

GUIAS DE LABORATORIO

LIQUIDOS Y ELECTROLITOS

I. INTRODUCCION

El intercambio de solutos y agua entre el ultrafiltrado y el plasma se lleva a cabo por medio de complejos mecanismos de transporte en las diferentes porciones de la **nefrona** y dependiendo del exceso o déficit de alguno de éstos en la sangre o en el líquido intersticial, se producirá su mayor o menor eliminación renal, logrando así una concentración normal para mantener una homeostasis permanente.

La concentración plasmática de los electrólitos depende de la cantidad que se administre por vía oral (en la dieta) o por vía parenteral (intravenosa) y del ingreso neto del agua. Como la ingesta no se realiza a un ritmo constante a largo del día, se producen permanentemente cambios en dichas concentraciones que son manejados de una manera muy precisa por parte del riñón.

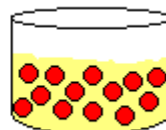
Los líquidos que ingresan al organismo pueden ser hipo, iso o hiperosmolares con respecto al plasma.



HIPOSMOLAR



ISOSMOLAR






HIPEROSMOLAR

La administración intravenosa (compartimiento plasmático) de altos volúmenes de líquido, modifica de manera importante el volumen de los demás compartimientos, sin embargo, dichos cambios se presentan de manera diferente dependiendo de la osmolaridad del fluido inyectado.

TABLA DE CONTENIDO

- **Introducción**
 - **Compartimentos Corporales**
 - **Manejo renal del Na⁺**
 - **Manejo renal del H₂O**
 - **Manejo renal del K⁺**
- **Objetivos**
- **Procedimiento**
- **Hoja de Registro**
- **Preguntas del Seminario**
- **Bibliografía**

OTROS FORMATOS

-  **.PDF** (Acrobat Reader)
-  **.TXT** (Archivo de Texto)
-  **.PDB** (iSilo - Palm OS)

Los cambios de osmolaridad se manejan de forma distinta de acuerdo a la composición del líquido administrado, pero incluyen en general modificación del balance de sodio, glucosa y agua (ADH).

El balance entre los compartimientos, particularmente en el plasmático influye además en la función cardiovascular, y ésta a su vez es importante para mantener un aporte de oxígeno adecuado al riñón.

Compartimentos Corporales.

En el cuerpo humano los fluidos se encuentran distribuidos en dos compartimientos: El compartimiento extracelular (LEC) y el intracelular (LIC). Aproximadamente un tercio del agua corporal total se halla en el LEC y dos tercios en el LIC; y el agua corporal total constituye entre el 50-60% del peso corporal total de un individuo adulto.

Los iones constituyen el 95% de los solutos suspendidos en los fluidos orgánicos, la suma de las concentraciones de cationes equivalen a la de los aniones en cada compartimiento y así el fluido de cada uno de los espacios es eléctricamente neutral y químicamente isosmolar.

El principal **catión** del líquido extracelular es el Na⁺ y el principal **anión** el Cl⁻. El bicarbonato (HCO₃⁻) es un anión predominante y también se encuentran otros en cantidades menores como urea, proteínas y glucosa.

Estos aniones y cationes determinan la osmolaridad del plasma (Su valor normal es 290 +/- 10 mosmol/l), que se calcula teniendo en cuenta la concentración de estos y otras sustancias en sangre como la glucosa y el BUN (nitrógeno ureico en sangre). El Na⁺ es el principal determinante de este valor en situaciones fisiológicas.

La fórmula para hallar la osmolaridad plasmática es:

$$2 \text{ NA}^+ + \text{ K}^+ + \text{ GLICEMIA (MG/DL)}/18 + \text{ BUN (MG/DL)}/2.8$$

Manejo Renal del Sodio

Un Ión de Sodio (Na⁺) es un catión, es decir un átomo cargado positivamente que tiene la capacidad de generar un gradiente eléctrico. En los diferentes compartimientos corporales la suma eléctrica de los diferentes Iones (Cationes y Aniones) debe ser cero (electro neutralidad) sin importar la carga total en cada compartimiento.

Aunque el sodio se filtra al pasar por glomérulo, un muy alto porcentaje se reabsorbe en las diferentes porciones de la nefrona como puede ver en la tabla que se encuentra a continuación.

Porciones de la Nefrona	Porcentaje de Absorción de Na +
Túbulo proximal	60-70%
Asa de Henle	20-25%
Túbulo distal	4-5%
Túbulo conector	2-3%

Entre el 60-70% del Na⁺ filtrado se reabsorbe en el **Túbulo Contorneado Proximal (TCP)** acompañado de un anión (carga negativa) para mantener la electroneutralidad (el 75% es Cl⁻ y el 25% es HCO₃⁻); también se reabsorben dos tercios del agua filtrada gracias a la fuerza osmótica generada por la absorción de Na⁺.

