

Práctica 6

Transporte de H como proceso de regulación del metabolismo

Fuente: Manual de prácticas de laboratorio. Bioquímica. Facultad de Medicina. UNAM. URL:
http://www.facmed.unam.mx/fm/pa/2010/practicas/practicas_bioquimica.pdf

Referencia:

1. Devlin TM. Bioquímica. Libro de texto con aplicaciones clínicas. 4a. ed. Barcelona: Editorial Reverte; 2004.
2. Montgomery R. Bioquímica: casos y texto. 6a. ed. Editorial Harcourt-Brace; 1998: cap.4.
3. Villazón SA, Cárdenas CO, Villazón.

Tiempo de práctica: 3 horas

Objetivos

1. Al finalizar la práctica, el alumno constatará las actividades reguladoras del pulmón y el riñón para mantener el equilibrio ácido-base en condiciones que tienden a romperlo.
2. Mediante la determinación del pH observará la variación de la concentración de hidrogeniones en la orina de un individuo que ha realizado ejercicio muscular intenso.
3. Relacionará los resultados obtenidos con los cambios metabólicos originados por el ejercicio muscular intenso.

Conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué es importante que se mantenga constante, dentro de ciertos límites, el pH en el organismo?
2. ¿Cuáles son las fuentes de iones H⁺ en el organismo?
3. ¿Cuáles son los sistemas reguladores que facilitan la eliminación del H⁺ producido en el organismo con el fin de mantener constante el pH sanguíneo?
4. ¿Qué sistemas amortiguadores participan directamente en la regulación del pH sanguíneo?
5. ¿Cuáles son los sistemas extrasanguíneos que tienden a mantener el pH extracelular?
6. a). ¿Cómo participan el aparato respiratorio y el riñón en el control del pH sanguíneo?

INTRODUCCIÓN

Dentro de los mecanismos de regulación de que dispone el organismo para mantener la integridad fisiológica, aquellos involucrados en la homeostasis del pH en los fluidos extracelulares desempeñan un papel crucial para la supervivencia del individuo. En este sentido cabe señalar que, como resultado de la oxidación de los alimentos, un humano

adulto promedio produce alrededor de 20 moles de CO_2 al día, Al difundir a la sangre, gran parte de dicho gas se combina con al agua en el interior de los eritrocitos, produciendo ácido carbónico (H_2CO_3), reacción que es seguida por la disociación del H_2CO_3 para producir el anión bicarbonato HCO_3^- y un ión hidrógeno (H^+). Dado el carácter de ácido débil del H_2CO_3 , la fracción disociada del mismo es pequeña; sin embargo, considerando la gran cantidad de CO_2 que produce el organismo, la acidificación de los fluidos extracelulares sería importante en ausencia de mecanismos reguladores. En el hombre, la intervención de los pulmones y los riñones evita que ocurra tal acidificación manteniendo en un nivel constante la concentración de H^+ y, por consiguiente, del pH.

Para entender el papel que juegan ambos órganos en la homeostasis del equilibrio ácido-base, debe tenerse presente que el sistema del ácido carbónico implica la participación de un componente gaseoso o volátil (el CO_2) y dos componentes no volátiles (el HCO_3^- y el H^+). En la sangre, el equilibrio entre dichos componentes determina el valor del pH sanguíneo, que puede evaluarse mediante la bien conocida ecuación de Henderson-Hasselbach. En el individuo normal, dicho valor fluctúa en un promedio 7.4, siendo la sangre venosa –enriquecida en CO_2 ligeramente más ácida en relación con la sangre arterial. Ahora bien, ya que a temperatura ambiente el CO_2 existe en estado gaseoso, la cantidad de CO_2 disuelto en la sangre dependerá de la presión parcial (P_{CO_2}) ejercida por el mismo a nivel de los alvéolos pulmonares. En el humano, la magnitud de dicha P_{CO_2} es de aproximadamente 40 mmHg lo que se traduce en una concentración de CO_2 sanguíneo de aproximadamente 25 mM; este último valor incluye no solo el CO_2 como tal, sino también el bicarbonato y el ácido carbónico. Considerando el pH sanguíneo normal y el pKa del sistema bicarbonato-ácido carbónico, la relación $[\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2]$ es de aproximadamente 20. Es precisamente la P_{CO_2} la que es controlada por los pulmones, ya que durante el proceso de la exhalación se elimina CO_2 , manteniendo constante la P_{CO_2} en los alvéolos y evitando así que aumente el nivel de CO_2 , disuelto en la sangre. Todo proceso o patología que se manifieste en una alteración en la frecuencia y/o profundidad del proceso de inhalación-exhalación, dará como resultado una alteración de la P_{CO_2} alveolar –aumentándola o disminuyéndola, -con la siguiente modificación del nivel de CO_2 disuelto en sangre y, por consiguiente, del pH.

