

CAPÍTULO 31

Fármacos para los trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y acidobásico

FÁRMACOS CONTEMPLADOS

AGENTES PARA REPONER LÍQUIDOS

Coloides

Pr dextrano

Cristaloides

ELECTRÓLITOS

Pr cloruro sódico

Pr cloruro potásico

AGENTES ACIDOBÁSICOS

Pr bicarbonato sódico

Pr cloruro amónico

OBJETIVOS

Después de leer este capítulo, el estudiante será capaz de:

1. Describir las enfermedades para las que puede estar indicado el tratamiento con líquidos IV.
2. Explicar cómo los cambios en la osmolalidad o presión osmótica de un líquido pueden hacer que el agua pase a un compartimento diferente.
3. Comparar y contrastar el uso de coloides y cristaloides en el tratamiento intravenoso.
4. Explicar la importancia del equilibrio electrolítico en el organismo.
5. Explicar la farmacoterapia de los desequilibrios de sodio y potasio.
6. Hablar de las causas comunes de alcalosis y acidosis y los medicamentos usados para tratar estos trastornos.
7. Describir el papel del profesional de enfermería en el manejo farmacológico de los trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y acidobásico.
8. Conocer ejemplos de fármacos representativos de cada una de las clases de fármacos listadas en «Fármacos contemplados» y explicar sus mecanismos de acción, sus acciones principales y sus reacciones adversas relevantes.
9. Categorizar los fármacos usados en el tratamiento de los trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y acidobásico en base a su clasificación y mecanismo de acción.
10. Aplicar el «Proceso de enfermería» para atender a los pacientes que están recibiendo tratamiento farmacológico para los trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y acidobásico.

MediaLink



www.prenhall.com/adams

La revisión, los casos clínicos y otros recursos interactivos de NCLEX-RN® se encuentran en la página web complementaria www.prenhall.com/adams. Haga clic en «Capítulo 31» para seleccionar las actividades de este capítulo. En el DVD-ROM Prentice Hall Nursing MediaLink adjunto al libro se puede acceder a animaciones, preguntas NCLEX-RN® de revisión adicionales y un glosario de audio.

TÉRMINOS CLAVE

acidosis	página 447
alcalosis	página 449
aniones	página 442
cationes	página 442
coloides	página 440
compartimento de líquido extracelular (LEC)	página 438
compartimento de líquido intracelular (LIC)	página 438
cristaloides	página 440
electrólitos	página 442
hipernatremia	página 443
hiperpotasemia	página 445
hiponatremia	página 443
hipopotasemia	página 445
osmolalidad	página 439
ósmosis	página 439
pH	página 446
presión osmótica	página 439
tampones	página 446

El volumen y la composición de los líquidos corporales deben mantenerse dentro de unos estrechos límites. Un exceso de volumen de líquidos puede conducir a la hipertensión, la insuficiencia cardíaca congestiva o el edema periférico, mientras que la reducción de líquidos produce deshidratación. Los líquidos corporales deben contener también cantidades específicas de iones esenciales o electrólitos y mantenerse a unos valores de pH especiales. Los desequilibrios de los electrólitos pueden tener consecuencias mortales. Además, la acumulación de excesos de ácidos o bases puede cambiar el pH de los líquidos corporales y producir rápidamente la muerte si no se trata. Este capítulo analizará los fármacos usados para revertir los trastornos del equilibrio hidroelectrolítico y acidobásico.

EQUILIBRIO DE LÍQUIDOS

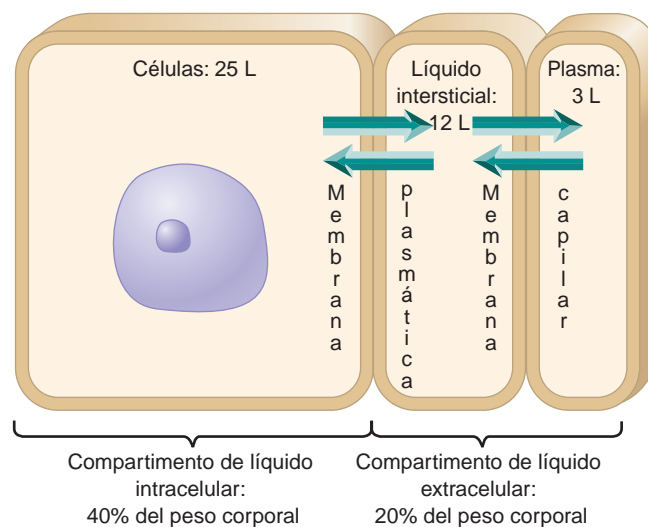
Los líquidos corporales circulan entre los compartimentos que están separados por membranas semipermeables. El control del equilibrio del agua en los diferentes compartimentos es esencial para la homeostasis. Los desequilibrios de los líquidos son indicaciones frecuentes de farmacoterapia.

31.1 Compartimentos de los líquidos corporales

La mayoría del líquido corporal está formada por agua que sirve de disolvente universal en la que se disuelve la mayoría de nutrientes, electrólitos y minerales. El agua sola es responsable de cerca del 60% del peso corporal total en un adulto de mediana edad. Un recién nacido puede contener el 80% de agua, mientras que un anciano sólo el 40%.

En un modelo simple, el agua puede localizarse en el organismo en uno de dos sitios o compartimentos. El **compartimento de líquido intracelular (LIC)**, que contiene agua que está *dentro* de las células, supone aproximadamente dos tercios del total de agua corporal. El tercio restante de líquido corporal se encuentra *fuera* de las células en el **compartimento de líquido extracelular (LEC)**. El compartimento del LEC se divide además en dos partes: el líquido del *plasma*, o *espacio intravascular*, y el líquido del *espacio intersticial* entre las células. La relación entre estos compartimentos líquidos se ilustra en la **figura 31.1**.

Entre los diferentes compartimentos, separados por membranas, se establece un continuo intercambio y mezcla de líquidos. Por ejemplo, las membranas plasmáticas de las células separan el LIC del LEC. Las membranas capilares separan el plasma del líquido intersticial. Aunque el agua circula libremente entre los compartimentos, el desplazamiento de moléculas grandes o con carga eléctrica es regulado por procesos de difusión y transporte activo. El movimiento de los iones y fármacos



● **Figura 31.1** Principales compartimentos de líquidos en el organismo.

a través de las membranas es de fundamental interés para la farmacocinética (capítulo 5 ∞).

31.2 La osmolalidad, la presión osmótica y el movimiento de líquidos corporales

La osmolalidad y la presión osmótica son dos temas relacionados fundamentales para comprender el equilibrio de los líquidos en el organismo. Grandes cambios en la osmolalidad o la presión osmótica de un líquido corporal pueden ocasionar cambios en el equilibrio de agua entre los compartimentos. El profesional de enfermería, a menudo, tendrá que administrar líquidos IV para compensar estos cambios.

La **osmolalidad** de un líquido viene determinada por el número de partículas disueltas o solutos en un 1 kg (1 L) de agua. En la mayoría de líquidos corporales, tres solutos determinan la osmolalidad: el sodio, la glucosa y la urea. El sodio es el que más contribuye a la osmolalidad debido a su abundancia en la mayoría de líquidos corporales. La osmolalidad normal de los líquidos corporales varía de 275 a 295 miliosmoles por kilogramo (mOsm/kg).

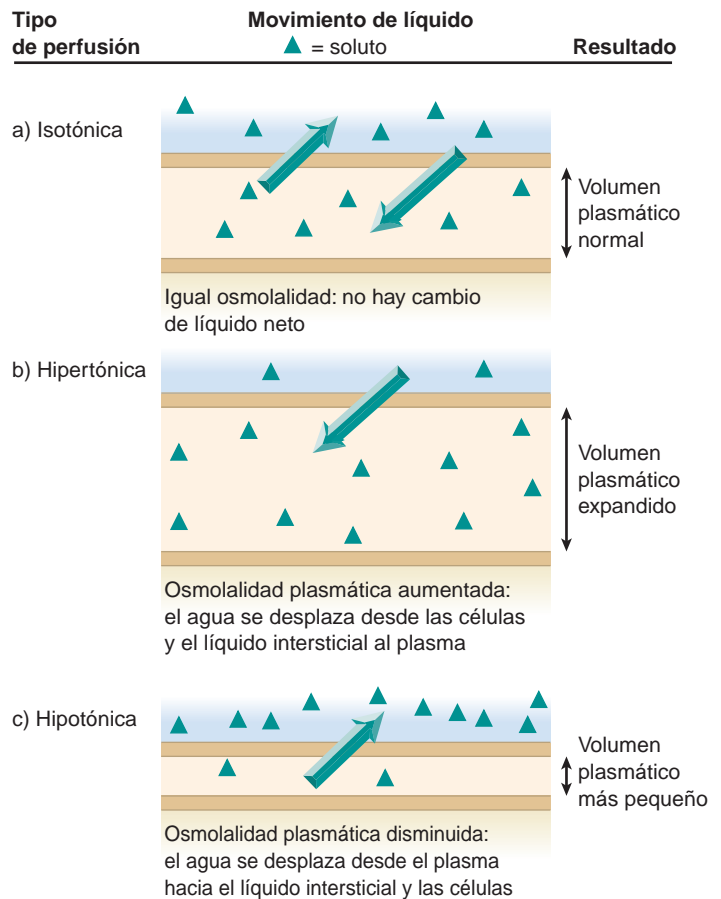
El término **presión osmótica** se usa a menudo de forma intercambiable con el de osmolalidad, aunque son algo diferentes. La presión osmótica es la capacidad de una solución de producir un movimiento del agua a través de una membrana debido a las fuerzas osmóticas. Mientras que la osmolalidad es un valor de laboratorio que puede medirse con precisión, la presión osmótica es un término general usado para describir la concentración *relativa* de los líquidos IV. La presión osmótica del plasma se usa como punto de referencia cuando se administran soluciones IV: el plasma normal se considera isotónico. Las soluciones que son isotónicas tienen la misma concentración de solutos (misma osmolalidad) que el plasma. Las soluciones *hipertónicas* contienen una mayor concentración de solutos que el plasma, mientras que las soluciones *hipotónicas* tienen una menor concentración de solutos que el plasma.