Para este fin existen tres mecanismos diferentes:

1. Cotransporte Na-soluto (glucosa, aminoácidos, lactato etc.)
2. Intercambio Na⁺-Hidrógeno (antiporte)
3. Transporte de Na⁺ impulsado por Cloro

En el asa de Henle (AH) sé reabsorbe aproximadamente el 25% del Na⁺ filtrado y el 20% del agua y Urea, de esta forma el líquido isotónico que sale del TCP se concentra y luego de diluye para ingresa al nefrón distal como una sustancia hipotónica.

El nefrón distal (Túbulo contorneado distal y Túbulo colector) se encarga de la reabsorción del 5-10% del Na⁺ y el 15% de agua filtrados. Esta estructura también participa en la reabsorción de urea y la secreción de K⁺ e H⁺. Algunos de estos efectos se hallan modificados de acuerdo a la concentración de hormona antidiurética (ADH).

La ADH aprovecha el mecanismo de contracorriente y las diferencias de permeabilidad al agua y los solutos a nivel del Túbulo colector, para generar una reabsorción de urea y agua en grado variable según su concentración sanguínea.

Los principales mecanismos de control en la excreción y reabsorción de sodio son:

1. Los cambios en la Tasa de Filtración Glomerular (TFG)
2. Aldosterona
3. Efecto del tercer factor
4. Factor natriurético auricular

Manejo Renal del Agua

La reabsorción de agua en la nefrona, que pasa de manera especial a través de la membrana de las células tubulares, esta determinada por los gradientes de presiones osmótica e hidrostática (fuerzas de Starling). La gran mayoría del agua es reabsorbida pasivamente por ósmosis, gracias a los gradientes establecidos por la reabsorción de Na⁺ y Cl⁻ en los diferentes segmentos de los túbulos renales.

Alrededor de 60-70% del agua es reabsorbida en el túbulo proximal. La cantidad restante es reabsorbida en la porción descendente del Asa de Henle. En los túbulos distales y colectores la reabsorción de agua solamente ocurre en presencia de ADH. Sin su contribución solamente sería reabsorbido el 88% del total de agua filtrada en el glomérulo renal, mientras que con ella se reabsorbe un total del 99% del agua filtrada.

La **hormona antidiurética o vasopresina (ADH)** es una hormona hipotalámica, sintetizada en el núcleo supraóptico y paraventricular del hipotálamo. Desde estos núcleos, las fibras axónicas descienden hasta la Pars Nervosa de la Hipófisis donde es almacenada (Neurohipófisis). La ADH es un polipéptido que una vez sintetizado en el cuerpo de las neuronas, en los núcleos anteriormente mencionados, es transportado por proteínas llamadas neurofisinas y luego, es secretado junto a ellas.

Manejo Renal del Potasio

El potasio es el ion intracelular por excelencia (su concentración es de más o menos 140-145 mEq/litro). Su concentración intracelular esta regulada principalmente por la bomba $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPasa}$, que se encuentra localizada en la membrana plásmática de todas las células del organismo.

El objetivo principal del manejo renal de potasio es equilibrar la entrada de este ión y su salida del cuerpo, ya que se constituye en el único mecanismo de regular su concentración. La salida de potasio del organismo esta determinada por la cantidad que se pierde en las heces y el sudor, pero sobre todo por la cantidad que se **excreta en orina**. La entrada de potasio depende exclusivamente de la ingesta.

El potasio puede reabsorberse en el túbulo proximal y en asa de Henle. En algunas ocasiones se pueden encontrar concentraciones en el nefrón distal menores al 10% de la cantidad total filtrada. El nefrón distal, **principal sitio de la regulación del potasio**, posee células intercalares encargadas de la reabsorción y células principales de la secreción de este ión.

La aldosterona que es una hormona producida y secretada por la corteza de la glándula suprarrenal, tiene como principal función estimular la **reabsorción de sodio y la secreción de potasio e hidrogeno por el túbulo colector**. Esto significa que tanto una disminución en la concentración de sodio como un aumento del potasio y el hidrogeno estimularán la secreción de aldosterona.

II. OBJETIVOS:

Una vez finalizada la práctica de laboratorio y el seminario correspondiente el estudiante debe estar en capacidad de:


1. Revisar y describir las bases fisiológicas del manejo renal del sodio, potasio y agua.
2. Reconocer los efectos de la hiperglicemia y la hipernatremia sobre el volumen y osmolaridad de los distintos compartimentos corporales.