Por lo que respecta a los riñones, su participación en el mantenimiento de un pH extracelular constante se da a través de dos mecanismos: la excreción de equivalentes ácidos (H^+) hacia la orina y la regulación de la cantidad de HCO_3^- reabsorbido hacia la sangre desde el filtrado glomerular. A diferencia del intercambio gaseoso en los pulmones, los mecanismos de regulación renal son de largo plazo, por lo que su efecto será manifiesto en cuestión de horas. Su importancia se enfatiza en situaciones patológicas donde se altera el intercambio de gases pulmonar (es decir, en la acidosis y alcalosis respiratorias), en cuyo caso es necesario aumentar o disminuir la tasa de reabsorción del HCO_3^- , o bien en estados fisiológicos que producen cantidades importantes de ácidos orgánicos (por ejemplo, en la diabetes no controlada o durante el ejercicio intenso) donde se incrementa la excreción de H^+ . Gran parte de este último

aparece en la orina a complejado con el amoníaco en forma de ión amonio (NH_4^+) o asociado con el fosfato en forma de fosfato monobásico de sodio (NaH_2PO_4), representando este último la llamada acidez titulable. En general, el pH de la orina será un reflejo de la producción de ácidos no volátiles por el organismo.

El resultado final de los mecanismos fisiológicos que participan en el mantenimiento del equilibrio ácido-base es el de mantener el pH extracelular en un rango compatible con el funcionamiento adecuado del organismo.

Material

- Diez probetas o vasos de precipitado.
- Orina.
- Solución de bicarbonato de sodio a 3%.
- Potenciómetro.

Método

Un alumno por equipo desayunará o comerá normalmente (evitar ingestión de jugos ácidos); después hará lo que se indica a continuación:

1. Tomar 250 ml de agua una hora antes de la práctica. Vaciar la vejiga y descartar esa orina.
2. Tomar 250 ml de agua inmediatamente antes de la práctica.
- 3.-Orinar en un vaso de precipitado de 100 ml.
4. Ingerir 250 ml de agua.
5. Realizar ejercicio muscular intenso, como subir y bajar varias veces las escaleras de tres o cuatro pisos u otro ejercicio sugerido por el profesor.
6. Obtener muestras de orina cada 15 minutos, como en el inciso 3, hasta completar por lo menos cinco muestras.
7. A cada muestra se le determinará el pH inmediatamente después de haber sido obtenida ya que con el tiempo el pH tiende a aumentar debido a la pérdida de dióxido de carbono y a que el crecimiento bacteriano produce amoníaco a partir de la urea.

Análisis de resultados

Una vez obtenido el valor del pH para cada una de las 5 muestras de orina, trazar una gráfica de pH contra tiempo; interpretar los resultados y discutirlos en grupo.

Objetivos (Segunda parte)

1. *El alumno constatará el papel del riñón en el mantenimiento del equilibrio ácido-base en una situación de alcalosis metabólica provocada por la ingestión de bicarbonato de sodio.*

2. *Mediante la medición del pH, observar la variación de la concentración de hidrogeniones en la orina de un individuo que ha ingerido una carga de bicarbonato de sodio.*

Hipótesis

Elabore la hipótesis apropiada.

Material

Orina

Solución de bicarbonato de sodio al 3%

Potenciómetro

Método

1. Tomar 250 ml de agua una hora antes de la clase práctica. Vaciar la vejiga y descartar esa orina.
2. Tomar 250 ml de agua inmediatamente antes de la clase práctica.
3. Orinar en un vaso de precipitado de 100 ml.
4. Ingerir 250 ml de agua con 7.5 g de bicarbonato de sodio.
5. Obtener muestras de orina cada 15 minutos, hasta completar por lo menos 5 muestras.
6. A cada muestra se le determinará el pH inmediatamente después de haber sido obtenida.

Análisis de resultados

Una vez obtenido el valor del pH para cada una de las cinco muestras de orina, trazar una gráfica de pH contra tiempo; interpretar los resultados y discutirlos en grupo.