



Sesión 12: Depuración renal

Propósito General

El alumno comprenderá los mecanismos de depuración renal

Propósitos específicos

El alumno explicará los cambios producidos por una carga osmótica o una carga de agua sobre el volumen y la osmolaridad de la orina.

El alumno explicará los mecanismos por los cuales se depuran diversas sustancias

El alumno calculará la tasa de depuración renal de una sustancia

Diagnóstico previo

1. ¿Cuáles son las propiedades coligativas de las soluciones?
2. ¿cómo se calcula la presión osmótica?
3. ¿Cómo funciona un osmómetro?
4. ¿Cuál es la distribución de agua en los diferentes compartimentos corporales?
5. ¿Cuál es la distribución de iones en los diferentes compartimentos corporales?
6. ¿Cuál es la osmolaridad plasmática normal?
7. ¿De qué depende la capacidad de concentrar la orina?
8. ¿Cuál es la función de cada uno de los segmentos de la nefrona en la formación de orina?
9. ¿Cuáles son los componentes de la barrera de filtración?
10. ¿Por qué al tomar jugo de betabel la orina se tiñe de rojo y al tomar coca-cola no se tiñe?

Resultados de Aprendizaje

El alumno comprende que es la depuración renal y como calcular la tasa de depuración renal.

El alumno discute los mecanismos de depuración renal de diferentes sustancias

Introducción

La unidad funcional del riñón es la nefrona, esta se compone de corpúsculo renal, túbulo proximal, asa de Henle, túbulo distal y sistema de conductos colectores. Los riñones tienen como función regular: *a*) la osmolalidad y el volumen de los líquidos corporales; *b*) el equilibrio de los electrolitos, y *c*) el equilibrio acidobásico. Además, excretan productos del metabolismo como urea, ácido úrico, creatinina, etc. y producen y segregan hormonas (renina, calcitriol y eritropoyetina)



La formación de orina implica tres procesos: a) ultrafiltración del plasma por el glomérulo; b) reabsorción del agua y de los solutos del ultrafiltrado, y c) secreción de solutos en los túbulos.

Comienza con el movimiento pasivo de un ultrafiltrado (líquido libre de proteínas) del plasma desde los capilares del glomérulo hacia el espacio de Bowman, aunque se filtra un promedio de 115 a 180 l/día en la mujer y de 130 a 200 L/día en el hombre, se excretan en orina menos del 1% del agua y del cloruro de sodio filtrados y cantidades variables de otros solutos. Por los procesos de reabsorción y secreción, los túbulos renales modulan el volumen y la composición de la orina lo que permite a los túbulos un controlar directamente el volumen, la osmolalidad, la composición y el pH del líquido extracelular y en consecuencia los volúmenes del líquido intracelular (recordar que estos compartimentos siempre están en un equilibrio osmolar). **Al proceso mediante el que diferentes sustancias se eliminan de la sangre y se excreta en la orina se le conoce como depuración renal.**

En el túbulo proximal se reabsorbe del 65 al 70% del filtrado glomerular. Esto ocurre gracias a una reabsorción activa de sodio en este segmento lo cual arrastra de forma pasiva el agua. Además de sodio y agua, en este segmento se reabsorbe gran parte del bicarbonato, de la glucosa y aminoácidos filtrados por el glomérulo.

El asa de Henle tiene como función crear un intersticio medular con una osmolaridad creciente a medida que nos acercamos a la papila renal; en este segmento se reabsorbe un 25% del cloruro de sodio y un 15% del agua filtrados, de tal forma que el contenido tubular a la salida de este segmento es hipoosmótico respecto al plasma (contiene menos concentración de solutos). Finalmente, en el túbulo distal, además de secretarse potasio e hidrogeniones (estos últimos contribuyen a la acidificación de la orina), se reabsorben fracciones variables del 10% de sodio y 15% de agua restantes del filtrado glomerular.

No hay que olvidar que: las concentraciones en la orina de otras sustancias que se depuran de la sangre; dependen de sus respectivas tasas de filtración, excreción y reabsorción.

Una forma no invasiva de obtener información relacionada con estos mecanismos es la medición del volumen y la composición de orina.

En las siguientes actividades se ingerirán algunas soluciones hiper osmóticas, iso osmóticas o hipo osmóticas, se medirá la osmolaridad de la orina y se utilizarán algunas tiras reactivas para detectar semi cuantitativamente algunos metabolitos que fueron depurados renalmente. A través de la discusión de los resultados obtenidos podremos entender los mecanismos de depuración de las sustancias ingeridas, aprenderemos a realizar el cálculo de la depuración renal y discutiremos el significado de los valores obtenidos por medio de las tiras reactivas para orina.