3. Analizar el manejo renal del exceso de agua corporal.
4. Identificar el mecanismo de síntesis, liberación, regulación y actividad de la hormona antidiurética (ADH).
5. Identificar el mecanismo de síntesis, liberación, regulación y actividad de la hormona Aldosterona.
6. Entender la relación entre flujos sanguíneo renal (FSR), tasa de filtración glomerular (TFG) y función renal.
7. Aprender a calcular la tasa de filtración glomerular y la depuración renal de una sustancia con base en la diuresis y las concentraciones urinaria y plasmática
8. Aprender a calcular la osmolaridad de las diferentes soluciones utilizadas en la práctica. Determinar los cambios que suceden en los diferentes compartimentos al administrar estas soluciones.
9. Diferenciar la diabetes mellitus y la diabetes insípida en cuanto a su fisiopatología y características clínicas.
10. Aplicar los conocimientos adquiridos con la ayuda de ejemplos clínicos y terapéuticos.

III. PROCEDIMIENTO 1 – Configuración del Simulador

1. Abra el simulador de fisiología (*SimBioSys Physiology Labs 3.0*).
2. En el panel de la derecha seleccione la pestaña superior que dice "Viewers"



3. En la barra izquierda de este panel oprima el botón con forma de folder (Open Viewer)  y seleccione el archivo: "**c:\flabs\param.vwr**"
4. Con el botón anterior seleccione el archivo: "**c:\flabs\vol.vwr**". Organice esta tabla de Parámetros Renales y la gráfica de Volúmenes registrados de la forma que considere mas cómoda para trabajar.
5. En la tabla de parámetros renales selecciones el ícono que tiene forma de cámara fotográfica. A la izquierda de cada ítem aparecerá un valor en gris. Anote estos datos en la hoja de registro en la sección correspondiente a "Basal"

La tabla de parámetros que encontrará debe ser similar a la siguiente ilustración:

Parámetros Renales	
Heart Rate	(60)60 per min
Arterial Press. - Mean	(88)88 mm Hg
Fluid Input	(0.000)0.000 L
Fluid Output	(0.000)0.000 L
Input/Output	(0.000)0.000 L
Urine Glucose	(0)0 mM
Urine Specific Gravity	(1.0044)1.0044 g/ml
BUN	(8)8 mg/dl
Plasma Volume	(3.027)3.025 L
Serum [Glucose]	(4)4 mM
Serum [K]	(4.0)4.0 mEq/l
Serum [Na]	(146)146 mEq/l
ISF Volume	(11.991)11.991 L
ICF Volume	(21.705)21.705 L
Total Body Water	(39.3113)39.3104 L
GFR	(155.2)154.6 ml/min
Urine Output	(1.4)1.4 ml/min

- Utilizando los datos obtenidos calcule además las osmolaridad plasmática.

IV. PROCEDIMIENTO 2 – Administración de líquidos, registro y análisis.

Anote los datos en la hoja de registro que encontrará anexa a esta guía. La debe ir completando a medida que realice los ejercicios propuestos hasta terminarla.

- En primer lugar revise que no le falte ningún parámetro por anotar en la sección "Basal". No olvide calcular la osmolaridad plasmática con base en los datos registrados de Na⁺, K⁺, Glicemia y BUN.
- En el panel "TOOLS" que se encuentra en la esquina inferior izquierda, seleccione el ítem "Catheters/Tubes". En la ventana que se despliega presione el botón "Insert". (Este procedimiento coloca una sonda vesical para cuantificar y analizar la orina eliminada).
- En el mismo panel "TOOLS", seleccione el ítem "Drug and Fluid Infusor". En la ventana que se despliega presione el botón que contiene el signo (+), seleccione en la tabla de la derecha "**Normal Saline**", presione el botón "Add Drug". Mediante la flecha que se encuentra a el lado izquierdo de la solución, cambie la tasa de infusión (*rate*) a 2500 ml/h. Finalmente presione el botón rojo para iniciar la infusión. Al completar 1000 ml (puede controlarlo en "fluid input") presione nuevamente ese botón, observe los cambios en los parámetros, presione la cámara de los parámetros renales 2 veces y anótelos en la hoja de registro, en la sección NaCl 0.9%.
- Ahora vaya al menú "Simulation" y reinicie los parámetros basales,

seleccionando "*Reset physiological state*". Inserte nuevamente la sonda vesical y administre por vía intravenosa 500 ml a una tasa de 1000 ml/h, de una solución de **NaCl al 3%**. Repita los pasos del punto 3, pero cambie la solución salina normal por NaCl al 3% y con la flecha seleccione la tasa y la cantidad. Espere a que se administre la cantidad seleccionada. Al completar la cantidad, observe los cambios en los parámetros y anótelos en la hoja de registro.

