



87
2e

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**"MORFOFISIOLOGIA DEL APARATO URINARIO
DE LAS ESPECIES DOMESTICAS, ESTUDIO
RECOPILATIVO"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A :

LUIS FERNANDO VESGA URBINA

**BAJO LA DIRECCION DEL M.V.Z.:
MARCO ANTONIO FAJARDO ROMAN**

**Y LA ASESORIA DE:
M.V.Z.: CARLOS MANUEL APPENDINI TAZZER
M.V.Z.: ALBERTO CHAVEZ ENRIQUEZ**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

1.-	Resumen	1
2.-	Justificación	1
3.-	Introducción al estudio del aparato urinario.....	3
3.1	Definición	3
3.2	Generalidades del aparato urinario	4
4.-	Anatomía del aparato urinario	7
4.1	Aspectos comunes en los órganos urinarios de las especies domésticas	7
4.2	Características diferenciales por especie.	
4.2.1	Bovino	14
4.2.2	Ovino y Caprino	14
4.2.3	Suino	14
4.2.4	Equino	14
4.2.5	Aves	25
4.2.6	Canino	31
4.2.7	Felino	31
5.-	Histología del aparato urinario.	
5.1	Histología de la nefrona	35
5.1.1	Glomérulo renal	35
5.1.2	Túbulo contorneado proximal	40
5.1.3	Asa de Henle	44
5.1.4	Túbulo contorneado distal	46
5.2	Histología de los túbulos colectores	50
5.3	Histología de los uréteres	52
5.4	Histología de la vejiga urinaria	54
5.5	Histología de la uretra	55
6.-	Fisiología del aparato urinario.	
6.1	Aspectos generales	56
6.2	Filtración glomerular	56
6.2.1	Permeabilidad de los capilares glomerulares	59
6.2.2	Presiones de filtración	61
6.2.3	Intensidad y fracción de filtración	64
6.3	Funciones tubulares.	
6.3.1	Mecanismos de resorción tubular	68

6.3.2	Capacidad de resorción tubular	69
6.3.3	Resorción de sodio	71
6.3.4	Resorción de glucosa	72
6.3.5	Resorción de otras sustancias	76
6.3.6	Excreción de agua	78
6.3.7	Secreción de hidrógeno	78
6.3.8	Secreción de amoniaco	80
6.3.9	Excreción de bicarbonato	82
6.3.10	Regulación de la excreción de sodio y cloro	83
6.4	Autorregulación del riego sanguíneo renal	84
6.5	Micción	85
7.-	Literatura consultada	87

1.- Resumen del Trabajo:

Se revisaron diferentes autores en las fuentes más recientes con el propósito de condensar los conocimientos más importantes en relación con los órganos que conforman el aparato urinario de las diferentes especies domésticas

Este trabajo es una recopilación de conocimientos elementales que debe manejar el aspirante a Médico Veterinario o a carreras afines a la nuestra.

2.- Justificación del Trabajo:

El aparato urinario es motivo de estudio dentro de diversas asignaturas que comprende el plan de estudios de la carrera de Medicina Veterinaria, así como de otras en relación con las ciencias biológicas. Los órganos urinarios tienen gran importancia en los procesos fisiológicos que mantienen en equilibrio homeostático a los animales.

Debido a la falta de un estudio recopilativo en esta materia, se presenta este compendio de conocimientos que pretende poner en manos del estudiante, un manual cuyo contenido implica la integración de los aspectos morfofisiológicos del aparato urinario de las especies domésticas con la finalidad de condensar información básica obtenida al consultar diferentes autores en las fuentes más recientes.

El programa emergente de libros de texto, aplicado dentro de la forma universitaria, tiene como objetivo editar los libros de tex-

to básicos para mejorar el desarrollo académico de las asignaturas, en ediciones sencillas y en formatos económicos, elementales para satisfacer las necesidades de los estudiantes de la U.N.A.M. y de otras universidades.

