

BIOQUÍMICA CLÍNICA

PARA CIENCIAS DE LA SALUD

CAPÍTULO VII

ELECTROLITOS



EDICIONES **MAWIL**

Los electrólitos son un conjunto de elementos ionizados que se encuentran disueltos en la sangre y otros líquidos del organismo. Los electrólitos comunes incluyen: el calcio, el cloro, el magnesio, el fósforo, el potasio, y el sodio. Éstos pueden presentarse como ácidos, álcalis o sales.

Cumplen diversas funciones entre las que se encuentran mantener la osmolaridad plasmática normal y a su vez, los gradientes de concentración entre los medios intra y extra celular que permiten la osmosis y la difusión de los solutos a estos compartimientos; asimismo mantienen el equilibrio ácido-base, para mantener el pH estable de la sangre, sirven de transportadores a nivel de la membrana celular, en el intercambio de solutos en la membrana celular participando estructuralmente en las bombas o compuertas de ésta; en la contracción muscular y en la creación de los potenciales de acción de las células nerviosas, entre otras, múltiples.

La disminución en la concentración normal de electrolitos en sangre puede producirse por pérdidas masivas de líquidos corporales, como en el vómito, las diarreas, las diuresis profusas, consumo excesivo de agua (produce dilución), entre otras. También puede ocasionarse una disminución de los electrolitos cuando estos no son ingeridos en la dieta.

Por otra parte, puede darse la elevación de electrolitos cuando se pierde agua de manera profusa, como en las diarreas osmóticas, el sudor excesivo y una diuresis sin pérdida de electrolitos.

En condiciones fisiológicas normales, el cuerpo exhibe mecanismos muy eficientes para mantener el equilibrio electrolítico, pero esto no ocurre cuando las causas son patológicas (por la falla de alguna hormona o mecanismo de control) o exógenas no controladas (cuando el sujeto se somete a condiciones adversas como calor extremo, o consume sustancias químicas que desajustan los mecanismos ácido-base).

Tanto el aumento, como la disminución de los electrolitos, en condiciones patológicas, producen daños al organismo que pueden ir desde leves y transitorios (convulsiones) hasta graves e irreversibles (daño cerebral), en incluso la muerte; ocasionados, básicamente, por la pérdida del equilibrio ácido base y el aumento o disminución de la osmolaridad plasmática.

En un laboratorio de bioquímica, los electrolitos se pueden medir por separado o en conjunto. Tal es el caso del cloro, sodio y potasio. Las casas comerciales, han desarrollado equipos que leen estos tres elementos en pocos segundos, en una misma corrida de muestra. Algunos instrumentos incluso incorporan otras pruebas como la determinación del pH sanguíneo y los gases venosos o arteriales, así como el magnesio, para crear el conjunto de pruebas denominado pruebas metabólicas básicas.

Los electrolitos también pueden ser medidos en orina con el fin de evaluar la filtración y reabsorción renal mediante técnicas específicas de estos solutos, o bien, para compararlo con los niveles en sangre, y determinar la causa de su aumento o disminución (48).

Sodio

El sodio es un elemento químico de símbolo Na, que se le atribuye porque su nombre de origen latino es *natrium*, por ello, al aumento de sodio en la sangre se le conoce como hipernatremia y su disminución hiponatremia.

En el cuerpo humano, el catión sodio (Na^+) juega un rol importante en el metabolismo celular, con las despolarizaciones de las células sensitivas. Contribuye con la osmolaridad plasmática y participa, además, en la contracción muscular, el equilibrio ácido-base y la absorción de nutrientes por las membranas.

La alteración de los valores del sodio suele asociarse a pérdidas electrolíticas por deshidratación en vómitos, diarreas, y sudoración profusa; en disfunciones renales, trastornos asociados a la aldosterona, y otros problemas metabólicos (49).

Objetivos

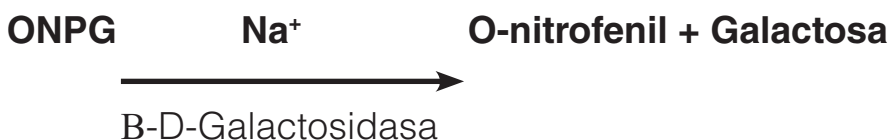
1. **Propósito preventivo:** Recién nacidos, adultos mayores, diabetes, enuresis, atletas de alto rendimiento.
2. **Propósito reactivo:** Vómitos, diarreas, personas con oliguria o anuria, micciones con exceso de espuma, hematuria, proteínas positivas en un examen simple de orina parcial, insuficiencia renal, diabetes mellitus.
3. **Propósito de control:** Pacientes con insuficiencia renal aguda o crónica.