5. Reinicie los parámetros basales de nuevo, coloque la sonda vesical y ahora administre **D5 NS** (dextrosa al 5% en solución salina), 1000 ml a una velocidad de 2000 ml/h. Una vez administrada la cantidad, detenga la infusión y observe los cambios en los parámetros. Anótelos en la hoja de registro.
6. Nuevamente reinicie los parámetros basales, inserte la sonda y administre ahora dextrosa al 50% (**d50%**), en forma de 10 bolos seguidos de 100 ml cada uno (1000 ml en total). Observe los cambios en los parámetros y anótelos.
7. Finalmente después de reiniciar los parámetros por última vez en el panel "*TOOLS*", seleccione el ítem "*Blood Withdrawal*" (Flebotomía). Seleccione un volumen de 2000 ml a una tasa (rate) de 5000 ml/h. Presione el botón "*Withdraw Blood*" para iniciar. Después de finalizar el procedimiento, analice cada uno de los parámetros, particularmente frecuencia cardíaca, presión arterial media, tasa de filtración glomerular y flujo urinario.

** Compare cada uno de los parámetros con respecto al basal. Calcule la osmolaridad de las soluciones administradas y clasifíquelas como hipo, iso o hiperosmolares con respecto al plasma.*

Identifique el compartimiento líquido que más cambios sufre con cada solución.

Detecte los movimientos de agua entre los diferentes compartimentos. Durante el laboratorio prediga lo que va a ocurrir con la siguiente solución administrada.

Discuta las razones fisiológicas que explican los cambios observados. Amplie la discusión y aclare las dudas durante el seminario.

V. HOJA DE REGISTRO.

Parámetro	Basal	NaCl 0.9%	NaCl 3%	D5% + SSN	D5%	Flebotomía
F.C. (lat/min)						
P. Art. Media						
Ingreso de Líquidos						
Salida de Líquidos						
Balance de Líquidos						

Glucosa Urinaria						
Densidad Urinaria						
BUN						
Volumen Plasma						
Glicemia						
Calemia						
Natremia						
Volumen Intersticial						
Volumen Intracelular						
Agua Corporal Total						
Tasa Filtr. Glomer.						
Flujo Urinario						
Osmol. Plasmatica						

VI. PREGUNTAS PARA RESOLVER DURANTE EL SEMINARIO

1. Realice un esquema de la nefrona humana normal.
2. ¿De que forma puede hallar usted la tasa de filtración glomerular y el flujo plasmático renal? Explique mediante un ejemplo.
3. ¿De que manera ocurre el manejo renal de sodio en las diferentes porciones de la nefrona?
4. ¿Donde se sintetiza la aldosterona, cual es su mecanismo de acción y de que manera contribuye al balance de líquidos y electrolitos en el ser humano?
5. ¿Donde se sintetiza la ADH (Hormona antidiurética), cual es su mecanismo de acción y de que manera contribuye al balance de líquidos y electrolitos en el ser humano?
6. Cómo se calcula la osmolaridad de una solución. Explique mediante un ejemplo.
7. Que sucedió cuando usted administró en el laboratorio las siguientes soluciones por vía intravenosa?.
 - a. Solución Salina al 3%
 - b. Dextrosa al 50%
 - c. Solución Salina al 0.9%

Cual es la explicación fisiológica de los fenómenos registrados?
8. Calcule la osmolaridad de las soluciones anteriores.
9. Que sucedió cuando usted realizó la flebotomía. Cual es la explicación

fisiológica de este fenómeno.

10. Que efecto tiene la hiperglicemia sobre el volumen y la osmolaridad de los diferentes compartimentos. Cual es la diferencia entre la diabetes mellitus y diabetes insípida.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Best y Taylor. Bases Fisiológicas de la Practica Médica, John B. West, Editorial Médica Panamericana, 12^a. Edición, 1993. Capítulos 29, 30, 31
2. Manual de Función Renal. Departamento de Ciencias Fisiológicas, Pontificia Universidad Javeriana, 2000.

Esperamos que esta guía de laboratorio haya sido una herramienta didáctica para su aprendizaje cualquier comentario es bienvenido.

Ultima actualización: 5 de Febrero de 2003

[Retornar a la página de Guías de Laboratorio](#)

(c) 2002 Dpto de Ciencias Fisiológicas. Todos los derechos reservados

Cualquier comentario o inquietud acerca de los contenidos de esta guía envíelo por favor a:
juan.convers@javeriana.edu.co