Conscientes de que la atención es la esencia para la comprensión y el entendimiento del estudiante, hemos decidido, durante la redacción del texto, omitir las referencias bibliográficas con el objeto de lograr fluidez en su lectura, sin embargo éstas aparecen al final del trabajo, para aquellos lectores que deseen ampliar la información. Con el propósito de alcanzar los fines señalados, se han incluido esquemas y figuras que ilustran didácticamente este trabajo.

3.- INTRODUCCION

3.1 Definición:

El aparato urinario es un conjunto de órganos cuya función es filtrar la mayoría de las sustancias de desecho, o que puedan ser tóxicas para el organismo. Una gran proporción de los residuos inutilizables del metabolismo celular circulan en la sangre y deben ser eliminados por este aparato, a través de la formación de un líquido conocido con el nombre de orina; el cual es almacenado y posteriormente eliminado del organismo.

Los órganos urinarios en los animales domésticos son: los riñones, los uréteres, la vejiga y la uretra. Los riñones se hallan situados junto a la pared dorsal del abdomen, en la región sublumbar, estando dispuestos en la mayor parte de los animales por fuera del recubrimiento peritoneal. Son dos órganos encargados fundamentalmente de eliminar diferentes sustancias y de llevar a cabo procesos de resorción y secreción. Los uréteres son dos ductos que conducen la orina hasta la vejiga urinaria, conforman la parte estrecha del conducto excretorio del riñón. Cada uno comienza en la pelvis renal y termina en la vejiga. Esta viscera, es una bolsa piriforme encargada de almacenar la orina; difiere de forma, tamaño y posición según la especie y el volumen de su contenido. Cuando se halla vacía, se encuentra sobre el piso de la pelvis. La uretra es un ducto que conduce la orina hacia el exterior del organismo.

3.2 Generalidades del aparato urinario:

La forma y estructura de los riñones varía de acuerdo con la especie animal. Así tenemos que en los bovinos, los riñones son lobulados, clasificados como multipiramidales por tener varias papilas. En cambio en los suinos, encontramos que los riñones son lisos con una forma característica de frijol. En los equinos distinguimos el riñón derecho del izquierdo, debido a la peculiaridad en cuanto a su morfología, mientras que el riñón izquierdo guarda la forma clásica de frijol, observamos que el derecho es muy similar a un corazón de baraja francesa. En los ovinos los riñones son lisos, y al igual que en los caninos y en los felinos, existe una fusión completa o parcial de varios lóbulos, pero una sola papila de una cresta, por lo que se clasifican como unipiramidales.

En cuanto a la estructura, la superficie del riñón está cubierta por una cápsula fibrosa de tejido conjuntivo, muy delgada, excepto a la altura del hilio, donde aumenta la cantidad de este tejido, por donde penetra acompañando al paquete vascular nervioso. Mas adelante estudiaremos dentro de la irrigación renal, los vasos superficiales que se encuentran irrigando la cápsula y el parénquima subcapsular. Por fuera de la cápsula se encuentra tejido adiposo que constituye un cojinetado adiposo que protege al riñón y a las glándulas adrenales. La cápsula integra el estroma del órgano, en donde encontramos algunas fibras de músculo liso hacia el parénquima del órgano.

El tejido intersticial consiste de fibras reticulares alrededor de las nefronas en los sistemas de tubos colectores y en pequeños vasos sanguíneos en donde hay tejido conjuntivo laxo al igual que al

rededor del hilio.

El corte sagital del riñón nos permite apreciar las dos zonas que dividen al parénquima, la zona cortical y la zona medular.

La zona cortical forma la cubierta externa y separa una pirámide de la otra, integrando las columnas renales.

La zona medular forma la cubierta interna y se observa en forma de pirámide, ésta representa el cáliz menor, lugar de reunión de varios conductos papilares; de éste se forma el cáliz mayor que desemboca en la pelvícula renal.

Hacia la base de la pirámide, el tejido medular, emite digitaciones que penetran en la zona cortical, denominados rayos medulares que no son otra cosa que trabéculas de tejido conjuntivo que se encuentran dividiendo a la corteza renal.

