



## Sesión 11: Guía para actividad en el laboratorio de Fisiología Médica Función renal (Simulador PHYSIOEX)

### Propósito General:

Comprender y analizar los mecanismos fisiológicos que modifican la concentración, volumen y de la orina.

### Propósitos Específicos:

- Identifica la función y mecanismo de acción de la hormona ADH.
- Identifica la función y mecanismo de acción de la hormona aldosterona.
- Identifica la función y mecanismo de acción de transportadores de glucosa.
- Explica cómo se puede producir orina con mayor osmolaridad que la plasmática.
- Correlaciona los cambios en la osmolaridad de la orina con la secreción hormonal según el estado de hidratación.

### Resultados de aprendizaje

El alumno comprende los estímulos que favorecen o inhiben la secreción de hormonas involucradas en la formación de orina.

El alumno comprende el mecanismo de reabsorción de agua en el sistema tubular renal.  
El alumno.

### Diagnóstico previo

1. ¿Cuál es la diferencia entre ósmosis y difusión?
2. Usando la ecuación de Starling, indica cómo se modificaría el filtrado glomerular cuando se aumentara cada uno de los términos de dicha ecuación.
3. Describa cómo está conformada una nefrona.
4. ¿En que difiere una nefrona cortical de una yuxtamedular?
5. ¿Cuáles son las vías de reabsorción tubulares?
6. Describa en que difiere el mecanismo de reabsorción de agua y el de glucosa.
7. ¿Qué es el volumen obligado de orina, y quién lo determina?
8. ¿Porqué el aclaramiento de inulina puede usarse para determinar la tasa de filtración glomerular?
9. ¿Dónde se producen y cuáles son los estímulos adecuados para la liberación de las hormonas que pueden alterar la reabsorción de agua en la nefrona?
10. ¿En qué consiste el mecanismo multiplicador por contracorriente?



## Introducción

La cantidad de una sustancia específica que se excreta por la orina es determinada por tres grandes factores: 1) la filtración glomerular, 2) la reabsorción en los túbulos renales, 3) la secreción desde la sangre hacia los túbulos renales.

La mayor parte de las sustancias del plasma se filtran libremente, alcanzando casi las mismas concentraciones en la capsula de Bowman que en el plasma. Después conforme el filtrado pasa por los túbulos renales, sufre reabsorción de agua y solutos específicos para formar la orina.

La formación de orina comienza con la filtración de grandes cantidades de líquido a través de los capilares glomerulares. El filtrado glomerular está determinado por la suma de las fuerzas hidrostáticas y coloidosmóticas a través de la membrana glomerular que originan la presión de filtración neta; y por el coeficiente de filtración capilar glomerular. La reabsorción y excreción varían a lo largo del segmento tubular, debido a sus características y transportadores específicos, se detallarán a continuación aquellas cuantitativamente más importante.

### **Túbulo proximal:**

En esta porción se reabsorben la mayoría de la glucosa, aminoácidos, y alrededor del 65% del total filtrado de agua, sodio, cloro, fosfato y calcio. Esto se debe a su gran superficie de membrana, cargada de proteínas transportadoras

### **Asa de Henle**

Consta de tres segmentos 1) descendente fino, 2) ascendente fino, 3) ascendente grueso

El segmento fino tiene membranas epiteliales finas, sin bordes en cepillo, por lo que es especialmente permeable al agua y moderadamente a solutos como la urea y el sodio. en esta porción del asa de Henle se reabsorbe alrededor del 20% del agua filtrada.

El segmento grueso es casi impermeable al agua y corresponde a células epiteliales con elevada actividad metabólica capaces de reabsorción activa de sodio, cloro y potasio (aquí se reabsorbe cerca del 25% del filtrado de estos iones). Parte importante de esta reabsorción se debe a la bomba sodio/potasio ATPasa y a la extrusión constante de estos iones hacia el espacio intersticial para mantener el gradiente de concentración positivo desde la luz tubular hacia el espacio intracelular.

### **Túbulo distal**

El túbulo distal recibe del asa de Henle un líquido muy diluido. Es importante notar que la primera porción del túbulo distal constituye la mácula densa, un grupo de células del complejo yuxtglomerular que proporcionan control y retroalimentación sobre el filtrado glomerular. La primera parte del túbulo distal, también conocida como segmento diluyente, conserva las capacidades de reabsorción del segmento grueso del asa de Henle. Aquí se reabsorbe alrededor del 5% del cloro filtrado.



La segunda mitad del túbulo distal y el túbulo cortical están formados por células principales y células intercaladas. Las células principales reabsorben sodio y agua de la luz al tiempo que secretan potasio. Las células intercaladas reabsorben iones potasio y secretan iones hidrogeno a la luz tubular.

### **Conducto colector medular**

La permeabilidad al agua en esta parte del túbulo está directamente relacionada a la ADH, a concentraciones altas el agua se reabsorbe, lo que reduce el volumen de la orina y concentra los solutos.

Además, existen transportadores de urea especiales que facilitan la difusión de urea a través de las membranas lumbales y baso-laterales, lo que ayuda a aumentar la osmolalidad medular de esta región contribuyendo a la capacidad de concentrar la orina.

Al igual que el túbulo colector, esta sección es capaz de secretar iones hidrogeno en contra del gradiente de concentración, participando en la regulación ácido-base.

## **Material**

En esta práctica se utilizara el simulador PHYSIOEX 6.0 para estudiar el proceso de formación de la orina.

