

Práctica 4: Fisiología renal y equilibrio ácido-base.

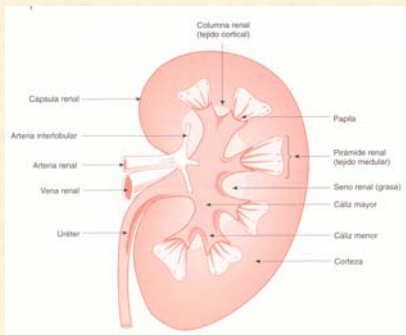
Técnicas Experimentales de
Fisiología Animal

Curso 2005-2006

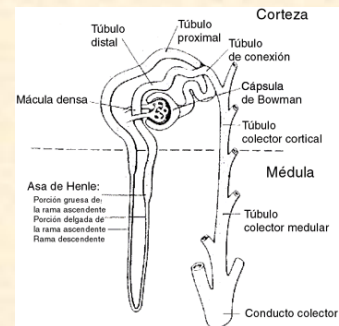
Funciones del riñón:

1. Eliminar sustancias de desecho.
2. Regulación del equilibrio hídrico y electrolítico.
3. Regulación de la osmolalidad y concentración de electrolitos.
4. Regulación del equilibrio ácido-base.
5. Regulación de la presión arterial.
6. Secreción, metabolismo y excreción de hormonas.
7. Gluconeogénesis.
8. Regulación de la producción de eritrocitos.
9. Regulación de la formación de calcitriol (vitamina D activa).

Anatomía renal



La nefrona: unidad funcional del riñón



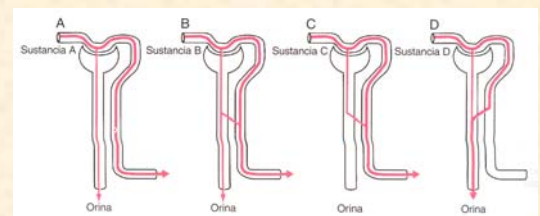
Excreción urinaria

La excreción se realiza gracias a tres procesos:

1. **Filtración glomerular:** ocurre a nivel del glomérulo y todas las sustancias del plasma, menos las proteínas, se filtran libremente.
2. **Reabsorción tubular:** a lo largo de los túbulos se produce la reabsorción de agua y distintos solutos.
3. **Secreción tubular:** algunas sustancias pasan de los capilares peritubulares a la luz tubular.

De manera que: Excreción= filtración –reabsorción+secreción

Excreción urinaria



Creatinina	Sodio	Aminoácidos	Fármacos
Ácido úrico	Cloruro	Glucosa	Sustancias
Urea y uratos	Bicarbonato		extrañas

Filtración glomerular

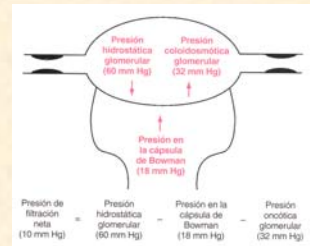
Los capilares glomerulares están formados por tres capas:

- Endotelio capilar
- Membrana basal
- Capa de células endoteliales

Que permiten la formación de un filtrado glomerular cuya concentración en moléculas orgánicas y sales es similar a la del plasma, sin embargo, no contiene proteínas plasmáticas ni la mayoría de los ácidos grasos plasmáticos, ya que, están unidos a proteínas.

Filtración glomerular

$$TFG = K_f \times \text{Presión de filtración neta}$$



Filtración glomerular

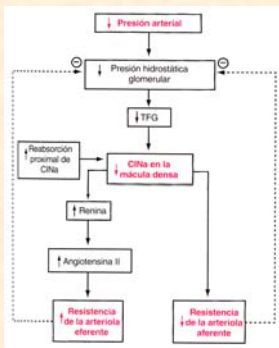
- La presión hidrostática glomerular se afecta por la presión arterial y la resistencia de la arteriolo aferente y eferente.
- La presión coloidosmótica glomerular se afecta por el flujo sanguíneo renal.
- La presión hidrostática de la capsula de Bowman se afecta por la obstrucción de las vías urinarias (cálculos renales, por ej.).
- El valor de K_f puede disminuir por el engrosamiento de los capilares glomerulares o por la disminución del nº de capilares funcionales.