La pelvis renal es el origen dilatado del conducto excretorio, que al estrecharse da lugar al uréter, que a su vez desemboca en la vejiga. La pared del uréter se compone de tres tónicas, dispuestas del exterior hacia el interior de la siguiente manera:

- túnica fibrosa.
- túnica muscular.
- túnica mucosa.

La vejiga urinaria al estar vacía se encuentra reducida de tamaño y al irse llenando va extendiéndose a lo largo de la pared abdominal ventral. Está constituida por tres regiones: vértice, cuerpo y cuello. Su pared la forman tres capas, dispuestas en el siguiente orden:

- serosa (capa externa)
- muscular (capa media)
- mucosa (capa interna)

Desde el punto de vista funcional, los riñones son los órganos que cumplen las actividades vitales del aparato urinario, en tanto que los uréteres, vejiga y uretra constituyen vías de excreción de la orina.

Cada riñón está integrado por cientos de miles de unidades anatómofuncionales denominadas nefronas. Cada nefrona a su vez, está constituida por un glomérulo renal, rodeado por una cápsula (de Bowman), que se continúa como túbulo renal.

El glomérulo renal consiste en una amplia estructura de capilares con alta permeabilidad, formados a partir de una arteriola aferente y que drenan en un vaso arterial eferente.

4.- ANATOMIA DEL APARATO URINARIO.

4.1 Aspectos comunes en los órganos urinarios de las especies domésticas.

Los órganos que conforman el aparato urinario son los riñones, uréteres, vejiga urinaria y la uretra.

Los riñones son los órganos principales de la excreción del organismo y son los encargados de la formación de la orina como funcción principal. Anatómicamente se definen como dos órganos localizados junto a la pared dorsal de la cavidad abdominal, situados ventralmente a los músculos sublumbar, a ambos lados de la columna vertebral, presentándose el riñón derecho más craneal que el izquierdo excepto en porcinos en donde ambos riñones se localizan a la misma altura o bien, el riñón izquierdo se encuentra un poco más craneal.

Los riñones se mantienen en posición sublumbar gracias a la presión de los órganos adyacentes y por la fascia renal, derivada del tejido subperitoneal, que se divide en dos capas que incluyen a los riñones y la grasa relacionada con ellos, la cápsula adiposa. Por lo anterior se dice que los riñones son retroperitoneales.

Los riñones son órganos que en general presentan forma de frijol y para su estudio tienen dos caras de superficie convexa, dorsal y ventral, dos extremos redondeados, craneal y caudal y dos bordes, uno lateral convexo y otro medial cóncavo, encontrándose en éste una depresión donde localizamos el hilio renal, al que se dirigen las arterias y nervios renales y por donde salen las venas y vasos linfáticos renales así como, el uréter.

Estructura.- El riñón está protegido por una cápsula fibrosa y al realizar un corte longitudinal del órgano reconocemos dos áreas, la corteza y la médula, así como, la pelvis renal.

La corteza, de color pardo oscuro, esta marcada por pequeños puntos de color negro o rojo intenso que corresponden a los corpúsculos renales.

La médula presenta dos zonas, una interna pálida y otra externa de color rojo intenso, la zona intermedia, donde se observan los vasos arqueados.

La médula esta formada por estructuras cónicas, las pirámides, que representan la lobulación del órgano y se encuentran separadas entre sí por las columnas renales que corresponden a prolongaciones de la corteza, por lo tanto la base y bordes laterales de cada pirámide se relacionan con la corteza. Los vértices de todas las pirámides hacen prominencias en los cálices renales constituyendo -- las papilas, que presentan numerosos orificios pequeños por los -- cuales los ductos papilares se abren en la pelvis renal y se denomina zona cribosa.

La pelvis renal corresponde al origen en forma de embudo del uréter y se sitúa dentro de la cavidad del riñón o seno renal, el -- cual se abre en el hilio renal. La pelvis renal presenta varias estructuras a manera de saculaciones, los cálices renales mayores, a partir de los cuales parten conductos que se dirigen hacia las -- papilas y las envuelven en forma de embudo, los cálices renales menores, siendo este el sitio donde vacían los ductos papilares la -- orina para que posteriormente pase a los cálices renales mayores y de ahí a la pelvis renal.