Durante la práctica los objetivos son:

- 1.- Discutir como y por qué cambiara la cantidad y osmolaridad de la orina al modificar la presencia o ausencia de las hormonas antidiurética y aldosterona.
- 2.- Comprender como se afecta la formación de orina por la osmolaridad intersticial del sistema renal.

### **Equipo requerido:**

- Computadora
- Programa PhysioEx 6.0

## **Metodologia**

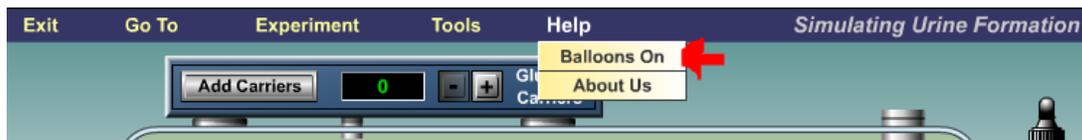
- 1.- Abra el programa PhysioEx 6.0 (*instalado en las computadoras de los laboratorios, en caso de contar con otras laptops, es posible copiar la carpeta completa y utilizar el programa siempre que se tenga instalado Flash*)
- 2.- Seleccione la opción 9 "Renal System Physiology"



3.- En la pestaña "experiment" seleccione "Simulating urine formation"



1.- Una vez en el experimento mencionado, en la pestaña "Help" seleccione "balloons on" para que al pasar el mouse por encima de los distintos elementos de simulador se de una breve descripción. (Nota: Para iniciar el experimento debe cerrar los globos de ayuda.)



2.- Asegúrese que en la ventana de "data sets" está seleccionado "gradient":



- La ventana de "Conc. Grad (mosm.)" debe indicar 300. Esto se puede ajustar con los botones (+) (-). Pulse "dispense" para que se use el gradiente de concentración de soluto intersticial indicado.
- Pulse "start" para iniciar la simulación. En este momento puede usar el detector "Probe" (cuando se ponga rojo), debe dar click y arrastrarlo hacia la parte del sistema tubular de la cual quiera conocer la osmolaridad.



**PREGUNTAS:** ¿Por qué la concentración (mOsm) de la parte inicial del túbulo proximal es igual a la de la sangre?, ¿En que parte de encontraremos una mayor osmolaridad en el líquido tubular y por qué?



Efecto del gradiente de osmolaridad intersticial sobre la formación de orina

3.- Formule una hipótesis de cómo se modificará la formación (volumen y concentración) de orina al aumentar el gradiente de osmolaridad intersticial "Conc. Grad (mosm)".

- En la ventana "data sets" seleccione "Gradient" (*esto permitirá ir llenando la tabla correspondiente a el experimento donde cambiaremos el gradiente, al terminar de correr una simulación con las condiciones especificadas debe presionar "record data", en caso de que una medición esté equivocada debe seleccionar esa línea y dar "delete line"*)
- Repita el paso 2 aumentando el gradiente de osmolaridad intersticial "Conc. Grad (mosm)" en incrementos de 300.
- Registre los resultados (la cantidad de orina, la osmolaridad y el contenido de glucosa y potasio de la orina formada) y discuta los resultados.

Efecto de hormonas ADH y aldosterona sobre la formación de orina

4.- Formule una hipótesis de cómo cambiarán los resultados al añadir ADH o Aldosterona.

- En la ventana "data sets" seleccione "Gradient"
- Realiza el mismo experimento agregando cada una de las hormonas por separado y juntas.
- Registre los resultados (la cantidad de orina, la osmolaridad y el contenido de glucosa y potasio de la orina formada) y discuta los resultados.
- Discuta el mecanismo de acción de la ADH y la aldosterona para generar estos efectos

Efecto de los transportadores de glucosa sobre la formación de orina

5.- Formule una hipótesis de cómo cambiarán los resultados al añadir transportadores de glucosa.

- En la ventana de "Data Sets" selecciona "Glucose"
- La ventana de "Conc. Grad (mosm.)" debe indicar 1200 (el gradiente de osmolaridad intersticial normal). Esto se puede ajustar con los botones (+) (-)





- Pulse "dispense" para que se use la concentración deseada.
- La ventana "Glucose carriers" debe indicar 0 (Esta servirá como control sin transportadores de glucosa).



- Pulse "start" para iniciar la simulación. Al terminar la simulación presione "Record data" para guardar los resultados antes de iniciar una nueva simulación.
- Agregue "Glucose carriers" en incrementos de 100. Esto se puede ajustar con los botones (+) (-). Pulse "Add carriers" para utilizar la cantidad de transportadores especificados.
- Registre los resultados y discuta como estos cambios afectan la cantidad, osmolaridad y contenido de la orina formada.
- ¿Qué pasa con los solutos que se reabsorben de la luz de los túbulos?
- Discuta por qué los diabéticos presentan glucosuria.

## 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 lo que el alumnado no pudo obtenerlas de forma satisfactoria.

## Bibliografía

1. Fox, Stuart Ira., Fisiología Humana, 13ª edición, Mc Graw Hill, México D.F., 2014.
2. Guyton, A. C. y Hall, J. E. Tratado de Fisiología Médica. 13a Ed. Barcelona, España. Editorial Elsevier Saunders, 2016.
3. Ganong WF. Fisiología Médica. Mc Graw Hill - Lange, 25ª Edición 2016.
4. Boron W. y Boulpaep, E. Medical Physiology, 3a Ed., Philadelphia, Editorial ElsevierSaunders, 2017.