Factores que afectan a la filtración glomerular

- Sistema nervioso simpático
- Adrenalina, noradrenalina y endotelina
- Angiotensina II
- Óxido nítrico

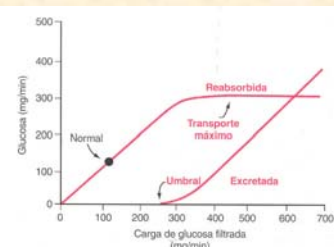
Para evitar los cambios en la TFG, el riñón utiliza la autorregulación y el equilibrio glomerulotubular.

Autorregulación y equilibrio glomerulotubular



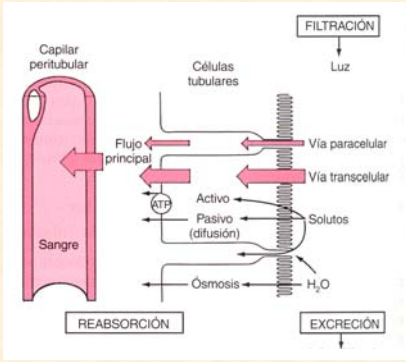
Transporte máximo

El transporte máximo o T_{max} es el límite de la tasa de soluto que puede transportarse



Glucosa	320 mg/min
Fosfato	0.10 mM/min
Sulfato	0.06 mM/min
Aminoácidos	1.5 Mm/min
Urato	15 mg/min
Lactato	75 mg/min
Creatinina	16 mg/min
Ácido paraminohipúrico	80 mg/min

Reabsorción y secreción tubular

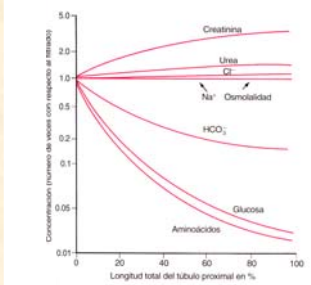


Reabsorción y secreción tubular

- Tipos de transporte:
- Transporte activo: primario y secundario
 - Transporte pasivo

- Permeabilidad al agua:
- túbulo proximal: alta
 - sección final del asa de Henle: baja
 - túbulo distal: alta o baja, según la presencia de ADH.

Reabsorción y secreción en el túbulo proximal

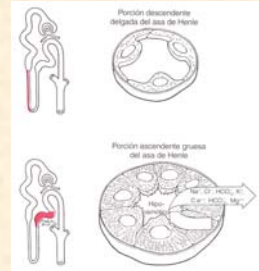


Reabsorción de sodio asociado a glucosa y aminoácidos en la primera mitad del túbulo proximal, y a iones cloruro en la segunda mitad.

Secreción de ácidos y bases orgánicas. También se secretan fármacos y ácido paraminohipúrico (cuyo aclaramiento se usa para estimar el flujo plasmático renal).

Reabsorción y secreción en el asa de Henle

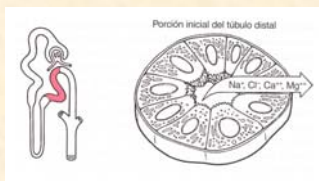
- La rama descendente delgada del asa de Henle es muy permeable al agua y moderadamente al resto de solutos, como la urea y el sodio.



- La rama ascendente, delgada y gruesa es prácticamente impermeable al agua, lo que permite diluir la orina.

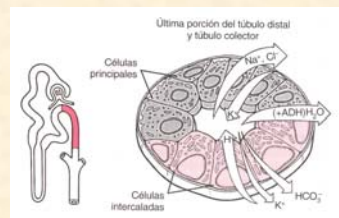
Reabsorción y secreción en el túbulo distal y colector

- El extremo inicial del túbulo distal reabsorbe muy bien iones como el sodio, potasio y cloruro, pero es impermeable al agua y a la urea.



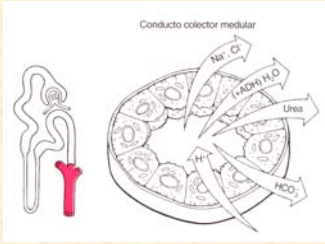
Reabsorción y secreción en el túbulo distal y colector

- La región final del túbulo distal y el túbulo colector son impermeables a la urea, reabsorben sodio y secretan potasio (controlado por la aldosterona), e iones hidrógeno (incluso en contra de gradiente de concentración), y la permeabilidad al agua depende de la ADH.



Reabsorción en el conducto colector medular

- La permeabilidad al agua está controlada por la ADH o vasopresina. Es permeable a la urea. También secreta iones hidrógeno incluso en contra de gradiente de concentración.