Gracias a la **ósmosis** el agua se mueve de áreas de baja concentración de solutos (baja osmolalidad) a áreas de alta concentración de solutos (alta osmolalidad). Si se administra una solución IV hipertónica (hiperosmolar), el plasma gana más solutos que el líquido intersticial. El agua se moverá, por ósmosis, desde el compartimento de líquido intersticial hacia el compartimento plasmático. El agua se moverá en la dirección contraria, desde el plasma hacia el líquido intersticial, si se administra una solución hipotónica. Las soluciones isotónicas no producirán ningún cambio neto de líquido. Estos movimientos se ilustran en la ● figura 31.2.

31.3 Regulación de los aportes y pérdidas de líquido

Un adulto medio *consume* aproximadamente 2.500 mL/día de agua, la mayoría de la cual procede de los alimentos y las bebidas. Las *pérdidas* de agua tienen lugar a través de los riñones, los pulmones, la piel, las heces y el sudor. Para mantener el equilibrio de agua, los aportes de agua deben ser igual a las pérdidas. Pueden estimarse ganancias o pérdidas netas de agua mediante los cambios en el peso corporal total.

El regulador fisiológico más importante del consumo de líquidos es el mecanismo de la sed. La sensación de sed aparece cuando los osmorreceptores del hipotálamo perciben que el LEC se ha vuelto hipertónico. Disminuye la secreción de saliva y la boca



● **Figura 31.2** Movimiento de líquidos y presión osmolar de una solución.

se seca, lo que conduce al individuo a beber líquidos. A medida que el agua ingerida se absorbe, la osmolalidad del LEC baja y el centro de la sed hipotalámico deja de ser estimulado.

Los riñones son los principales reguladores de la salida de líquidos. A través del sistema renina-angiotensina (capítulo 23 ∞) la corteza suprarrenal segrega la hormona aldosterona. Esta hace que los riñones retengan sodio y agua adicionales en el organismo, incrementando así la osmolalidad del LEC. Una segunda hormona, la hormona antidiurética (ADH), se libera durante los períodos de alta osmolalidad plasmática. La ADH actúa directamente sobre los túbulos distales de los riñones para aumentar la reabsorción del agua.

Un fallo para mantener un equilibrio adecuado entre los aportes y las pérdidas puede producir trastornos del equilibrio de líquidos en los que está indicada una intervención farmacológica. Un trastorno por *déficit* de líquidos puede producir deshidratación o shock que se tratan administrando líquidos orales o intravenosos (IV). Los trastornos por *exceso* de líquidos se tratan con diuréticos (capítulo 30 ∞). En el tratamiento de los desequilibrios de los líquidos, el objetivo último es diagnosticar y corregir la *causa* del trastorno mientras se administran líquidos y medicamentos de soporte para estabilizar al paciente.

AGENTES PARA REPONER LOS LÍQUIDOS

La pérdida neta de líquidos del organismo puede producir deshidratación y shock. El tratamiento con líquidos IV permite mantener el volumen sanguíneo y la presión sanguínea.

31.4 Tratamiento intravenoso con cristaloides y coloides

Cuando las pérdidas de líquidos superan a los aportes pueden producirse déficits de volumen. Pueden aparecer shock, deshidratación o pérdida de electrolitos; los déficits importantes son mortales si no se tratan. Las siguientes son algunas razones comunes para que se presente una reducción de líquidos:

- Pérdidas digestivas de líquidos por vómitos, diarrea, uso crónico de laxantes o aspiración digestiva
- Excesiva sudoración durante un clima cálido, una actividad atlética o fiebre prolongada
- Quemaduras graves
- Hemorragias
- Diuresis excesiva debido a tratamiento diurético o cetoacidosis diabética no controlada

El objetivo inmediato a la hora de tratar un trastorno por déficit de volumen es sustituir el líquido reducido. En circunstancias no agudas, esto puede conseguirse bebiendo más líquido o administrando líquidos a través de una sonda de alimentación. En situaciones agudas, está indicado el tratamiento con líquidos IV. Con independencia de la vía, se debe prestar una atención cuidadosa para restaurar los niveles normales de elementos sanguíneos y electrolitos, así como el volumen de líquidos.

Los líquidos de sustitución intravenosos son de dos tipos básicos: cristaloides y coloides. Los **cristaloides** son soluciones IV que contienen electrolitos y otros agentes que se parecen mucho al líquido extracelular corporal. Pueden usarse para sustituir los líquidos reducidos y para aumentar la diuresis. Las soluciones cristaloides son capaces de difundir con rapidez a través de las membranas, abandonando el plasma y penetrando en el líquido intersticial y el LIC. Se estima que dos tercios de cristaloides perfundidos se distribuyen en el espacio intersticial. Existen en el mercado soluciones isotónicas, hipotónicas e hipertónicas. El sodio es el cristaloides que con mayor frecuencia se añade a las soluciones. Algunos cristaloides contienen dextrosa, una forma de glucosa, habitualmente en concentraciones de 2,5%, 5% o 10%. La dextrosa se añade para proporcionar valor nutricional: 1 L de dextrosa al 5% proporciona 170 calorías. Además, durante el metabolismo de la dextrosa se forma agua que contribuye a la rehidratación del paciente. Cuando se perfunde dextrosa, se metaboliza y la solución se vuelve hipotónica. Los cristaloides seleccionados se listan en la tabla 31.1.

La perfusión de cristaloides aumentará el volumen total de líquidos en el organismo, pero el *compartimento* que más se expande depende de la concentración de soluto (sodio) del líquido administrado. Los cristaloides *isotónicos* pueden expandir el volumen de líquido *intravascular* circulante sin ocasionar grandes cambios de líquidos entre los compartimentos. Los cristaloides isotónicos, como el suero salino normal, se usan a menudo para tratar la pérdida de líquidos debida a los vómitos, la diarrea o procedimientos quirúrgicos, especialmente cuando la presión arterial es baja. Como los líquidos isotónicos pueden expandir con rapidez el volumen sanguíneo circulante, se debe tener cuidado para no producir una sobrecarga de líquidos.

La perfusión de cristaloides *hipertónicos* expande el volumen plasmático extrayendo agua de las células y los tejidos. Estos agentes pueden usarse para aliviar el edema celular, especialmente el edema cerebral. Cuando los pacientes están deshidratados y presentan un plasma hipertónico, los líquidos hipertónicos (p. ej., D5 1/2NS) igualan la presión osmótica del plasma a medida que

TABLA 31.1 Soluciones IV de cristaloides seleccionados

Fármaco	Presión osmótica
suero salino normal (0,9% NaCl)	isotónico
suero salino hipertónico (3% NaCl)	hipertónico
suero salino hipotónico (0,45% NaCl)	hipotónico
lactato de Ringer	isotónico
plasma-lyte 148	isotónico
plasma-lyte 56	hipotónico
SOLUCIONES DE DEXTROSA	
glucosado al 5% en agua	isotónica*
glucosado al 5% en suero salino normal	hipertónica
glucosado al 5% en salino 0,2%	hipertónica
glucosado al 5% en lactato de Ringer	hipertónica
glucosado al 5% en plasma-lyte 56	hipertónica

*Dado que la dextrosa se metaboliza rápidamente, la solución se considera a veces hipotónica.

son perfundidos, pero la dextrosa se metaboliza después y la solución se hace hipotónica. Esta solución penetra a continuación en el espacio intracelular, aliviando la deshidratación del interior de las células. Un exceso de tratamiento con cristaloides hipertónicos (3% de suero salino normal) puede condicionar una excesiva expansión del compartimento intravascular y a la hipertensión.

Los cristaloides *hipotónicos* harán que el agua pase del plasma a los tejidos y células en el compartimento *intracelular*; de forma que estas soluciones no se consideran expansores eficaces del volumen plasmático. Los cristaloides hipotónicos están indicados en pacientes con hipernatremia y deshidratación. Se debe tener cuidado para no causar una reducción del compartimento intravascular (hipotensión) o demasiada expansión del compartimento intracelular (edema periférico). Los pacientes deshidratados con presión sanguínea *baja* deberían recibir suero salino normal; los pacientes deshidratados con presión sanguínea *normal* deberían recibir una solución hipotónica.

Los **coloides** son proteínas, almidones u otras moléculas grandes que permanecen en la sangre durante mucho tiempo debido a que son demasiado grandes para cruzar con facilidad las membranas capilares. Mientras circulan tienen el mismo efecto que las soluciones hipertónicas, extrayendo moléculas de agua desde las células y los tejidos al plasma mediante su capacidad para aumentar la osmolalidad plasmática y la presión oncótica, es decir, la presión

TABLA 31.2 Soluciones IV de coloides seleccionados (expansores de volumen del plasma)

Fármaco	Presión osmótica
albúmina al 5%	isotónica
dextrano 40 en suero salino normal	isotónico
dextrano 40 en D5W	isotónico
dextrano 70 en suero salino normal	isotónico
fracción proteica plasmática	isotónica
hetalmidón al 6% en suero salino normal	isotónico

**FÁRMACO PROTOTÍPICO**

Dextrano 40

Coloide/expansor del volumen plasmático

ACCIONES Y USOS

El dextrano 40 es un polisacárido demasiado grande para atravesar las paredes capilares. Es similar al dextrano 70, aunque el dextrano 40 tiene un peso molecular inferior. El dextrano 40 actúa aumentando la presión oncótica de la sangre y de ese modo haciendo que el líquido se desplace desde los espacios intersticiales de los tejidos al espacio intravascular (sangre). Cuando se administra por perfusión IV, permite expandir el volumen plasmático a los pocos minutos de su administración. Las respuestas cardiovasculares incluyen aumento de la presión arterial y del gasto cardíaco y una mejora del retorno venoso al corazón. El dextrano 40 se excreta rápidamente por los riñones. Sus indicaciones incluyen la sustitución de líquidos en pacientes que sufren shock hipovolémico debido a hemorragia, cirugía o quemaduras graves. Cuando se administra para el shock agudo se perfunde de la forma más rápida posible hasta que el volumen sanguíneo se restaura.