Los riñones reciben abundante riego sanguíneo por medio de las ar-

terias renales que proceden de la arteria aorta. No es raro encontrar varias arterias renales accesorias, éstas pueden proceder de varias ramas de la arteria aorta, por ejemplo de la mesentérica - caudal, de la testicular y ovárica y aún de la iliaca circunfleja profunda. Estas arterias renales accesorias originan las arterias interlobulares, las cuales tienen una disposición radial entre los lóbulos corticales y proporcionan cortas ramas laterales, cada una de las cuales terminan como un vaso aferente de un corpúsculo renal, originándose así las arterias interlobulillares aferentes, algunas suben como vasos perforantes que se ramifican en forma de " T " irrigando la cápsula y el parénquima subcapsular dando lugar a los vasos superficiales.

Las ramas de la arteria aorta, entran en el hilio y sobre la superficie ventral de la glándula, para alcanzar la zona intermedia, donde forman los arcos anastomóticos (arteria arcuata).

A partir de estas arterias arqueadas, las ramas pasan dentro de la corteza y de la médula.

Las ramas medulares descienden a las pirámides y forman en ellas - haces de ramitas rectas. Las venas renales son grandes y de paredes delgadas; drenan en la vena cava caudal. En la parte superficial de la corteza, las venas forman unas figuras semejantes a estrellas, por la convergencia de varias raicillas a un tronco común. Los vasos linfáticos forman dos redes, capsular o superficial y -- parenquimatosa o profunda. Al abandonar el hilio, van a los nódulos linfáticos adyacentes, donde se conocen con el nombre de nódulos linfáticos renales. Los nervios derivan del plexo renal del - simpático, el cual rodea a la arteria renal.

Inervación.- Nervio vago y fibras nerviosas simpáticas de los ganglios celiaco y mesentérico craneal.

Los uréteres son dos órganos tubulares musculofibrosos, que corresponden a la porción estrecha del conducto excretorio del riñón, -- conduciendo la orina desde la pelvis renal, que marca su inicio, -- descendiendo caudoventralmente a lo largo del músculo iliopsoas -- hasta la vejiga urinaria, cerca del cuello de la misma.

En animales de talla media, los uréteres cuentan con un calibre de 6 a 8 mm. con 15 cms. de longitud. Conducen la orina a través de dos porciones, la abdominal y la pelviana. Son largos y estrechos sobre todo cuando están vacíos. Su porción abdominal comienza en el hilio del riñón, formando un infundíbulo largo en suinos y equinos, y corto y reducido en las demás especies.

El uréter se incurva hacia una posición caudal relacionándose con el borde medial del riñón. Con el psoas menor, con el borde medial del psoas mayor, de acuerdo a la especie. Toda esta porción abdominal esta cubierta por el peritoneo parietal.

El uréter derecho pasa a pequeña distancia de la vena cava caudal.

El uréter izquierdo es vecino de la aorta abdominal, excepto en el bovino, en donde termina mucho antes. En este recorrido cada uréter tiene relación con los nódulos linfáticos lumboaórticos. Al salir del riñón se cruzan ventralmente con la arteria y vena testiculares u ováricas según el sexo.

Los uréteres se relacionan en general con el peritoneo parietal y las partes del intestino respectivas a cada especie.

La porción pelviana comienza al pasar la arteria iliaca externa.

Se dirige ventrocaudalmente relacionándose con las caras laterales del recto y después se incurvan mediocaudalmente, dirigiéndose a -

la cara dorsal de la vejiga urinaria. El trayecto pelviano en el macho pasa dorsalmente al ducto deferente contactando con él en perro, gato y conejo. Y pasando a distancia en las demás especies. Después pasa por encima de la glándula vesicular (ausente en carnívoros) y desemboca al nivel del cuello de la vejiga urinaria. Al llegar ambos uréteres, están sostenidos por el pliegue genital del peritoneo. En las hembras se relaciona con la raíz del ligamento ancho junto con el cual cruza la cara medial de los vasos -- uterinos después toca el fondo del saco recto genital del peritoneo. Se relaciona con la extremidad uterina de la vejiga en su ca ra dorsal y termina en la vejiga, como en el macho.