Control hormonal de la reabsorción tubular

- Aldosterona:** aumenta la reabsorción de sodio, cloruro y agua, y la secreción de potasio. Actúa en el túbulo colector.
- Angiotensina II:** aumenta la reabsorción de sodio, cloruro y agua, y aumenta la secreción de iones hidrógeno. Actúa en el túbulo proximal, porción gruesa ascendente del asa de Henle y túbulo distal.
- ADH o vasopresina:** aumenta la reabsorción de agua. Actúa en el túbulo distal, colector y conducto colector.
- El péptido natriurético auricular: disminuye la reabsorción de sodio y cloruro. Actúa en el túbulo distal, colector y conductor colector.
- Hormona paratiroidea: aumenta la reabsorción de calcio y magnesio, y disminuye la reabsorción de fosfatos. Actúa en el túbulo proximal, porción gruesa ascendente del asa de Henle y en los túbulos distales. La activación del sistema nervioso simpático disminuye la excreción de sodio y agua. También aumenta la liberación de renina y angiotensina II, por lo que aumenta la reabsorción tubular y disminuye la cantidad de sodio excretada.

Aclaramiento renal

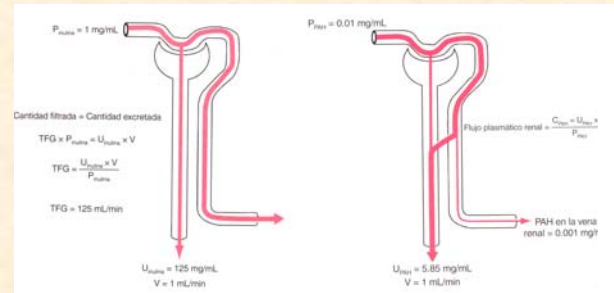
El aclaramiento renal de una sustancia es el volumen de plasma depurado completamente de esa sustancia por los riñones en la unidad de tiempo.

$$Cs = (Us \times V) / Ps$$

El aclaramiento de inulina se utiliza para conocer la TFG, ya que, es una sustancia que solo se filtra, ni se secreta ni se reabsorbe. También se usa el de creatinina y el de yodotamato radiactivo.

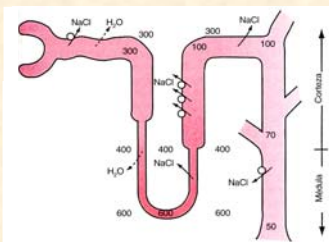
Si una sustancia es aclarada completamente del plasma, su aclaramiento renal nos permitiría conocer el flujo plasmático renal. El ácido paraminohipúrico (PAH) se suele utilizar, aunque solo se aclara en un 90%.

Aclaramiento renal



Si el aclaramiento de una sustancia es igual que el de la inulina, es que esa sustancia no se reabsorbe ni se secreta (Cinulina=125 ml/min). Si es mayor es que esta sustancia es filtrada y secretada (Ej. Ccreatinina= 140ml/min). Y si es menor es que esta sustancia es filtrada y reabsorbida (Ej. Cglucosa=0; Csodio=0.9 ml/min; Ccloro=1.3 ml/min; Cpotasio=12 ml/min; Cfosfato=25 ml/min).

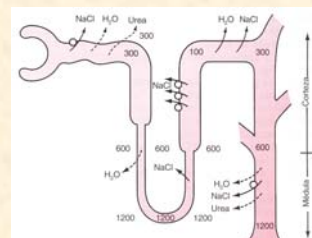
Mecanismos renales para la formación de orina diluida



Túbulo proximal: isosmótico con el plasma
Asa de Henle: el líquido tubular aumenta gradualmente su concentración
Túbulo distal: hiposmótico con el plasma (independientemente de la ADH)
Túbulo colector cortical y medular: reabsorción adicional de cloruro sódico

En ausencia de ADH esta última parte es impermeable al agua, así se diluye más la orina.