El dextrano 40 también reduce la adherencia plaquetaria y mejora el flujo sanguíneo a través de su capacidad para reducir la viscosidad de la sangre. Estas propiedades le han llevado a su uso para prevenir la trombosis venosa profunda y los émbolos pulmonares.

PRECAUCIONES DE ADMINISTRACIÓN

- La administración de urgencia puede realizarse a 1,2 a 2,4 g/min.
- La administración no urgente debería ser perfundida a una velocidad no superior a los 240 mg/min.
- Deseche las porciones no usadas una vez abierto el envase porque el dextrano no contiene conservantes.
- Embarazo categoría C.

FARMACOCINÉTICA

Inicio de acción: varios minutos

Pico de acción: desconocido

Semivida: desconocida

Duración del efecto: 12 h

EFFECTOS ADVERSOS

Durante las perfusiones con dextrano 40 deberían monitorizarse de forma continuada las constantes vitales para evitar la hipertensión causada por la expansión del volumen plasmático. Los signos de sobrecarga de líquidos incluyen la taquicardia, el edema periférico, la distensión de las venas del cuello, la disnea o la tos. Un pequeño porcentaje de pacientes son alérgicos al dextrano 40, siendo la urticaria el signo más común de alergia.

Contraindicaciones El dextrano 40 está contraindicado en pacientes con insuficiencia renal o deshidratación grave. Otras contraindicaciones incluyen la insuficiencia cardíaca congestiva grave y los trastornos hipervolémicos.

INTERACCIONES

Fármaco-fármaco: no existen interacciones clínicamente importantes.

Pruebas de laboratorio: puede prolongar el tiempo de sangrado.

Herboristería/alimentos: desconocidas.

Tratamiento de la sobredosis: para pacientes con función renal normal, detener la perfusión producirá una reducción de los efectos secundarios. Los pacientes con afectación renal pueden beneficiarse de la administración de un diurético osmótico.



Véase en la página web complementaria un proceso de enfermería específico de este fármaco.

osmótica atribuida a las proteínas y otras macromoléculas. A estos agentes se les denomina en ocasiones *expansores del volumen plasmático* y son especialmente importantes para tratar el shock hipovolémico debido a quemaduras, hemorragias o cirugía.

El coloide que se usa con mayor frecuencia es la albúmina sérica normal que se ofrece como fármaco prototipo para el shock en el capítulo 29 . Varios productos coloides contienen dextrano, un polisacárido sintético. Las perfusiones de dextrano pueden duplicar el volumen plasmático en pocos minutos, aunque sus efectos duran sólo unas 12 horas. La fracción proteica plasmática es un expansor de volumen natural que contiene el 83% de albúmina y el 17% de globulinas plasmáticas. La fracción proteica plasmática y la albúmina también están indicadas en pacientes con hipoproteinemia. El hetastarch (amilopectina) es un coloide sintético con propiedades similares a aquellos con el 5% de albúmina pero con una mayor duración de acción. Las soluciones de coloides seleccionadas se listan en la tabla 31.2.

CONSIDERACIONES DE ENFERMERÍA

El papel del profesional de enfermería en el tratamiento con soluciones coloidales supone una monitorización cuidadosa de la enfermedad del paciente y proporcionarle educación en lo que se refiere al tratamiento farmacológico prescrito. Las soluciones coloidales se usan como expansores del plasma, por lo que en primer lugar obtenga la anamnesis, los antecedentes de consumo

de fármacos y una exploración física completos. Obtenga unas pruebas de laboratorio, incluido un hemograma y niveles de electrolitos, nitrógeno ureico sanguíneo (BUN) y creatinina séricos. Debido a que la administración de soluciones coloides a pacientes deshidratados puede conducir a una insuficiencia renal, evalúe el equilibrio de líquidos del paciente antes de iniciar el tratamiento. Algunas soluciones coloides disminuyen la adherencia plaquetaria y reducen la coagulación. Los expansores plasmáticos disminuyen los niveles de hematocrito y hemoglobina debido a un volumen intravascular aumentado. Informe inmediatamente al médico si aparece un hematocrito por debajo del 30%.

Las soluciones coloides están contraindicadas en pacientes con insuficiencia renal, enfermedades hipervolémicas, insuficiencia cardíaca grave, trombocitopenia y aquellas con trastornos de coagulación. Úselos con precaución en pacientes con hemorragia activa, deshidratación grave, enfermedad hepática crónica o alteración de la función renal. Monitorice meticulosamente las constantes vitales y vigile al paciente durante los primeros 30 minutos de la perfusión para detectar reacciones de hipersensibilidad. Interrumpa la perfusión al primer signo de hipersensibilidad.

La responsabilidad fundamental del profesional de enfermería cuando asiste a un paciente que está recibiendo expansores de volumen plasmático es monitorizar el estado del volumen de líquidos. Monitorice estrechamente tanto el déficit como el exceso del volumen de líquidos. Valore con frecuencia las constantes vitales y la monitorización hemodinámica durante la perfusión

hasta que la enfermedad del paciente se establezca. Valore de forma estrecha el estado neurológico y la diuresis ya que estos dos sistemas dependen de forma crítica de un equilibrio de líquidos adecuado. La perfusión de las soluciones puede crear una gran cantidad de retos médicos para el paciente gravemente enfermo.

Estos medicamentos se usan casi siempre para tratar el shock, por lo que el paciente puede que no esté despierto. Sin embargo, proporcione apoyo emocional a los cuidadores, incluidas actualizaciones sobre la enfermedad del paciente y el apoyo psicosocial.

Educación del paciente. La educación del paciente en relación con las soluciones coloidales debería incluir los objetivos del tratamiento, las razones para obtener datos basales como las constantes vitales y la existencia de trastornos subyacentes cardíacos, renales o de los electrolitos y los posibles efectos secundarios del fármaco. Incluya los siguientes puntos cuando enseñe a los pacientes sobre las soluciones coloidales:

- Informe inmediatamente de signos de sangrado como aparición de moratones o cardenales, sangre en la orina o heces alquitranadas.
- Informe inmediatamente de la aparición de rubor, falta de aire o picor, lo que podría indicar una hipersensibilidad a la medicación.
- Informe inmediatamente si aparece falta de aire, tos, congestión en el pecho o palpitaciones del corazón, lo que podría indicar una sobrecarga circulatoria.

ELECTRÓLITOS

Los electrolitos son pequeñas moléculas con carga esenciales para la homeostasis. Tanto un déficit como un exceso de un electrolito pueden producir complicaciones graves y deben ser rápidamente corregidos. La tabla 31.3 lista las sustancias inorgánicas y sus electrolitos importantes para la fisiología humana.

31.5 Funciones normales de los electrolitos

Los minerales son sustancias inorgánicas necesarias en muy pequeñas cantidades para mantener la homeostasis (capítulo

TABLA 31.3 Electrolitos importantes para la fisiología humana

Compuesto	Fórmula	Catión	Anión
bicarbonato sódico	CO ₃ HNa	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
cloruro cálcico	CaCl ₂	Ca ⁺²	2Cl ⁻
cloruro potásico	ClK	K ⁺	Cl ⁻
cloruro sódico	NaCl	Na ⁺	Cl ⁻
fosfato disódico	Na ₂ HPO ₄	2Na ⁺	HPO ₄ ⁻²
sulfato sódico	Na ₂ SO ₄	2Na ⁺	SO ₄ ⁻²

lo 42 ∞). En los líquidos corporales algunos de estos minerales como el sodio, el potasio y el calcio, se transforman en iones y poseen una carga. Las moléculas inorgánicas pequeñas en posesión de una carga positiva o negativa se denominan **electrolitos**. Los electrolitos cargados positivamente se denominan **cationes**; aquellos con una carga negativa son los **aniones**.

Los compuestos inorgánicos se mantienen juntos por enlaces iónicos. Cuando se coloca a los compuestos en agua, estos enlaces se rompen y el compuesto sufre una disociación o ionización. Los iones resultantes tienen cargas y son capaces de conducir electricidad, de ahí el nombre de *electrolitos*. Los niveles de electrolitos se miden en unidades de miliequivalentes por litro (mEq/L).

Los electrolitos son esenciales para muchas funciones corporales, incluidas la conducción nerviosa, la permeabilidad de la membrana, la contracción muscular, el equilibrio de agua y el crecimiento y remodelado del hueso. Los niveles de electrolitos en los líquidos corporales se mantienen dentro de unos límites muy estrechos, fundamentalmente por los riñones y el tracto gastrointestinal. A medida que los electrolitos se pierden en funciones excretoras normales, deben ser reemplazados por una ingesta adecuada porque si no puede producirse un desequilibrio de electrolitos. Aunque pueden producirse desequilibrios con cualquier ión, los del sodio, potasio y calcio son los de mayor importancia. Los principales estados de desequilibrio electrolítico corporal están listados en la tabla 31.4. Los desequilibrios del calcio, fósforo y magnesio se analizan en el capítulo

TABLA 31.4 Desequilibrios electrolíticos

Ión	Enfermedad	Valor sérico anómalo (mEq/L)	Tratamiento de apoyo*
calcio	hipercalcemia	>11	líquido hipotónico o calcitonina
	hipocalcemia	<4	suplementos de calcio o vitamina D
cloro	hipercloremia	>112	líquido hipotónico
	hipocloremia	<95	solución de sal hipertónica
fosfato	hiperfosfatemia	>6	restricción del fosfato dietético
	hipofosfatemia	<1	suplementos de fosfato
magnesio	hipermagnesemia	>4	líquido hipotónico
	hipomagnesemia	<0,8	suplementos de magnesio
potasio	hiperpotasemia	>5	líquido hipotónico, tampones o restricción del potasio dietético
	hipopotasemia	<3,5	suplementos de potasio
sodio	hipernatremia	>145	líquido hipotónico o restricción de sodio dietético
	hiponatremia	<135	solución de sal hipertónica o suplemento de sodio

*Para todos los desequilibrios electrolíticos, el objetivo terapéutico fundamental es identificar y corregir la causa del desequilibrio.

tulo 42 ∞; el papel del calcio en la homeostasis del hueso se presenta en el capítulo 47 ∞.

