-of-the-treatment-of-hyponatremia-in-adults/print?search=requerimiento%20de%20liquidos%20y%20electrolitos&source=search_result&selectedTitle=5~150&usage_type=default&disp1)
25. Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, Annane D, Ball S, Bichet D, et al. Guía de práctica clínica sobre el diagnóstico y tratamiento. Sociedad Española de Nefrología [Internet]. 2017 [citado 20 mayo de 2020] 7;37(4):370-380. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.03.021>
26. Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, et al. Guía de práctica clínica sobre diagnóstico y tratamiento de hiponatremia. Eur J Endocrinol 2014; 170: G1.

27. Andersen D, Billiar T, Charles F, Charles J, Matthews, J, Pollock, Pollock, R, et al. Schwartz Principios de cirugía. Décima Décima edición. México: Mc Graw Hill Education; 2015.
28. Prieto J, Yuste J. Balcells La Clínica y el laboratorio. 23ª ed. España: Gea Consultoría Editorial; 2017.
29. Albalate M, Alcázar R, De Sequera P. Capítulo 9 Alteraciones del sodio y del agua. Revista Nefrológica[Internet]. 2012 [citado 21 mayo de 2020]Pág. 174.Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com>
30. Ceballos M, De la Cal Ramírez M, Dueñas JM, Fernández JM, Muñoz N, Nieves M, et al. MANEJO AGUDO DE LOS TRASTORNOS ELECTROLÍTICOS Y DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE. 2da ed. España.Disponible en: www.semesandalucia.es
31. Albalate M, Alcázar R, De Sequera P. Capítulo 9 Alteraciones del sodio y del agua. Revista Nefrológica[Internet]. 2012 [citado 21 mayo de 2020] Pág. 177. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com>
32. Alfaro C, Lavilla J. ALTERACIONES DEL SODIO. Clínica Universidad de Navarra [Internet]. 2018 [citado el 22 de mayo del 2020]Pág. 37. Disponible en: <https://www.cun.es>
33. Sterns R, Hoorn, E. Tratamiento de hipernatremia en adultos. UpToDate [Internet]. 2019 [citado el 20 mayo de 2020]: Pág 2. Disponible en:[https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-hypernatremia-in-adults/print?search=requerimiento de liquidos y electrolitos&source=search_result&selectedTitle=10~150&usage_type=default&display_rank=10](https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-hypernatremia-in-adults/print?search=requerimiento%20de%20liquidos%20y%20electrolitos&source=search_result&selectedTitle=10~150&usage_type=default&display_rank=10)
34. Alcázar R. Algoritmos en nefrología. Vol 1. 1st ed. España: Sociedad española de nefrología; 2011
35. David B. Mount. Manifestaciones clínicas y tratamiento de la hipocalemia en adultos.Uptodate [Internet]. 2019 [citado 18 May 2020]. Disponible en : [https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-and-treatment-of-hypokalemia-in-adults?search=fluido terapia&topicRef=2296&source=see_link](https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-and-treatment-of-hypokalemia-in-adults?search=fluido%20terapia&topicRef=2296&source=see_link)
36. Acevedo J, López F, Cuervo J, Muñoz Y, Estupiñan E, Caballero I, et al. Recomendaciones para el uso seguro de potasio en adultos prevención y tratamiento de la hipokalemia. Unisanitas [internet].2012[citado 18 de mayo 2020]. 15 (2): 28-36. Disponible en: <http://www.unisanitas.edu.co/Revista/43/RECOMENDACIONES%20PARA%20EL%20USO%20SEGURO%20DE%20POTASIO%20EN%20ADULTOS.pdf>
37. Gobierno federal (México).Guía práctica clínica. Catálogo maestro de GPC. México: CENETEC: 13. Disponible: [https://www.google.com/search?q=Las complicaciones en el tratamiento de la hipernatremia incluyen: edema agudo pulmonar, infarto cerebral, insuficiencia renal aguda, edema cerebral, mielinolisis pontina o extrapontina, alteraciones electrolíticas \(hipocalemia, hipomagnesemia, hipocalcemia, hiponatremia\) e hiperglucemia](https://www.google.com/search?q=Las complicaciones en el tratamiento de la hipernatremia incluyen: edema agudo pulmonar, infarto cerebral, insuficiencia renal aguda, edema cerebral, mielinolisis pontina o extrapontina, alteraciones electrolíticas (hipocalemia, hipomagnesemia, hipocalcemia, hiponatremia) e hiperglucemia)