Mecanismos renales para la formación de orina concentrada



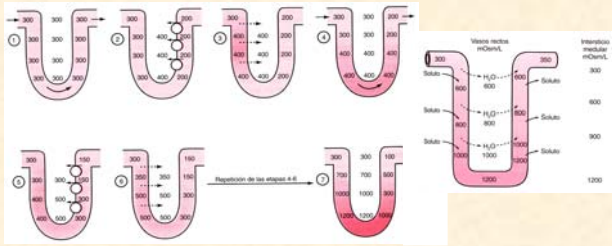
Los requisitos básicos para la formación de una orina concentrada son:

- Niveles elevados de ADH, para aumentar la reabsorción de agua
- Una osmolaridad elevada del líquido intersticial medular, para crear un gradiente osmótico para que se reabsorba agua.

El líquido intersticial se hace hiperosmótico gracias al mecanismo de contracorriente.

Mecanismo de contracorriente

Se debe a la particular disposición de las asas de Henle y los vasos rectos. La hiperosmolaridad del líquido intersticial se debe al cloruro sódico y a la urea. El flujo sanguíneo medular renal contribuye al mantenimiento de estas concentraciones



Regulación del equilibrio ácido-base

El pH de la sangre es 7.4, pero cuando este aumenta o disminuye, actúan:

- Los sistemas amortiguadores químicos. Reaccionan en segundos. Ej. Sistema bicarbonato, fosfato...
- El centro respiratorio, que regula la eliminación de dióxido de carbono. Actúa en minutos.
- Los riñones que pueden excretar orinas ácidas o básicas. Aunque es el más lento (actúa en horas o días), es el más potente.

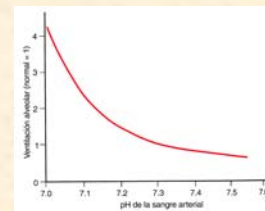
Equilibrio ácido-base: Amortiguadores químicos

- El más importante es el **ácido carbónico/bicarbonato**.
- La concentración de bicarbonato es controlada por los riñones y la de dióxido de carbono por los pulmones. Cuando las alteraciones del equilibrio ácido-base se deben a cambios en la concentración del ión bicarbonato, se llaman *acidosis/alcalosis metabólicas* y cuando se deben a la presión de dióxido de carbono se llaman *acidosis/alcalosis respiratorias*.
- Otro sistema amortiguador es el **fosfato y las proteínas**.

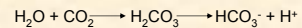
Equilibrio ácido-base: Regulación respiratoria

Se habla de *acidosis respiratoria* si aumenta la presión del dióxido de carbono en los líquidos extracelulares, ya que entonces disminuye el pH (*).

Se habla de *alcalosis respiratoria* cuando hay una disminución de la presión parcial de dióxido de carbono.

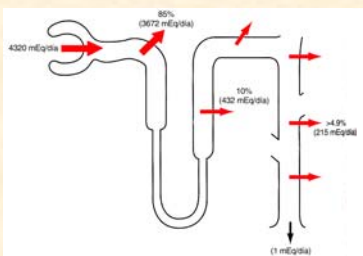


(*)Al aumentar la presión parcial de dióxido de carbono, ocurre la reacción:



Equilibrio ácido-base: Regulación renal

El mecanismo por el que los riñones excretan una orina más ácida o básica está basado en la filtración de iones bicarbonato y la secreción de iones hidrógeno.



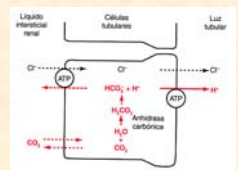
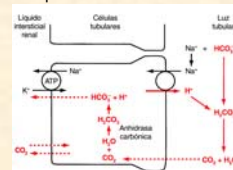
Reabsorción de iones bicarbonato

Equilibrio ácido-base: Regulación renal

- Hacia los túbulos se filtran continuamente iones bicarbonato y se secretan iones hidrógeno.
- Los iones bicarbonato reaccionan con los iones hidrógeno para dar lugar a ácido carbónico, que se disocia en dióxido de carbono y agua.
- El dióxido de carbono difunde al interior celular donde se combina con agua, formando ácido carbónico.
- El ácido carbónico se disocia para formar ión bicarbonato e hidrógeno. Después, el ión bicarbonato pasa a la sangre.

A nivel del túbulo proximal, rama gruesa ascendente del asa de Henle y primera porción del túbulo distal

A partir de la segunda porción del túbulo distal



Equilibrio ácido-base: Regulación renal

- En condiciones normales se secretan más iones hidrógeno que los iones bicarbonatos filtrados.
- El exceso de iones hidrógeno se excretan libremente, hasta alcanzar un pH mínimo de 4.5 y el resto se combinan con amortiguadores como fosfato o amoníaco.