31.6 Farmacoterapia de los desequilibrios del sodio

El sodio es el principal electrólito del líquido extracelular. Debido a los papeles centrales del sodio en la fisiología neuromuscular, equilibrio acidobásico y la distribución global de los líquidos, los desequilibrios del sodio pueden tener consecuencias graves. Aunque aún falta por descubrir dónde se encuentran los monitores o sensores del sodio en el organismo, la regulación del equilibrio del sodio es bien conocida.

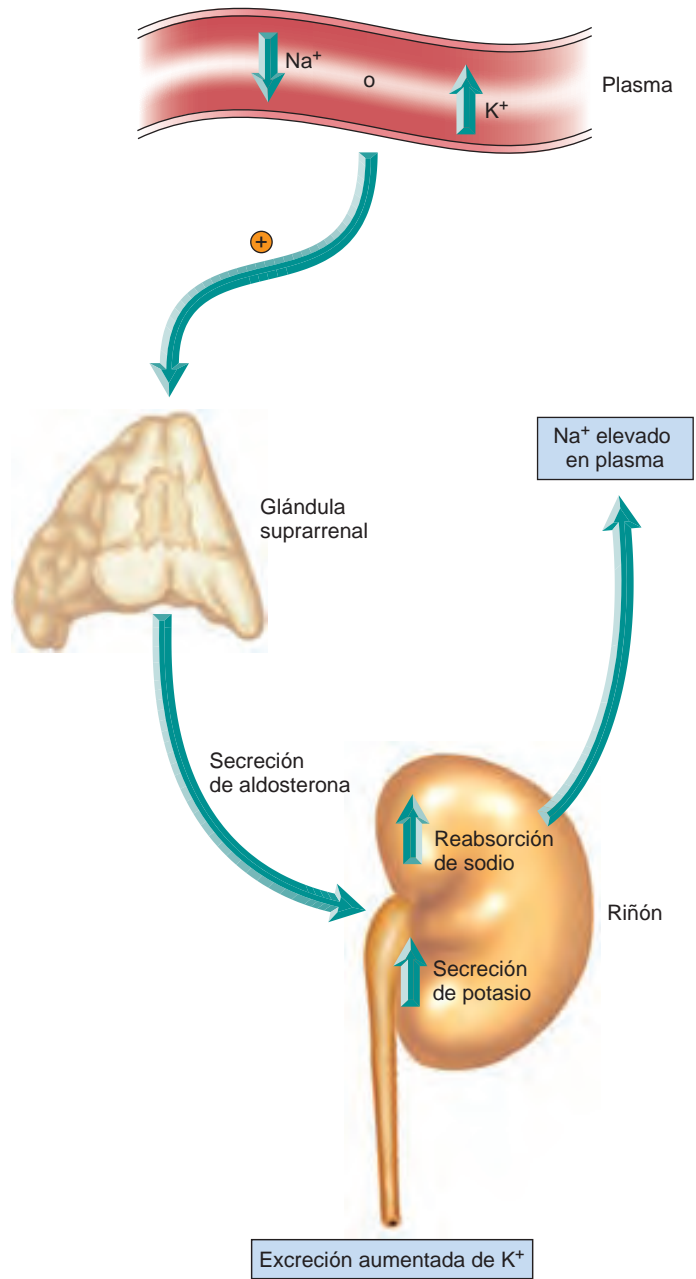
El equilibrio del sodio y el equilibrio del agua están íntimamente relacionados. A medida que los niveles de sodio se incrementan en un líquido corporal, las partículas de soluto se acumulan y la osmolaridad aumenta. El agua se desplazará hacia esta área de osmolaridad relativamente alta. En términos sencillos, el agua viaja hacia o con el sodio. Las consecuencias fisiológicas de esta relación no pueden exagerarse. A medida que aumenta el contenido plasmático de sodio y agua, lo hace el volumen y la presión sanguínea. Por eso, el movimiento del sodio proporciona un importante vínculo entre la retención de agua, el volumen y la presión sanguínea.

En individuos sanos, la *entrada* de sodio es la misma que su *salida* y viene regulada por los riñones. Los niveles elevados de aldosterona secretados por la corteza adrenal promueven la retención de sodio y agua por los riñones, así como la excreción de potasio. La inhibición de la aldosterona promueve la excreción de sodio y agua. Cuando un paciente ingiere grandes cantidades de sodio, la secreción de aldosterona disminuye, permitiendo así un exceso de sodio en la orina. Esta relación se ilustra en la • figura 31.3.

El exceso de sodio o **hipernatremia** aparece cuando los niveles de sodio sérico se elevan por encima de 145 mEq/L. La causa más común de hipernatremia es un descenso en la excreción de sodio debido a patología renal. La hipernatremia también puede ser causada por un consumo excesivo de sodio bien a través de la dieta, bien por exceso de tratamiento con líquidos IV que contienen cloruro sódico o bicarbonato sódico. Otra causa de hipernatremia son las grandes pérdidas netas de agua como ocurre en casos de consumo inadecuado de agua, diarrea acuosa, fiebre o quemaduras. Altas dosis de glucocorticosteroides o estrógenos también promueven la retención de sodio.

Un nivel elevado de sodio sérico aumenta la osmolaridad del plasma extrayendo líquido de los espacios intersticiales y las células, causando así una deshidratación celular. Las manifestaciones de la hipernatremia incluyen la sed, la fatiga, la debilidad, los espasmos musculares, las convulsiones, un estado de alteración mental y una disminución del nivel de consciencia. Para una hipernatremia leve, una dieta con bajo contenido en sal puede ser eficaz para devolver el sodio sérico a sus niveles normales. En pacientes con hipernatremia aguda, sin embargo, el objetivo del tratamiento es devolver con rapidez la osmolaridad del plasma a su valor normal. Si el paciente está hipovolémico, perfundir líquidos hipotónicos como dextrosa al 5% o NaCl (cloruro sódico) al 0,45% aumentará el volumen plasmático, a la vez que se reduce la osmolaridad plasmática. Si el paciente está hipervolémico pueden usarse los diuréticos para eliminar sodio y líquido del organismo.

La deficiencia de sodio o **hiponatremia** consiste en un nivel de sodio sérico menor de 135 mEq/L. Puede aparecer mediante una *excesiva dilución* del plasma causada por una excesiva secreción de ADH o por la administración de soluciones IV hipotónicas. También puede producirse por una *pérdida de sodio aumentada*



• **Figura 31.3** Regulación renal del equilibrio del sodio y el potasio.

debida a trastornos de la piel, del tracto GI o de los riñones. Una pérdida importante de sodio a través de la piel puede aparecer en pacientes quemados y en aquellos que sudan mucho o tienen fiebre prolongada. Las pérdidas gastrointestinales de sodio pueden aparecer durante los vómitos, la diarrea o la aspiración gastrointestinal, y la pérdida renal de sodio con el uso de diuréticos y en ciertos trastornos renales avanzados. Los síntomas tempranos de hiponatremia incluyen las náuseas, los vómitos, la anorexia y los calambres abdominales.

Los signos tardíos incluyen una función neurológica alterada como confusión, letargia, convulsiones, coma y espasmos musculares o temblores. La hiponatremia causada por una excesiva dilución se trata con diuréticos del asa (capítulo 30 ∞). Estos fármacos causarán una diuresis isotónica, eliminando así la sobrecarga de líquido que produce la hiponatremia. La hipona-

**ACCIONES Y USOS**

El cloruro sódico se administra para la hiponatremia cuando las concentraciones séricas descienden por debajo de 130 mEq/L. El fármaco está disponible en varias concentraciones; la decisión sobre qué concentración de NaCl administrar vendrá dada por la gravedad de la deficiencia de sodio. El suero salino normal está constituido por ClNa al 0,9% y se usa para tratar la hiponatremia leve. Cuando el sodio sérico desciende por debajo de 115 mEq/L puede perfundirse una solución de NaCl al 3% altamente concentrada. Otras concentraciones incluyen 0,45% y 0,22% y están disponibles ambas soluciones hipotónica e isotónica. Para una hiponatremia menos grave existen los comprimidos de 1 g. Las soluciones oftálmicas de NaCl pueden usarse para tratar el edema corneal y el spray nasal de venta libre (sin receta médica) está disponible para aliviar las membranas nasales secas e inflamadas. En conjunción con la oxitocina, el NaCl al 20% puede usarse como un abortivo en la última parte del embarazo cuando se instila en el saco amniótico.

PRECAUCIONES DE ADMINISTRACIÓN

- Embarazo categoría C.

FARMACOCINÉTICA

Como el cloruro de sodio es una sustancia natural, los datos farmacocinéticos son difíciles de obtener.