Material

Material conseguido/preparado por el alumno en casa:

1. **Recipiente graduado:** *para medir el volumen de orina de cada una de las 3 mediciones durante el experimento.*
2. **Vasos para colección de orina:** *cada sujeto experimental deberá comprar 3 vasos en cualquier farmacia para llevar las muestras (aprox. 50 – 100 ml) de orina para la medición de la osmolaridad en el laboratorio.*
3. **Soluciones:** *Dependiendo del grupo al que hayas sido asignado prepara la solución correspondiente:*
 - **Isoosmótica** (aprox. 280 mOsm): añadir 9 gramos¹ de NaCl a 1 litro de agua
 - **Hiperosmótica** (aprox. 1120 mOsm): añadir 9 gramos de NaCl a 250 ml de agua
 - **Hipoosmótica:** agua simple

Material disponible en el laboratorio

1. Osmómetro
2. Sanitas
3. Tiras reactivas de uroanálisis de 10 parámetros

Actividad 1. Depuración renal de sodio

El profesor asignará a los alumnos a tres grupos que deberán tomar las siguientes soluciones:

- Grupo 1 (solución isoosmótica): tomar el volumen correspondiente a 1% de tu peso corporal de solución isoosmótica.
- Grupo 2 (solución hiperosmótica): tomar el volumen correspondiente al 0.025% de tu peso corporal de solución hiperosmótica
- Grupo 3 (solución hipotónica): Tomar agua correspondiente al 1% de tu peso corporal

Si el profesor lo considera interesante se puede hacer un cuarto grupo sustituyendo el Na^+ del grupo 2 por glucosa.

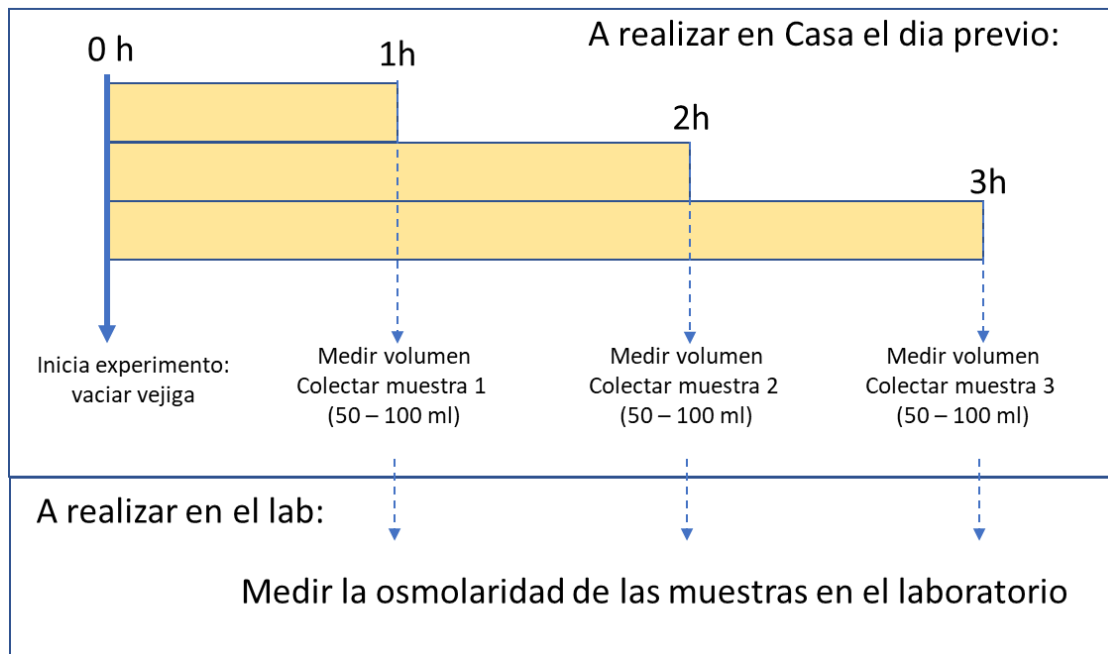
¹ En caso de no contar con una báscula, un aproximado es que una cucharada sopera rasa de NaCl equivale aproximadamente a 20 gramos.



Método

Procedimiento de colección de muestras (**A realizar en casa el día previo a la práctica**)

- 1) Vaciar la vejiga lo más posible
- 2) Tomar la solución asignada (isoosmótica, hiperosmótica, hipo osmótica)
- 3) Colectar la orina cada hora durante las siguientes tres horas
 - **Importante 1:** se debe medir y registrar el volumen de cada muestra y guardar en el frasco colector al menos 50 ml para medir la osmolaridad).
 - **Importante 2:** la última muestra se debe tomar al haber transcurrido 3 horas, y debe vaciarse la vejiga lo más posible.
 - **Importante 3:** No debe consumirse agua o comida durante el experimento



Procedimiento de medición de osmolaridad de muestras (**A realizar en laboratorio**)

- 4) **Con ayuda de su profesor**, medir con el osmómetro la osmolaridad de las muestras de orina y registrar los valores, **¡tener cuidado de manejar las muestras con precaución y no dejar sucio el lugar de trabajo!**
- 5) Construye una tabla con los valores de todas las mediciones del grupo.
- 6) Calcula para cada muestra la depuración osmolar (el volumen de plasma del que se removieron los solutos en un periodo de tiempo). (**Ver anexo**)