La terminación de los uréteres es por una perforación directa de la vejiga atravesando oblicuamente la capa muscular unos 3 o 4 cm. y perforando esta capa y la mucosa hasta abrirse a la luz de la ve jiga terminando en un ostioureteico rodeado por un delgado repliegue de la mucosa, el cual evita el reflujo de orina hacia el uréter.

La estructura de los uréteres le dan tres tónicas que son:

- Tónica serosa externa.
- Tónica muscular media.
- Tónica mucosa interna.

La inervación corresponde al nervio vago, nervios pelvianos y fibras nerviosas simpáticas de los ganglios mesentérico craneal y mesentérico caudal.

La vejiga urinaria es un órgano musculomembranoso en forma de bolsa, extraordinariamente distensible, interpuesta entre los uréteres y la uretra.

Anatómicamente se localiza sobre el piso de la cavidad pélvica y

cuando esta llena ocupa parte de la porción caudal del piso de la cavidad abdominal. Presenta forma de pera, donde distinguimos un extremo craneal ciego o ápice, sitio en el que localizamos una cicatriz que corresponde al conducto que en el feto conduce del orificio umbilical al alantoides, denominado uraco.

El cuerpo de la vejiga, presenta dos caras, dorsal y ventral. El cuello de la vejiga se continúa caudalmente con la uretra.

Externamente la vejiga está parcialmente cubierta por el peritoneo, la túnica muscular media y la túnica mucosa interna que presenta gran cantidad de pliegues cuando el órgano está vacío.

Los uréteres terminan cerca del cuello de la vejiga urinaria, en la cara dorsal; después de penetrar la túnica muscular en forma oblicua, recorren una pequeña distancia entre la muscular y la mucosa para penetrar finalmente ésta última formando los orificios uretéricos. En el trayecto entre la mucosa y muscular, el uréter produce una elevación de la mucosa denominada columna uretérica. Esta disposición de los uréteres constituyen una válvula que impide el retorno de la orina al uréter.

Desde cada orificio uretérico parte un pliegue de la mucosa con dirección caudomedial, el pliegue uretérico, uniéndose los de ambos lados al inicio de la uretra para constituir la cresta uretral, localizándose a este nivel el orificio uretral interno.

La túnica mucosa forma numerosos pliegues cuando la vejiga urinaria está vacía, esto es cierto excepto en un área triangular cuyos ángulos los constituyen los dos orificios uretéricos y el orificio uretral interno, denominándose a esta zona, trigono vesical, cuya base esta indicada por una línea que une los dos orificios uretéricos y los lados los forman los pliegues uretéricos.

La vejiga urinaria se encuentra fijada a la cavidad, por tres pliegues peritoneales:

- Ligamento medio, se origina en la cara ventral de la vejiga urinaria y termina en el piso de las cavidades abdominal y pélvica.
- Ligamentos laterales, se originan en las paredes laterales de la vejiga urinaria y terminan en las paredes laterales de la cavidad pélvica. Estos ligamentos contienen los ligamentos redondos que son el vestigio de la arteria umbilical fetal.

La irrigación de la vejiga está dada por ramas de las arterias umbilical, prostática ó vaginal, que dan lugar a las arterias vesicales.

La inervación de la vejiga urinaria compete a los nervios pelvianos nervio hipogástrico y nervios pudendos.

La uretra es un órgano tubular, en hembras se extiende desde la vejiga urinaria hasta el vestíbulo vaginal; en machos desde la vejiga urinaria hasta el orificio uretral, en el pene.

Se localiza a lo largo de la línea media del piso de la cavidad pélvica.

En su inicio se comunica con la vejiga urinaria por medio del orificio uretral interno y presenta en su pared dorsal la cresta uretral, descrita en vejiga urinaria. Termina en la parte craneal del piso del vestíbulo vaginal en el orificio uretral externo.