EFFECTOS ADVERSOS

Los pacientes que reciben perfusiones de NaCl deben ser monitorizados con frecuencia para evitar síntomas de hipernatremia que incluyen la obnubilación, la confusión, el temblor o la rigidez muscular, la hipotensión y la inquietud. Debido a que algunos de estos síntomas son comunes con la hiponatremia, deberían realizarse evaluaciones periódicas de laboratorio para asegurarse de que los valores de sodio se encuentran dentro del intervalo normal. Cuando se perfunden soluciones de NaCl al 3% el profesional de enfermería debería comprobar continuamente si aparecen signos de edema pulmonar.

Contraindicaciones: este fármaco no debería administrarse a pacientes con hipernatremia, insuficiencia cardíaca congestiva o afectación de la función renal.

INTERACCIONES

Fármaco-fármaco: no existen interacciones clínicamente importantes.

Pruebas de laboratorio: aumenta el nivel de sodio sérico.

Herboristería/alimentos: desconocidas.

Tratamiento de la sobredosis: si aparece una acumulación de líquidos debido a un exceso de sodio, se deben administrar diuréticos para reducir el edema pulmonar o periférico.



Véase en la página web complementaria un proceso de enfermería específico de este fármaco.

tremia causada por la pérdida de sodio puede tratarse con cloruro sódico oral o parenteral, o con líquidos IV que contengan sal, como el suero salino normal o el Ringer lactato.

CONSIDERACIONES DE ENFERMERÍA

El papel del profesional de enfermería en el tratamiento sustitutivo con sodio supone una monitorización cuidadosa de la enfermedad del paciente y proporcionarle educación en lo que se refiere al tratamiento farmacológico prescrito. El tratamiento sustitutivo con sodio se administra para sustituir el sodio y mantener el volumen sanguíneo, por eso valore el equilibrio de líquidos y la presión sanguínea. En raras ocasiones, la hiponatremia es causada por un consumo dietético inadecuado; sin embargo, en raros casos la hiponatremia puede aparecer en individuos que siguen dietas restrictivas de sodio o reciben tratamiento diurético. En la mayoría de casos se usa una perfusión de soluciones de sodio al 0,45% o 0,9% para restaurar el equilibrio de líquidos extracelulares.

Antes de y durante la administración de las soluciones de sodio, valore el equilibrio del sodio y los electrolitos. Al evaluar la hiponatremia, vigile la aparición de signos de náuseas, vómitos, calambres musculares, taquicardia, cefalea, irritabilidad, confusión, convulsiones y coma. Esté atento para detectar signos de hipernatremia, como debilidad, inquietud, hipertensión, taquicardia, acumulación de líquido, edema pulmonar y paro respiratorio.

Monitoree estrechamente los niveles de sodio sérico, el peso específico de la orina y la osmolaridad sérica y urinaria cuando administre soluciones hipertónicas. Valore la aparición de síntomas que puedan estar relacionados con la sobrecarga de líquidos durante la perfusión de soluciones salinas hipertónicas, como falta de aire, palpitaciones, cefalea e inquietud.

Educación del paciente. La educación del paciente en relación con la sustitución del sodio debería incluir los objetivos del tratamiento, las razones para obtener datos basales como las constantes vitales y la existencia de trastornos subya-

centes cardíacos y renales y los posibles efectos secundarios del fármaco. Incluya los siguientes puntos cuando enseñe a los pacientes acerca de la sustitución del sodio:

- Evitar tomar tabletas de cloruro sódico (sal) para sustituir el sodio perdido a través de la transpiración.
- Beber cantidades adecuadas de agua o bebidas deportivas isotónicas para reponer los líquidos y electrolitos perdidos.
- Informar inmediatamente de la aparición de síntomas de hiponatremia, como náuseas, vómitos, calambres musculares, frecuencia cardíaca rápida, irritabilidad, convulsiones y dolor de cabeza.
- Informar inmediatamente de la aparición de síntomas de hipernatremia, como debilidad, inquietud, hipertensión y retención de líquido.

31.7 Farmacoterapia de los desequilibrios del potasio

El potasio, el catión intracelular más abundante, desempeña papeles importantes a la hora de regular la osmolalidad intrace-

CONSIDERACIONES EN EL DOMICILIO Y LA COMUNIDAD**Hipernatremia en los atletas**

Los efectos secundarios del cloruro de sodio cuando se administra como un sustituto de electrolito son raros. Algunos pacientes se autoinducen la hipernatremia tomando tabletas de sal, creyendo que sustituirán el sodio perdido con el sudor. Aquellos que sudan profusamente debido a trabajos en el exterior o ejercicios pueden evitar los problemas relacionados con el calor consumiendo cantidades adecuadas de agua o soluciones equilibradas de electrolitos contenidas en las bebidas deportivas. El paciente debería consumir tabletas de sal sólo cuando el médico se lo indique.

lular y mantener el equilibrio acidobásico. Las concentraciones de potasio deben mantenerse cuidadosamente equilibradas entre un consumo dietético adecuado y la excreción renal. Como la excreción de sodio, la excreción de potasio está influenciada por la acción de la aldosterona sobre el riñón. De hecho, la excreción renal de los iones de sodio y potasio está estrechamente vinculada y por cada ión sodio que es *reabsorbido*, se *secreta* un ión potasio a los túbulos renales. Las concentraciones séricas de potasio deben mantenerse dentro de unos límites estrechos; los estados de exceso o deficiencia pueden ser graves o mortales.

La **hiperpotasemia** consiste en un nivel sérico de potasio mayor de 5 mEq/L que puede ser causado por un consumo elevado de alimentos ricos en potasio o suplementos dietéticos, especialmente cuando los pacientes están tomando diuréticos ahorradores de potasio como la espironolactona (capítulo 30 ∞). También se puede acumular un exceso de potasio cuando disminuye su excreción renal por patología renal. Las consecuencias más graves de la hiperpotasemia están relacionadas con la función cardíaca: arritmias y bloqueo cardíaco. Otros síntomas son los espasmos musculares, la fatiga, las parestesias, la disnea, los calambres y la diarrea.

En los casos leves de hiperpotasemia, las concentraciones de potasio pueden normalizarse restringiendo las principales fuentes dietéticas de potasio, como los plátanos, los cítricos y las frutas secas, la mantequilla de cacahuete, el brócoli y las verduras de hoja verde. Si el paciente está tomando un diurético ahorrador de potasio, la dosis debe reducirse o sustituirlo por una tiacida o un diurético del asa. En los casos graves, la potasemia puede reducirse temporalmente administrando glucosa e insulina que hacen que el potasio salga del líquido extracelular y penetre en las células. También se puede administrar gluconato cálcico o cloruro cálcico para contrarrestar la toxicidad cardíaca del potasio. En ocasiones se perfunde bicarbonato sódico para corregir la acidosis que puede aparecer de forma simultánea con la hiperpotasemia. El exceso de potasio puede eliminarse administrando sulfonato de poliestireno por vía oral o rectal. Este agente, que intercambia el ión sodio por el ión potasio en el intestino, se administra de forma simultánea con un laxante como el sorbitol para promover una evacuación rápida del potasio.

La **hipopotasemia** aparece cuando la concentración de potasio sérico desciende por debajo de 3,5 mEq/L. Es un efecto secundario relativamente frecuente de altas dosis de diuréticos del asa, como la furosemida. Además, una actividad muscular agotadora y los vómitos o la diarrea graves pueden producir una pérdida importante de potasio. Debido a que el organismo

no dispone de grandes depósitos de potasio, es necesario un consumo diario adecuado. Las neuronas y las fibras musculares son más sensibles a la pérdida de potasio, y la debilidad muscular, la letargia, la anorexia, las arritmias y el paro cardíaco son posibles consecuencias. La hipopotasemia leve se trata aumentando el consumo dietético de alimentos ricos en potasio, mientras que deficiencias más graves requieren dosis de suplementos orales o parenterales de potasio.

CONSIDERACIONES DE ENFERMERÍA

El papel del profesional de enfermería en el tratamiento sustitutivo con potasio supone una monitorización cuidadosa de la enfermedad del paciente y proporcionarle educación en lo que se refiere al tratamiento farmacológico prescrito. El tratamiento sustitutivo con potasio se administra para reponer el potasio, de forma que se debe medir la concentración de potasio sérico antes de su administración. Un rápido reconocimiento del desequilibrio del potasio puede evitar complicaciones que amenacen la vida, como las arritmias, los bloqueos cardíacos y el paro cardíaco.

Los suplementos de potasio están contraindicados en enfermedades que predisponen al paciente a la hiperpotasemia como una afectación renal grave y el uso de diuréticos ahorradores de potasio. También en caso de deshidratación aguda, espasmos musculares por calor y en pacientes con intoxicación por digoxina con alteración del nodo AV. Úselos con prudencia en pacientes con afectación renal, enfermedad cardíaca y acidosis sistémica.

La administración oral de potasio se usa para la prevención y el tratamiento de una deficiencia ligera. Las formas orales, especialmente los comprimidos y las cápsulas que pueden producir concentraciones locales altas de potasio, son irritantes para el tubo digestivo y pueden producir úlceras pépticas. Este efecto secundario es menos probable con el uso de comprimidos y cápsulas que contienen partículas microencapsuladas. Para minimizar la irritación digestiva, enseñe al paciente a tomar las formas orales con las comidas. Compruebe la potasemia más reciente antes de administrar cualquier forma de potasio. Un aporte excesivo de potasio puede ser tan peligroso para el paciente como la carencia del mismo; en cualquier caso, las consecuencias pueden ser mortales.

La administración intravenosa de potasio se usa en pacientes con deficiencia grave o en aquellos que no toleran los preparados orales. Monitorice los niveles de potasio sérico a lo largo del tratamiento para reducir el riesgo de hiperpotasemia. Valore la función renal antes y durante el tratamiento, y si se desarrolla una insuficiencia renal detenga la perfusión de forma inmediata. Monitorice los cambios ECG que puedan ser un indicio temprano de desarrollo de hiperpotasemia. A los pacientes que presentan desequilibrios del potasio se les debe enseñar a evitar las causas subyacentes, cumplir con el régimen de medicación y usar intervenciones dietéticas para corregir y mantener el equilibrio electrolítico normal.