Fundamentos

Método 1: Enzimático/cinético

El sodio activa la reacción enzimática entre la beta-D-galactosidasa dependiente de sodio, y su sustrato el o-nitrofenil-D-galactopiranosas, generando o-nitrofenil y galactosa. La velocidad de formación de los productos, medible por espectrofotometría, es directamente proporcional a la cantidad de sodio presente en la muestra. Las absorbancias se leen a los 60 y 180 s (50).

ESQUEMA DE LA REACCION QUIMICA



Método 2: Colorimétrico.

El sodio es precipitado como una sal triple, el acetato de uranilo de magnesio y sodico, con el exceso de uranio, luego de haber reaccio-



nado con ferrocianuro, se produce un cromóforo cuya absorbancia es inversamente proporcional a las concentraciones de sodio presentes en la muestra.

Condiciones

- Muestra: Suero obtenido por métodos estándar, u orina de 24 horas, centrifugada, no requiere dilución.
- Analito estable por 7 días en refrigeración, y 12 meses a -20°C.
- Evitar muestras fuertemente hemolizadas, ictericas o lipémicas.

Valores de referencia

- Sangre: 135-155 mEq/L
- Orina de 24 h: 40-220 mEq/L/24h

Diagnóstico

Algunas causas de hipernatremia son trastorno de la hormona vasopresina o ADH bien sea por un problema hipofisario o por disfunción renal, a pérdidas excesivas de agua sin pérdida de sales y algunos trastornos neurológicos. Evaluación clínica: polidipsia, poliuria, espasmos musculares, entre otros.

La hiponatremia se produce por pérdidas elevadas de sodio por el empleo de diuréticos, por diuresis osmótica, por afecciones renales. Evaluación clínica: náuseas, vómitos, calambres musculares, alteraciones visuales, cefalea, letargia, convulsiones, coma, etcétera.

En orina, los niveles de sodio pueden estar causados por: medicamentos (diuréticos), baja alteración de las glándulas suprarrenales, nefropatías, ingesta elevada de sal en la dieta.

Los niveles por debajo del valor de referencia, en orina pueden deberse a: hiperaldosteronismo, por trastorno de la glándula suprarrenal, deshidratación, diarrea y pérdida de líquidos, insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal, cirrosis hepática, entre otras causas.

Potasio

El potasio es un elemento químico cuyo símbolo es K, por su nombre latino *Kalium*. Es el catión presente en mayor concentración en el medio intracelular del cuerpo humano. Entre sus principales funciones se encuentra que participa en el equilibrio osmótico y el equilibrio ácido-base. También está involucrado en las contracciones musculares en la transmisión del impulso nervioso mediante los potenciales de acción celular (51).

Objetivo

1. **Propósito preventivo:** Recién nacidos, adultos mayores, diabetes, enuresis, atletas de alto rendimiento.
2. **Propósito reactivo:** Vómitos, diarreas, personas con oliguria o anuria, micciones con exceso de espuma, hematuria, proteínas positivas en un examen simple de orina parcial, insuficiencia renal, diabetes mellitus.
3. **Propósito de control:** Pacientes con insuficiencia renal aguda o crónica.

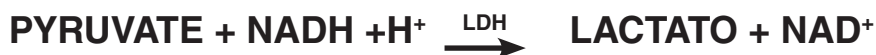
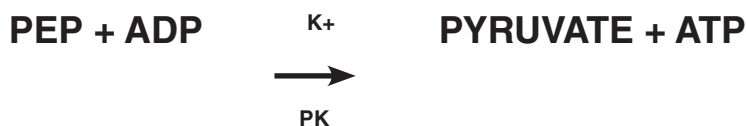
Método: Enzimático

Fundamentos

El Potasio se determina enzimáticamente a través de la actividad de ADP, usando como sustrato fosfoenolpiruvato. El piruvato formado reacciona con el NADH en presencia de LDH para formar Lactato y NAD. El correspondiente descenso de absorbancia a 340 nm es proporcional a la concentración de potasio (52).