Actividad 2. Análisis de las muestras de orina

El análisis de muestras de orina por medio de tiras reactivas ofrece un método rápido, eficaz y barato para diagnosticar, evaluar y dar seguimiento a diversos escenarios de interés médico. Las tiras reactivas urinarias permiten efectuar un análisis semicuantitativo de la composición de la orina. Hay varios tipos, cada uno con un número variable (1-10) de almohadillas reactivas. Algunos de los principales parámetros que se miden con las tiras reactivas son: bilirrubina, cuerpos cetónicos, densidad, glucosa, leucocitos, nitritos, pH, proteínas, sangre, urobilinógeno. La interpretación más común consiste en comparar los colores que aparecen en la tira con los de la escala cromática propia de cada tipo de tira reactiva, que figura en el envase.

Metodología:

- 1) sumergir toda la tira en la orina, eliminar el exceso y realizar la lectura visual a los 60 segundos para todos los parámetros, excepto para los leucocitos, que se hace a partir de los 120 segundos.
- 2) registrar los resultados
- 3) Evaluar si se encuentran dentro de parámetros normales ^{Nota 2}
- 4) Discutir en que casos se pueden encontrar alteraciones en cada uno de los parámetros que se evalúan y cuáles son los procesos fisiológicos que estarían alterados.

Resultados:

Le corresponde al alumno registrar cada una de las observaciones que realizó durante los experimentos del simulador, y entregar un reporte de la práctica donde se discutan los resultados y se den respuestas a las preguntas que se plantearon durante el desarrollo de la práctica.

El profesor es responsable de guiar una discusión en donde se compartan las respuestas y observaciones, así como de proporcionar o dirigir a los alumnos a la obtención de respuestas en los casos en los que el alumnado no pudo obtenerlas de forma satisfactoria.

REFERENCIAS

1. Guyton, A. C. y Hall, J. E. Tratado de Fisiología Médica. 13a Ed. Barcelona, España. Editorial Elsevier Saunders, 2016.
2. Ganong WF. Fisiología Médica. Mc Graw Hill - Lange, 25ª Edición 2016.
3. F.J. Montero Pérez, F. Rodríguez Cantalejo, L. Jiménez Murillo y S. Luna Morales. Análisis elemental de orina. Medicina de urgencias y emergencias, 6 ed. Elsevier 2018. Capítulo 7, 52-57

² Nota: Las tiras reactivas de las que se dispone, han estado almacenadas por un tiempo prolongado, por lo que los resultados, podrían no ser precisos. Las tiras solo son usadas con un fin educativo.



Anexo:

Una fórmula importante para conocer la cantidad de sustancia que hay en una solución es:

Eq. 1 **Cantidad (mOsm) = Volumen (l) x Concentración (mOsm/l)**

Sabemos que la materia se conserva, es decir, cuando la misma cantidad está presente en dos soluciones que tienen diferentes volúmenes y concentraciones podemos decir que:

Eq. 2 **Volumen (Sol 1) x Concentración (Sol 1) = Volumen (Sol 2) x Concentración (Sol 2)**

Esta ecuación es muy útil para cálculos en fisiología, Por ejemplo para determinar cuál es la cantidad de plasma del que se removió una sustancia X (Depuración renal de sustancia X), se adecúa la fórmula anterior para quedar de la siguiente forma:

Eq. 3 **$D(x) = \frac{Vol \times U(x)}{P(x)}$**

Donde

$D(x)$: Depuración renal de sustancia X (el volumen de plasma que contenía la cantidad de sustancia que aparece en la orina)

Vol: volumen de orina por unidad de tiempo

$U(x)$: concentración de sustancia X en la orina

$P(x)$: concentración de sustancia X en el plasma

Depuración osmolar:

Aplicando estos principios a una muestra de orina colectada en un periodo de tiempo podemos calcular el volumen de plasma de la que los osmoles de soluto presentes en la muestra de orina fueron colectados durante ese tiempo. (Para estos ejercicios asumimos que la osmolaridad plasmática es 280 mOsmol/L)

- Primero calculamos el flujo de orina:
 - Flujo (ml/min) = volumen de orina (ml) / tiempo (min)
 - Dividir entre 1000 para convertir a litros/min
- Usar la osmolaridad urinaria medida (U_{osmol}) en mOsmol / l
- Calcula la depuración osmolar, $D_{(Osmol)} = \text{Flujo (ml/min)} \times U_{(Osmol)} / P_{(osmol)}$

Ejemplo: encuentra la depuración osmolar para 600 ml de orina con una osmolaridad de 140 mOsm/l en un periodo de 1 hora

Flujo de orina: 600 ml / 60 min = 10 ml/min

$D_{(Osmol)} = 10\text{ml/min} \times 140\text{mosm/l} / 280\text{mosmol/l}$

$D_{(Osmol)} = 5\text{ml/min}$ (por lo tanto el volumen de plasma filtrado en el glomérulo y limpiado de partículas durante el periodo de una hora, fue 300 ml)