Educación del paciente. La educación del paciente en relación con la sustitución del potasio debería incluir los objetivos del tratamiento, las razones para obtener datos basales como las constantes vitales y la existencia de trastornos subyacentes cardíacos y renales y los posibles efectos secundarios del fármaco. Incluya los siguientes puntos cuando enseñe a los pacientes acerca de la sustitución del potasio:

- Informar de la aparición de síntomas de hipopotasemia como debilidad, fatiga, obnubilación o anorexia.
- Informar de la aparición de síntomas de hiperpotasemia como náuseas, calambres musculares, debilidad, cambios

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Laxantes y equilibrio hidroelectrolítico

Con la edad el peristaltismo se reduce, disminuye el consumo de alimentos y la actividad física; y estos factores pueden cambiar la regularidad de las deposiciones. Muchos ancianos creen que deben ir al aseo todos los días y toman laxantes diariamente. El uso crónico de laxantes puede producir una reducción de líquidos y una hipopotasemia. Los laxantes estimulantes, la clase de laxantes que se prescribe con mayor frecuencia, alteran el transporte de electrolitos en la mucosa intestinal. Los ancianos son especialmente susceptibles a la reducción hidroelectrolítica debida al uso crónico de laxantes. El profesional de enfermería debería enseñar al paciente que beber abundantes líquidos es importante cuando se está tomando un laxante, que el uso excesivo de laxantes puede producir efectos secundarios y que estos agentes sólo se deberían usar cuando los prescriba un médico. El profesional de enfermería debería recomendar que los ancianos incrementen el ejercicio (según toleren) y añadan fibra insoluble a la dieta para mantener la regularidad en las deposiciones.



ACCIONES Y USOS

El cloruro potásico es el fármaco de elección para prevenir o tratar la hipopotasemia. Se usa también para tratar las formas leves de alcalosis. Las formulaciones orales incluyen las tabletas, los polvos y los líquidos, por lo general fuertemente sazonados lo que hace que el cloruro de potasio tenga un sabor desagradable. Debido a que los suplementos de potasio pueden producir úlceras pépticas, el fármaco debería diluirse en gran cantidad de agua. Cuando se administra por vía IV, el potasio debe perfundirse muy despacio ya que las inyecciones en bolo pueden sobrecargar el corazón y producir un paro cardíaco. Debido a que la farmacoterapia con diuréticos del asa o tiazídicos es la causa más común de reducción de potasio, a los pacientes que toman estos fármacos se les prescribe generalmente suplementos de potasio para evitar la hipopotasemia.

PRECAUCIONES DE ADMINISTRACIÓN

- Administre siempre la medicación oral mientras el paciente esté en posición vertical para evitar la esofagitis.
- No aplaste los comprimidos ni permita al paciente que los mastique.
- Diluya las formas líquidas antes de administrarlas a través de una sonda nasogástrica.
- No administre nunca de golpe por vía IV ni en cantidades concentradas y no exceda la velocidad de 10 mEq/h IV.
- Sea extremadamente cuidadoso para evitar la extravasación y la infiltración.
- Embarazo categoría A.

FARMACOCINÉTICA

Dado que el cloruro potásico es una sustancia natural, los datos de farmacocinética son difíciles de obtener.

EFFECTOS ADVERSOS

Las náuseas y los vómitos son comunes debido a que el cloruro potásico irrita la mucosa digestiva. El fármaco puede tomarse con las comidas o con antiácidos para reducir las molestias gástricas. Los efectos secundarios más graves del cloruro potásico son los relacionados con la posible acumulación del exceso de potasio. Puede aparecer hiperpotasemia si el paciente toma los suplementos de potasio de forma conjunta con los diuréticos ahorradores de potasio. Debido a que los riñones realizan más del 90% de la excreción de potasio del organismo, una función renal reducida puede conducir rápidamente a la hiperpotasemia, especialmente en pacientes que toman suplementos de potasio.

Contraindicaciones: el cloruro de potasio está contraindicado en pacientes con hiperpotasemia, insuficiencia renal crónica, acidosis sistémica, deshidratación grave, daño tisular extenso como en las quemaduras graves, insuficiencia suprarrenal o que reciben un diurético ahorrador de potasio.

INTERACCIONES

Fármaco-fármaco: los suplementos de potasio interactúan con los diuréticos ahorradores de potasio y los inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina para aumentar el riesgo de hiperpotasemia.

Pruebas de laboratorio: aumenta la potasemia.

Herboristería/alimentos: desconocidas.

Tratamiento de la sobredosis: los diuréticos ahorradores de potasio y todos los alimentos y medicamentos que contienen cantidades importantes de potasio deberían retirarse. El tratamiento incluye la administración IV de una solución de dextrosa al 10% que contenga 10-20 unidades de insulina cristalina. El bicarbonato sódico puede perfundirse para corregir la acidosis.



Véase en la página web complementaria un proceso de enfermería específico de este fármaco.

en la frecuencia cardíaca y adormecimiento y hormigueo de brazos o piernas.

- Informar de un descenso en la diuresis ya que puede ocasionar una hiperpotasemia.
- Mantener todas las visitas programadas al laboratorio para evaluar los niveles de potasio sérico.
- Si está tomando un suplemento de potasio, evitar alimentos ricos en potasio y los sucedáneos de sal a base de potasio.
- Tomar suplementos de potasio con la comida para disminuir el malestar digestivo. Diluir los preparados líquidos de potasio en zumo para evitar la irritación esofágica.

EQUILIBRIO ACIDOBÁSICO

La acidosis (ácidos en exceso) y la alcalosis (bases en exceso) no son enfermedades, sino síntomas de un trastorno subyacente. Pueden administrarse agentes ácidos y básicos para corregir con rapidez los desequilibrios del pH en los líquidos corporales apoyando las funciones vitales del paciente mientras se trata la enfermedad subyacente.

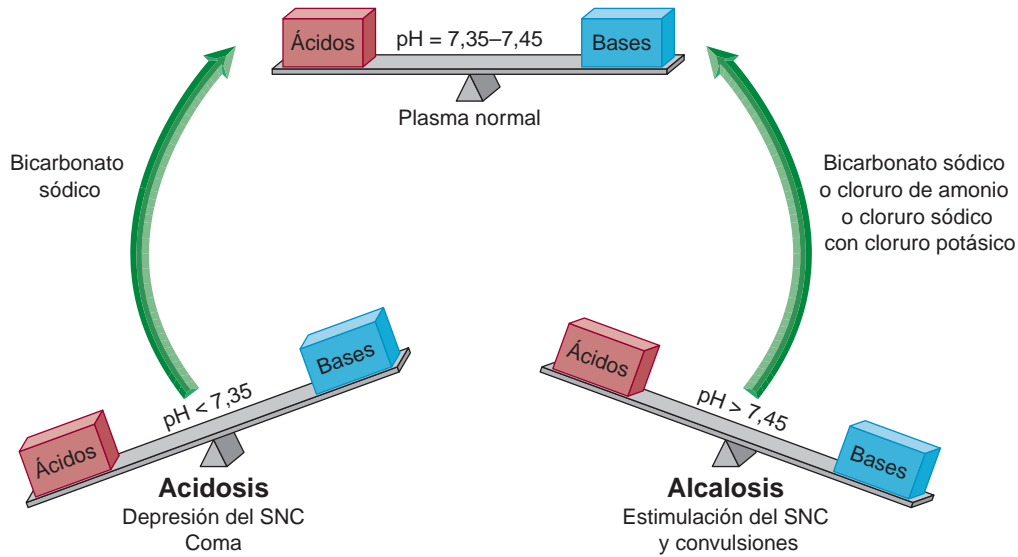
31.8 Tampones y el mantenimiento del pH corporal

El grado de acidez o alcalinidad de una solución se mide por su pH. Un pH de 7 se define como neutro; por encima de

7 como básico o alcalino y por debajo de 7 como ácido. Para mantener la homeostasis, el pH del plasma y de la mayoría de los líquidos corporales debe mantenerse dentro del estrecho intervalo de 7,35 a 7,45. Casi todas las proteínas y enzimas del organismo funcionan óptimamente dentro de este estrecho intervalo de valores de pH. Unas pocas enzimas, la mayoría en particular en el aparato digestivo, requieren valores de pH fuera del intervalo de 7,35 a 7,45 para funcionar adecuadamente. La corrección del desequilibrio acidobásico se ilustra en la ● figura 31.4.

El organismo genera importantes cantidades de ácido durante los procesos metabólicos normales. Sin medios sofisticados para neutralizar estos ácidos metabólicos, el pH total de los líquidos corporales descendería rápidamente por debajo del intervalo normal. Los **tampones** son sustancias químicas que ayudan a mantener el pH corporal normal neutralizando los ácidos y bases fuertes. Los dos principales tampones en el organismo son los iones bicarbonato y los iones fosfato.

El organismo usa dos mecanismos para eliminar el ácido. El dióxido de carbono (CO₂) producido durante el metabolismo corporal es un ácido eliminado de forma eficaz por los pulmones durante la espiración. Los riñones eliminan el ácido en exceso en forma de ión hidrógeno (H⁺) excretándolo por la orina. Si se retuvieran en el organismo, el CO₂ y/o el H⁺ bajarían el pH corporal. Por eso, el pulmón y los riñones colaboran en la eliminación de los ácidos para mantener el equilibrio acidobásico normal.



● **Figura 31.4** Desequilibrios acidobásicos.