La estructura de la uretra se conforma por tres túnicas, que de externa a interna son: la túnica adventicia, la túnica muscular y la túnica mucosa.

La uretra es un ducto encargado de excretar la orina, y también de expulsar semen.

4.2 Características diferenciales por especie.

4.2.1 Bovino: riñones lobulados (18 O 20 lóbulos) no presentan pelvis renal así que, los cálices mayores se unen para formar el uréter. El espacio que no está ocupado por los cálices y vasos, está lleno de grasa. (Figs.4.2.1.1 y 4.2.1.2). El hilio es amplio, constituyendo la fosa renal. (Fig. 4.2.1.3).

4.2.2 Ovino y Caprino: riñones en forma de frijol, no tienen cálices y presentan cresta renal.

Las venas satélites del hilio del riñón, sirven para distinguirlos del riñón de los caninos. (Fig. 4.2.2.1).

4.2.3 Suino: riñones en forma de frijol, son más alargados y pequeños en las extremidades que los del perro. En cuanto a las diferencias referidas en relación a los uréteres del cerdo, éstas indican que el principio del uréter es relativamente ancho, y que gradualmente disminuye de calibre, es ligeramente sinuoso y abandona el riñón por una curva caudal, dorsalmente. (Figs. 4.2.3.1 y 4.2.3.2).

4.2.4 Equino: el riñón derecho tiene un contorno que recuerda el del corazón de una baraja francesa, y un triángulo equilátero con los ángulos redondeados. El riñón izquierdo tiene forma de frijol. Es más grande y estrecho que el riñón derecho. (Figs. 4.2.4.1 , 4.2.4.2. , 4.2.4.3 y 4.2.4.4).

En la uretra del equino, existen glándulas mucosas intraepiteliales que le dan la característica espumosa a la orina del caballo y un poco menos marcada en los suinos.

Los riñones de los equinos presentan trabéculas de tejido conjuntivo, que dividen una papila de la otra. Ciertamente más marcadas que en las demás especies.

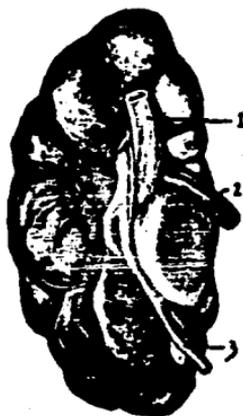


Fig. 4.2.1.1 Esquema del riñón derecho del toro.
Cara ventral: 1. Vena renal, 2. Arteria renal,
3. Uréter. Obtenido de la *Nómina Anatómica -
Veterinaria*, 1983.

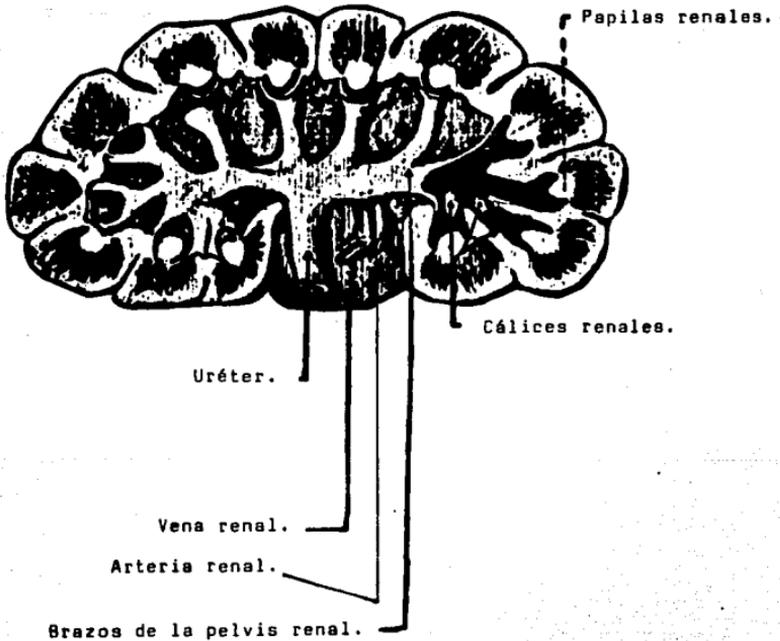


Fig. 4.2.1.2 Esquema del riñón del Bovino.
Obtenido de la Nómima Anatómica Veterinaria, 1983.