38. Carrasco O. Hipokalemias en el paciente crítico. Cuadernos.2017; 58(2): 50-56
39. Carrasco O.Hiperkalemia. Cuadernos.2018; 24(1): 63-69
40. Mount D. Tratamiento y prevención de la hipercalemia en adultos.ptodate[Internet].2019.[citado 22 May 2020].Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/treatment-and-prevention-of-hyperkalemia-in-adults/print?search=hiperkalemia&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
41. Mount D. Manifestaciones clínicas de hipercalemia en adultos. Uptodate.[Internet].2020.[citado 22 May 2020].Disponible en : https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-of-hyperkalemia-in-adults?search=hiperkalemia&source=search_result&selectedTitle=3~150&usage_type=default&display_rank=3
42. Bernasconi A, Zotta E, Ortemberg M, Albarracin L, Musso C, Koland I, et al. Trastornos del potasio: Herramientas diagnósticas y terapéuticas.Renal.[Internet].2013.[citado 22 May 2020].Disponible en: <file:///C:/Users/user/Downloads/153-559-1-PB.pdf>
43. Shane E. Enfoque diagnóstico de la hipercalcemia. Uptodate. [Internet].2020[citado 29 may 2020].Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/diagnostic-approach-to-hypercalcemia?search=hipercalcemia&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
44. Shane E. Tratamiento de hipercalcemia.Uptodate.[internet].2020. [citado 29 May].Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-hypercalcemia/print?search=hipercalcemia&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2
45. Lewis J. Hipercalcemia. Msdmanuals.[internet]2018.[citado 29 May]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/trastornos-electrol%C3%ADticos/hipercalcemia>
46. Lewis J. Hipocalcemia. Msdmanuals.[internet].2018.[citado 29 May]disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/trastornos-electrol%C3%ADticos/hipocalcemia>
47. David. G. Tratamiento de hipocalcemia. Uptodate.[internet].2019. [citado 29 May]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-hypocalcemia?search=hipocalcemia&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2
48. Goltzman D. Manifestaciones clínicas de hipocalcemia. Uptodate. [internet].2019.[citado 29 May]. Disponible en:https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-of-hypocalcemia/print?search=hipocalcemia&source=search_result&selectedTitle=4~150&usage_type=default&display_rank=4
49. Alan SL Yu. Causes of hypomagnesemia. Uptodate. [Internet].2018. [citado 25 Jul]. Disponible en: <https://freemuptodate.ir/d/topic.htm?path=causes-of-hypomagnesemia>
50. Alan SL Yu. Evaluation and treatment hypomagnesemia. Uptodate. [Internet].2018. [citado 25 Jul]. Disponible en : <https://freemuptodate.ir/d/topic.htm?path=evaluation-and-treatment-of-hypomagnesemia>
51. Albalate Ramon M, Sequera Ortiz P, Izquierdo Garcia E, Rodríguez Portillo M. Trastornos del calcio, fosforo y magnesio. Nefrología al día. [Internet]. 2020.[citado 25 jul]. Disponible en: <file:///C:/Users/user/Downloads/nefrologia-dia-206.pdf>
52. James L. Lewis. Hipomagnesemia. Msdmanuals.[internet].2018. [citado 25 jul.]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/trastornos-electrol%C3%ADticos/hipomagnesemia>
53. Alan SL Yu. Causes and treatment hypermagnesemia. Uptodate. [Internet].2017. [citado 25 Jul]. Disponible en : <https://freemuptodate.ir/d/topic.htm?path=causes-and-treatment-of-hypermagnesemia>
54. Flores González JC, Hernández González A. Trastornos electrolíticos graves. SECIP. [Internet].2010. [citado 25 Sep]. Disponible en : <http://secip.com/wp-content/uploads/2018/06/Protocolo-Trastornos-Electroliticos.pdf>
55. James L. Lewis. Hiper magnesemia. Msdmanuals.[internet].2018. [citado 25 jul.]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/trastornos-electrol%C3%ADticos/hipermagnesemia?query=hipermagnesemia>