31.9 Farmacoterapia de la acidosis

La **acidosis** aparece cuando el pH plasmático desciende por debajo de 7,35, lo que se confirma midiendo el pH arterial, la presión parcial del dióxido de carbono (PCO_2) y las concentraciones de bicarbonato plasmático. Debe establecerse un diagnóstico diferencial entre la etiología respiratoria y la metabólica (renal). En algunos casos el proceso tiene componentes mixtos respiratorio y metabólico. Los síntomas más graves de la acidosis afectan al sistema nervioso central (SNC) e incluyen obnubilación, confusión y depresión del SNC que conduce al coma. Una respiración profunda y rápida refleja un intento de los pulmones para liberar al organismo del ácido en exceso. Las causas frecuentes de acidosis se listan en la tabla 31.5.

En pacientes con acidosis el objetivo terapéutico es revertir con rapidez los efectos de los ácidos en exceso en la sangre. El tratamiento de elección de una acidosis aguda es administrar perfusiones de bicarbonato sódico. El ión bicarbonato actúa como una base para neutralizar con rapidez los ácidos en la sangre y otros líquidos corporales. El paciente debe ser monitorizado con cuidado durante las perfusiones porque este fármaco puede «corregir en exceso» la acidosis haciendo que el pH sanguíneo se vuelva alcalino.

NATUROPATÍA

Vegetales marinos para la acidosis

Los vegetales marinos o algas marinas son un tipo de alga marina que crecen en los niveles superiores del océano donde puede penetrar la luz solar. Ejemplos de estas algas marinas comestibles incluyen la espirulina, el kelp, la clorela, el arame y el nori, muchas de las cuales se usan en la cocina asiática. Las algas marinas se encuentran en lugares costeros a lo largo de todo el mundo. El kelp o laminaria se encuentra en aguas frías de los océanos Atlántico Norte y Pacífico.

Los vegetales marinos contienen una multitud de vitaminas y proteínas. Su aspecto nutricional más destacado, sin embargo, es su contenido mineral. Las plantas marinas contienen más minerales que la mayoría de otras fuentes de alimentos, incluidos el calcio, el magnesio, los fósforos, el hierro, el potasio y todos los oligoelementos esenciales. Debido a que son tan ricas en minerales, las algas marinas actúan como alcalinizadores para la sangre ayudando al organismo a desprenderse de las enfermedades ácidas (acidosis). La espirulina, el kelp y la clorela están disponibles en forma de cápsulas o tabletas.

CONSIDERACIONES DE ENFERMERÍA

El papel del profesional de enfermería en el tratamiento con bicarbonato sódico supone una monitorización cuidadosa de la enfermedad del paciente y proporcionarle educación

Medialink
Add's Animation

TABLA 31.5 Causas de alcalosis y acidosis

Acidosis	Alcalosis
Orígenes respiratorios de la acidosis	Orígenes respiratorios de la alcalosis
hipoventilación o constricción aérea con respiración superficial daño al centro respiratorio en la médula	hiperventilación debida al asma, ansiedad o elevada altitud
Orígenes metabólicos de la acidosis	Orígenes metabólicos de la alcalosis
diarrea grave insuficiencia renal diabetes mellitus ingesta excesiva de alcohol inanición	estreñimiento durante periodos prolongados ingesta excesiva de bicarbonato sódico diuréticos que causan depleción de potasio vómitos graves

**ACCIONES Y USOS**

El bicarbonato sódico es el fármaco de elección para corregir la acidosis metabólica. Tras su disociación, el ión bicarbonato eleva directamente el pH de los líquidos corporales. Puede administrarse por vía oral si la acidosis es leve o por vía IV en casos de enfermedad aguda. Las concentraciones IV varían del 4,2% al 8,4%. Aunque el bicarbonato sódico neutraliza el ácido gástrico, raramente se usa para tratar las úlceras pépticas debido a su tendencia a producir distensión gástrica molesta. Tras su absorción, el bicarbonato sódico hace la orina más básica, lo que ayuda a la excreción renal de fármacos ácidos como los barbitúricos y los salicilatos. La preparación oral de bicarbonato sódico se conoce como *bicarbonato de soda*.

PRECAUCIONES DE ADMINISTRACIÓN

- No añada una preparación oral a soluciones que contengan calcio.
- Administre bicarbonato sódico oral 2-3 horas antes o después de las comidas y otros medicamentos.
- Embarazo categoría C.

FARMACOCINÉTICA

Inicio de acción: 15 minutos por vía oral; inmediato por vía IV.

Pico de acción: 2 horas por vía oral; desconocido por vía IV.

Semivida: desconocida.

Duración del efecto: 1-3 horas por vía oral; 8-10 minutos por vía IV.

EFFECTOS ADVERSOS

La mayoría de los efectos adversos del tratamiento con bicarbonato sódico son el resultado de la alcalosis metabólica producida al recibir demasiado ión bicarbonato. Los síntomas pueden incluir confusión, irritabilidad, frecuencia respiratoria lenta y vómitos. Tras interrumpir la perfusión de bicarbonato sódico, a menudo desaparecen estos síntomas; sin embargo, se pueden administrar cloruro potásico o cloruro de amonio para revertir la alcalosis aguda. Durante las perfusiones de bicarbonato sódico los electrolitos séricos deberían monitorizarse con cuidado ya que los niveles de sodio pueden aumentar y producir hipernatremia y retención de líquidos. Además, los niveles elevados de ión bicarbonato atravesando los túbulos renales aumentan la secreción de potasio y es posible que aparezca hipotatemia.

Contraindicaciones: el bicarbonato sódico está contraindicado en pacientes con hipertensión, afectación renal, úlceras pépticas, excesiva pérdida de cloro debida a aspiración digestiva, diarrea y vómitos.

INTERACCIONES

Fármaco-fármaco: el bicarbonato sódico puede disminuir la absorción de ketoconazol y la eliminación de dextroanfetamina, efedrina, pseudoefedrina y quinidina. La eliminación de litio, salicilatos y tetraciclinas puede estar aumentada.

Pruebas de laboratorio: aumento del pH urinario y sérico. Los niveles de urobilinógeno urinario pueden aumentar.

Herboristería/alimentos: el uso crónico con leche o suplementos de calcio puede ocasionar un síndrome de leche-alcalinos, una enfermedad caracterizada por una hipercalcemia grave y posible insuficiencia renal.

Tratamiento de la sobredosis: la sobredosis produce una alcalosis metabólica que se trata con la administración de agentes ácidos (v. apartado 31.10).



Véase en la página web complementaria un proceso de enfermería específico de este fármaco.

en lo que se refiere al tratamiento farmacológico prescrito. El bicarbonato sódico se administra para neutralizar los estados de acidosis, por eso analice en primer lugar los informes de la gasometría arterial sobre pH, niveles de dióxido de carbono (PCO_2), niveles de bicarbonato (HCO_3^-) y el estado de oxigenación (PO_2 y saturación de O_2). Valore en el paciente los síntomas asociados con la acidosis como la somnolencia, el coma, la desorientación, el mareo, la cefalea, las convulsiones y la hipoventilación. También valore en el paciente los factores causales que podrían producir acidosis como la diabetes mellitus, el shock y la diarrea. La acidosis se corrige con frecuencia cuando la enfermedad subyacente se trata con éxito.

El paciente que recibe bicarbonato sódico es propenso a la alcalosis, especialmente si se ha administrado una cantidad excesiva. Monitorice al paciente para detectar síntomas de alcalosis, como la irritabilidad, la confusión, la cianosis, las respiraciones lentas, el pulso irregular y la debilidad muscular. Estos síntomas deberían alertar sobre la retirada de la medicación y se debería informar al médico.

Existen diferentes contraindicaciones y precauciones en relación con la administración del bicarbonato sódico. Los pacientes que están vomitando o aquellos que presentan aspiración digestiva continua perderán ácido y cloro y pueden estar en un estado de alcalosis metabólica; por tanto, no deberían recibir bicarbonato sódico ya que puede empeorar su alcalosis. Debido al contenido en sodio de este fármaco,

utilícelo de forma juiciosa en aquellos pacientes con enfermedad cardíaca y afectación renal.

El bicarbonato sódico también puede usarse para alcalinizar la orina y acelerar la excreción de sustancias ácidas. Este proceso es útil en el tratamiento de la sobredosis de ciertos medicamentos ácidos, como la aspirina y el fenobarbital, y como tratamiento adyuvante para ciertos fármacos quimioterápicos, como el metotrexato. El bicarbonato sódico también se usa en la insuficiencia renal crónica para neutralizar la acidosis metabólica que aparece cuando los riñones no pueden excretar el ión hidrógeno. Cuando se administra bicarbonato sódico IV la orina se hace más alcalina. Se reabsorbe menos ácido en los túbulos renales, por lo que se excreta más ácido y fármaco ácido. Este proceso se conoce con el nombre de *atrapamiento de iones*. Monitorice estrechamente el estado acidobásico e informe al médico de la aparición de síntomas de desequilibrio. Proporcione asistencia dirigida hacia el apoyo de las funciones corporales críticas como los estados cardiovascular, respiratorio y neurológico que pueden estar afectados de forma secundaria a la sobredosis del fármaco.

El bicarbonato sódico (bicarbonato de sosa) se usa como un remedio casero para neutralizar el ácido gástrico, aliviar el ardor o acidez del estómago. Aunque se acepta el uso ocasional, tenga presente que los pacientes pueden malinterpretar los síntomas cardíacos como la pirosis o pueden abusar del bicarbonato llevando a la alcalosis sistémica.

Educación del paciente. La educación del paciente en relación con el bicarbonato sódico debería incluir los objetivos del tratamiento, las razones para obtener datos basales como las constantes vitales y los niveles de electrolitos y los posibles efectos secundarios del fármaco. Incluya los siguientes puntos cuando enseñe a los pacientes sobre el bicarbonato sódico:

- Informar inmediatamente al médico si continúan las molestias gástricas o se acompañan de dolor torácico, disnea o diaforesis.
- Utilizar antiácidos sin sodio para evitar la absorción de sodio o bicarbonato en exceso a la circulación sistémica.
- No utilizar antiácidos de ningún tipo, incluido el bicarbonato sódico, más de 2 semanas sin consultar a su médico.