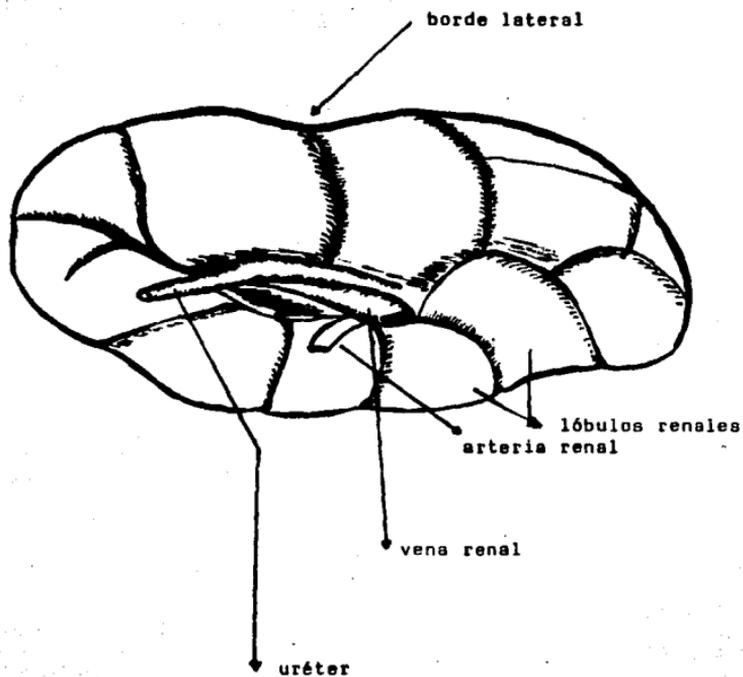


Fig. 4.2.1.3 Esquema del riñón del Bovino.
Obtenido de la Nómina Anatómica Veterinaria, 1983

Venas satélites.

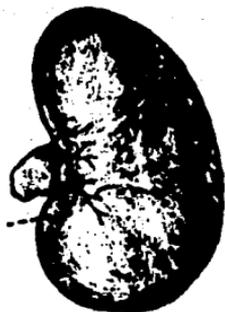


Fig. 4.2.2.1 Esquema del riñón del Ovino.
Obtenido de la Nómina Anatómica Veterinaria, 1983.

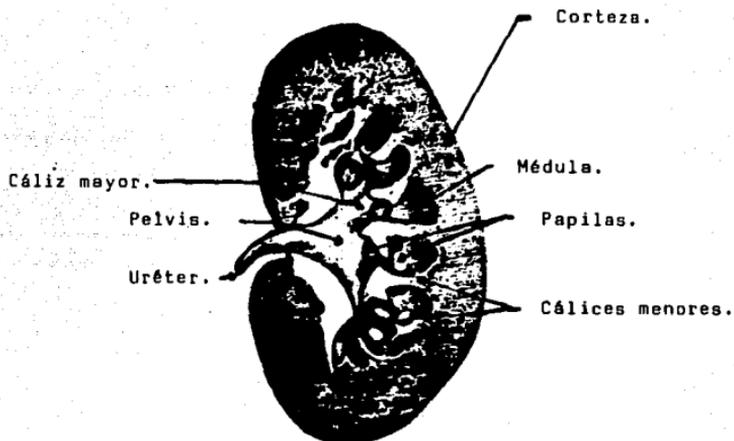


Fig. 4.2.3.1 Esquema del riñón de los Suinos. (Sección frontal).
Obtenido de la Nómina Anatómica Veterinaria, 1983.