ESQUEMA DE LA REACCION QUIMICA



Condiciones

- Muestra: Preferiblemente suero obtenido por métodos estándar, u orina de 24 horas, centrifugada, no requiere dilución. Puede usarse plasma heparinizado.
- Analito estable por 14 días en refrigeración.
- Evitar muestras hemolizadas.

Valores de referencia

- Suero: 3,4 a 5,3 mEq/L
- Orina 24 h: 25 a 125 mEq/L al día.

Diagnóstico

Disminución en las concentraciones de potasio sérico (hipokalemia) puede producir daños orgánicos importantes que pueden llegar a conducir a la muerte. Las causas más comunes de la hipokalemia son: diarrea, diuresis elevada, vómitos y deshidratación. Observar los rasgos clínicos como: debilidad muscular, fatiga, astenia, calambres, íleo, estreñimiento, arritmias cardíacas, parálisis respiratorias y alcalosis.

La hiperkalemia, es un trastorno electrolítico grave, y se debe, comúnmente a: aumento del ingreso al cuerpo por vía oral o parenteral, insuficiencia renal. Los principales signos clínicos son: parestesias, debilidad, insuficiencia respiratoria, náuseas, vómitos, arritmias ventriculares y paro cardíaco.

En orina niveles elevados de potasio se generan, comúnmente, a consecuencia de acidosis metabólica, anorexia, bulimia, necrosis tubular renal, hipomagnesemia y daños musculares.

Concentraciones muy bajas en orina se deben fundamentalmente a: medicamentos como los betabloqueantes, el litio, el trimetoprim, los diuréticos ahorradores de potasio y los AINES. También por problemas en las glándulas suprarrenales con escasa producción de la aldosterona.

Cloro

El cloro es un tipo de electrolito, que en el organismo se encuentra en su forma molecular denominada cloruro. A igual que los otros electrolitos, el cloro, con su carga eléctrica negativa, contribuye con el balance osmótico y el equilibrio ácido-base del organismo. El cloro por lo general se mide junto con el sodio y el potasio para el despistaje de trastornos de salud como las enfermedades del hígado o del riñón, la insuficiencia cardíaca y la hipertensión arterial.

La determinación de cloro en sangre es importante también en casos de pérdidas de líquidos con posibles problemas con el equilibrio ácido-base. En casos de vómitos, diarrea, cansancio, debilidad, disnea, etcétera (48).

Objetivos

- 1. Propósito preventivo:** Recién nacidos, adultos mayores, diabetes, enuresis, atletas de alto rendimiento.
- 2. Propósito reactivo:** Vómitos, diarreas, personas con oliguria o anuria, micciones con exceso de espuma, hematuria, proteínas positivas en un examen simple de orina parcial, insuficiencia renal y diabetes mellitus.
- 3. Propósito de control:** Pacientes con insuficiencia renal aguda o crónica.



Método: Colorimétrica

Fundamentos

Los iones de cloro presentes en la muestra, reaccionan con el tiocianato de mercurio, generando cloruro de mercurio e iones de tiocianato. Éstos se combinan con iones férricos formando tiocianato férrico, de color amarillo, que es directamente proporcional a la concentración del cloro presente en la muestra.

Condiciones

- Suero, plasma u orina de 24 horas centrifugada sin diluir.
- Se acepta el uso de los anticoagulantes EDTA, oxalato y heparina.
- Separar cuanto antes el suero o plasma del paquete celular. Esto debe hacerse antes de que transcurra una hora de la extracción.
- El analito es estable por 7 días bajo refrigeración y por 6 meses a -10°C .

Valores de referencia

- Suero o plasma: 97-106 mEq/L
- Orina: 170-254 mEq/L

Diagnóstico

Algunas causas de hipocloremia son: deshidratación, insuficiencia renal, acidosis y alcalosis.

Las causas más comunes para la hipercloremia son: Insuficiencia cardíaca o respiratoria, y trastornos de las glándulas suprarrenales (53).

Calcio

El Calcio es uno de los electrolitos que cumple múltiples funciones de gran importancia para el organismo: forma parte esencial en la estructura de huesos y dientes, cumple funciones metabólicas, regulación enzimática, influye sobre la función de transporte de las membranas

celulares, juega un papel crucial en la liberación de neurotransmisores. y en la regulación de la frecuencia cardíaca.