31.10 Farmacoterapia de la alcalosis

La **alcalosis** aparece con valores de pH plasmático por encima de 7,45. Como la acidosis, la alcalosis puede tener causas respiratorias o metabólicas, como se recoge en la tabla 31.5. Igual que sucede con la acidosis, el sistema nervioso central se afecta de forma importante. Se presentan síntomas de estimulación del SNC, incluidos nerviosismo, reflejos hiperactivos y convulsiones. En la alcalosis metabólica una respiración lenta y profunda indica que el organismo está intentando compensar reteniendo ácido y reduciendo el pH interno.

En casos leves, la alcalosis puede corregirse administrando cloruro sódico junto con cloruro potásico. Esta combinación aumenta la excreción renal del ión bicarbonato que eleva de forma indirecta la acidez de la sangre. Una alcalosis más grave puede tratarse con perfusiones de un fármaco ácido, como el cloruro de amonio.

CONSIDERACIONES DE ENFERMERÍA

El papel del profesional de enfermería en el tratamiento con cloruro de amonio supone una monitorización cuidadosa de la enfermedad del paciente y proporcionarle educación en lo que se refiere al tratamiento farmacológico prescrito. El cloruro de amonio se administra en la alcalosis metabólica grave, por eso valore el pH en los informes de la gasometría arterial antes de su administración. El principal tratamiento para la alcalosis metabólica y respiratoria es intentar, en primer lugar, corregir la enfermedad subyacente que ha ocasionado el desequilibrio. La administración de cloruro de amonio se usa en la práctica clínica sólo cuando la alcalosis es tan grave que el pH debe ser restaurado con rapidez para evitar consecuencias que pongan en peligro la vida. Este fármaco está contraindicado en presencia de enfermedad hepática debido a que su acción de acidificación depende de un funcionamiento hepático adecuado para convertir los iones amonio en urea.

Durante la perfusión IV de cloruro de amonio valore continuamente la aparición de acidosis metabólica y la toxicidad del amonio. Los síntomas de los niveles tóxicos de amonio incluyen palidez, sudoración, respiración irregular, arcadas, bradicardia, espasmos y convulsiones. Si el paciente presenta cualquiera de estos síntomas, interrumpa inmediatamente la perfusión y contacte con el médico.

Monitorice estrechamente también el estado renal del paciente durante la administración del cloruro de amonio ya que la excreción de este fármaco depende de una función renal normal. Monitorice la proporción de entradas y salidas, el peso corporal, el estado de los electrolitos y los estudios de función renal para detectar cualquier signo de afectación renal.

Cuando se administra cloruro de amonio por vía IV, monitorice estrechamente el sitio de la perfusión ya que este fármaco es extremadamente irritante para las venas y puede producir una inflamación grave. Perfunda el fármaco lentamente, a una velocidad inferior a 5 mL/min, para evitar la toxicidad del amoniaco.



FÁRMACO PROTOTÍPICO

Cloruro de amonio

Agente ácido

ACCIONES Y USOS

Una alcalosis metabólica grave puede revertirse con la administración de agentes ácidos como el cloruro de amonio. Durante la conversión hepática de cloruro de amonio a urea, se forman Cl^- y H^+ y el pH de los líquidos corporales disminuye. El cloruro de amonio acidifica la orina, lo que resulta beneficioso para tratar ciertas infecciones del tracto urinario. Históricamente, el cloruro de amonio se ha usado como un diurético, aunque la introducción de agentes más seguros y eficaces han hecho su uso obsoleto. Acidificando la orina, el cloruro de amonio promueve la excreción de fármacos alcalinos como las anfetaminas. Existen en el mercado formas por vía oral e IV; cuando se administra para la acidosis, se prefiere la vía IV.

PRECAUCIONES DE ADMINISTRACIÓN

- La solución IV debería perfundirse lentamente (no más de 5 mL/min) para evitar la toxicidad del amoniaco.
- Embarazo categoría B.

FARMACOCINÉTICA

No está disponible la información farmacocinética de este fármaco.

EFFECTOS ADVERSOS

En general, el cloruro de amonio se perfunde lentamente para minimizar el potencial de producir acidosis. El profesional de enfermería debería vigilar la aparición de signos de depresión del SNC que es característica de la acidosis.

Contraindicaciones: el cloruro de amonio no debería administrarse a pacientes con afectación hepática o renal grave o con acidosis respiratoria.

INTERACCIONES

Fármaco-fármaco: el cloruro de amonio puede producir cristaluria cuando se administra con ácido aminosalicílico. Reduce las concentraciones de anfetaminas, flecainida, mexiletina, metadona, efedrina y pseudoefedrina. La excreción urinaria de sulfonilureas y salicilatos está disminuida.

Pruebas de laboratorio: las concentraciones séricas de amoniaco y AST están elevadas. Las concentraciones de magnesio sérico pueden disminuir.

Herboristería/alimentos: desconocidas.

Tratamiento de la sobredosis: la sobredosis produce acidosis metabólica que se trata administrando agentes alcalinos (v. apartado 31.9).



Véase en la página web complementaria un proceso de enfermería específico de este fármaco.

CÓMO EVITAR ERRORES DE MEDICACIÓN

Un médico prescribe digoxina 1,25 mg, pero quiso escribir 0,125. El estudiante de enfermería administra 1,25 mg de digoxina. ¿Quién es el responsable? ¿El médico? ¿El profesional de enfermería de planta? ¿El profesor de enfermería? ¿La supervisora o coordinadora?

Como el bicarbonato sódico, el cloruro de amonio se usa como un agente de atrapamiento iónico en el tratamiento de las sobredosis de fármacos. El cloruro de amonio acidifica la orina, lo que aumenta la excreción de sustancias alcalinas como las anfetaminas, la fenciclidina (PCP/polvo de ángel) y otras sustancias básicas. Las sobredosis de sustancias alcalinas pueden comprometer de forma importante los estados cardiovascular, respiratorio y neurológico. El papel del profesional de enfermería para este tipo de paciente trata de monitorizar su estado ácido básico y mantener las funciones corporales críticas.

Educación del paciente. La educación del paciente en relación con el cloruro de amonio debería incluir los objetivos

del tratamiento, las razones para obtener datos basales como las constantes vitales y la existencia de trastornos renales subyacentes y los posibles efectos secundarios del fármaco. Incluya los siguientes puntos cuando enseñe a los pacientes acerca del cloruro de amonio:

- Informar del dolor en el sitio de la inyección IV.
- Si la medicación se toma por vía oral, informar de la aparición de anorexia, náuseas, vómitos y sed.
- Si la medicación se administra por vía parenteral, informar de la aparición de erupción cutánea, dolor de cabeza, bradicardia, somnolencia, confusión, depresión y excitación alternando con coma.
- No tomar tabletas de cloruro de amonio durante más de 6 días.
- Informar de la aparición de molestias digestivas graves, fiebre, chapetas malares y cambios en el color de la orina o de las heces.
- Tomar la medicación después de las comidas o usar comprimidos con cubierta entérica para disminuir las molestias digestivas; tragar los comprimidos enteros.



REVISIÓN DEL CAPÍTULO

CONCEPTOS CLAVE

Los conceptos clave numerados proporcionan un breve resumen de los aspectos más importantes de cada uno de los apartados correspondientes dentro del capítulo. Si alguno de estos puntos no está claro, acuda al apartado con el mismo número dentro del capítulo para su revisión.

- 31.1** Existe un intercambio continuo de líquidos a través de las membranas que separan los compartimentos de líquido intra y extracelular. Las moléculas grandes y aquellas ionizadas son menos capaces de atravesar las membranas.
- 31.2** La osmolalidad se refiere al número de solutos disueltos (generalmente sodio, glucosa o urea) en un líquido corporal. Los cambios en la osmolalidad de los líquidos corporales pueden hacer que el agua se mueva a diferentes compartimentos.
- 31.3** El equilibrio total de líquidos se consigue a través de mecanismos complejos que regulan la entrada y salida de líquidos. La sustancia que en mayor medida contribuye a la osmolalidad es el sodio, que es controlado por la hormona aldosterona.
- 31.4** El tratamiento con líquidos intravenosos usando cristaloides y coloides sustituye los líquidos perdidos. Los coloides son moléculas grandes que permanecen en el espacio intravascular para expandir con rapidez el volumen plasmático. Los cristaloides contienen electrolitos y se distribuyen fundamentalmente a los espacios intersticiales.
- 31.5** Los electrolitos son moléculas inorgánicas con carga esenciales para la conducción nerviosa, la permeabilidad de las membranas, el equilibrio del agua y otras funciones corporales críticas. Los desequilibrios pueden producir anomalías graves.
- 31.6** El sodio es fundamental para mantener la osmolalidad, el equilibrio de agua y el acidobásico. La hipernatremia puede corregirse con líquidos IV hipotónicos o diuréticos y la hiponatremia puede tratarse con perfusiones de cloruro sódico. La hiponatremia dilucional se trata con diuréticos.
- 31.7** El potasio es esencial para unas adecuadas funciones nerviosa y muscular, así como para mantener el equilibrio acidobásico. La hiperpotasemia puede tratarse con glucosa e insulina o mediante la administración de sulfonato de poliestireno. La hipopotasemia se corrige con suplementos de potasio oral o intravenoso.
- 31.8** Los tampones del organismo mantienen el pH total dentro de unos límites estrechos. Los riñones y los pulmones trabajan juntos para eliminar el exceso de ácido metabólico.
- 31.9** La farmacoterapia de la acidosis, un pH plasmático por debajo de 7,35, incluye la administración de bicarbonato sódico.
- 31.10** La farmacoterapia de la alcalosis, un pH plasmático por encima de 7,45, incluye la administración de cloruro de amonio o cloruro sódico con cloruro potásico.