El calcio sérico está constituido por de tres fracciones: el calcio iónico, conocido como inorgánico; el calcio anicónico, unido a los fosfatos; y el calcio ligado a proteínas (albúmina, globulina, y enzimas). El calcio iónico es el que realiza la mayoría de funciones metabólicas.

Las concentraciones de calcio en el organismo están controladas fundamentalmente por la parathormona, la calcitonina y la vitamina D.

El consumo de calcio que una persona requiere depende de su edad y de otras causas. Los niños precisan más calcio que los adultos jóvenes. Las mujeres, durante, y después del embarazo, o después de 45 años, necesitan del calcio para evitar la osteoporosis (54).

Objetivo

- 1. Propósito preventivo:** Mujeres embarazadas o mayores de 45 años.
- 2. Propósito reactivo:** Estados de pérdidas de líquidos. Fragilidad ósea. Pacientes operados de la tiroides. Embarazo. Niños que muestran trastornos del crecimiento y personas con orinas recurrentes que presentan cristales de oxalato de calcio abundantes.
- 3. Propósito de control:** Pacientes con osteoporosis y pacientes con problemas de malabsorción.

Método: Colorimétrico

Fundamentos

Se hace reaccionar el calcio con la o-cresolftaleína complexona, en un medio alcalino, de esta reacción resulta un complejo color púrpura, que se puede medir foto colorimétricamente.



ESQUEMA DE LA REACCION QUIMICA



Relación Calcio/Creatinina

Los pediatras suelen solicitar varias pruebas de calcio en orina, cuando se encuentran con niños con dificultades para crecer por causa de una excreción de calcio anormal por el riñón.

Estos exámenes son:

Día 1

Calcio en orina de 24 horas, con el fin de establecer la cantidad diaria de calcio excretada por la orina.

Día 2

Relación calcio/creatinina con muestra en ayunas. Se recolecta la segunda micción de la mañana, en estado de ayuno de al menos 8 h.

Relación calcio/creatinina, con muestra postprandial. Luego de tomarse la primera muestra, el niño debe desayunar, lo que consume normalmente pero se le adiciona un vaso de leche. La siguiente micción que produzca, se recolecta para hacer la segunda relación.

Estas pruebas se analizan comparativamente para determinar si la causa del trastorno del crecimiento del niño se debe a la excreción patológica del calcio por los riñones.

Día 3

Al menos una semana después del día 2. Repetición de todo el procedimiento anterior.

Con dos relaciones con valores de la relación calcio/creatinina por encima de 2, se puede establecer que el paciente sufre de una Hipercalcemia. Otras pruebas, junto con la clínica, determinarán las causas y el diagnóstico definitivo (55).

Condiciones

- Preferiblemente usar suero. De usarse plasma debe ser con heparina. Se debe separar el suero o plasma del coágulo, antes de transcurrir 2 horas de haberse tomado la muestra.
- Se puede efectuar la prueba con orina, parcial o de 24 horas.
- Las muestras para esta prueba deben ser recién tomadas. Pueden conservarse 7 días de 2-10 °C o más de 5 meses en el congelador, sin agregado de conservantes.

Valores de referencia

- Suero: 8,5 - 10,5 mg/dL
- Orina: hasta 300 mg/24 h (para una dieta normal)
- Relación calcio/creatinina: hasta 0,2

Diagnóstico

Cuando se produce una hipocalcemia a largo plazo, y ocurre desde temprana edad del paciente, pueden presentarse la osteomalacia, el raquitismo y la osteoporosis. También puede producirse calambres, por causa de tetania muscular. También, la hipocalcemia, por múltiples y complejos mecanismos, puede contribuir con el agravamiento de la hipertensión arterial, la hipercolesterolemia, el cáncer de colon y recto, etcétera.

Cuando una hipercalcemia cursa con altas concentraciones de vitamina D, esto puede favorecer una calcificación excesiva en los huesos y tejidos blandos. Asimismo, esta condición interfiere con la absorción de hierro y zinc.



Hipercalciuria es el nombre que recibe el aumento de los valores normales de calcio en orina. Si esto sucede puede sugerir, que el sujeto está en riesgo de sufrir de una litiasis renal, hiperparatiroidismo, sarcoidosis, entre otras causas.

Si por el contrario se determina hipocalciuria, esto puede estar asociado a un hipoparatiroidismo, a una deficiencia de vitamina D, o algún trastorno renal (56).