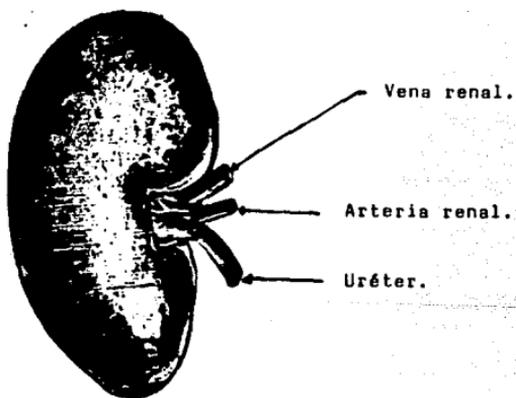
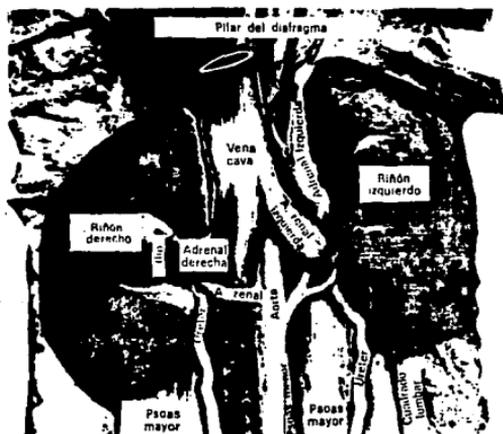
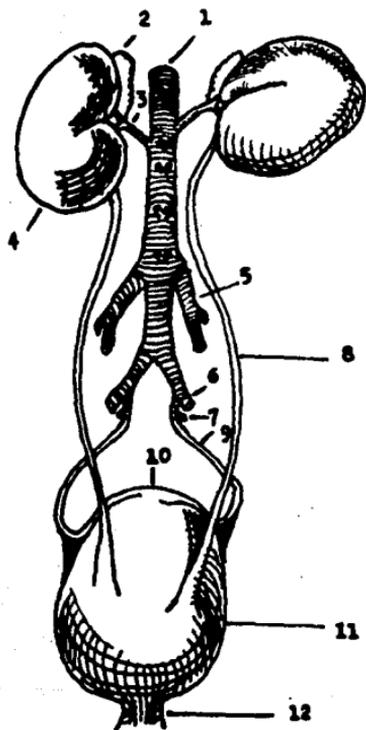


Fig. 4.2.3.2 Esquema del riñón del Suino.
Vista ventral. Obtenido del Getty, 1983.



1. Aorta.
2. Glándula adrenal izq.
3. Arteria renal izquierda.
4. Riñón izquierdo.
5. Arteria iliaca izquierda.
6. Arteria iliaca interna.
7. Arteria pudenda interna.
8. Uréter derecho.
9. Ligamento umbilical lateral derecho.
10. Fondo de la vejiga.
11. Cuerpo de la vejiga.
12. Cuello de la vejiga.

Fig. 4.2.4.1 Esquema del riñón del Equino. Ilustra los vasos y -nervios, así como las diferencias entre los dos riñones y su relación con la vejiga urinaria. Obtenido del Getty, 1983.



Fig. 4.2.4.2 Esquema del riñón derecho del Equino.
Superficie ventral. 1. Arteria renal.
Obtenido de la N6mina Anatómica Veterinaria, 1983.

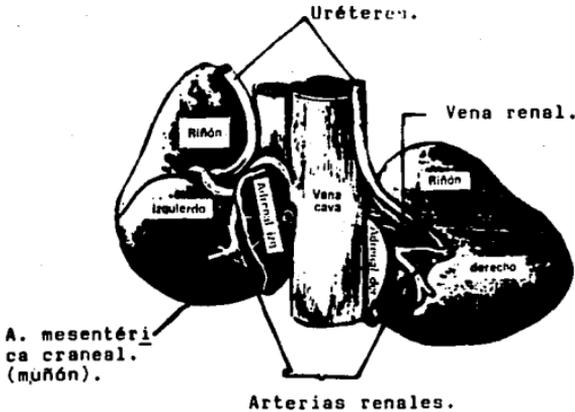
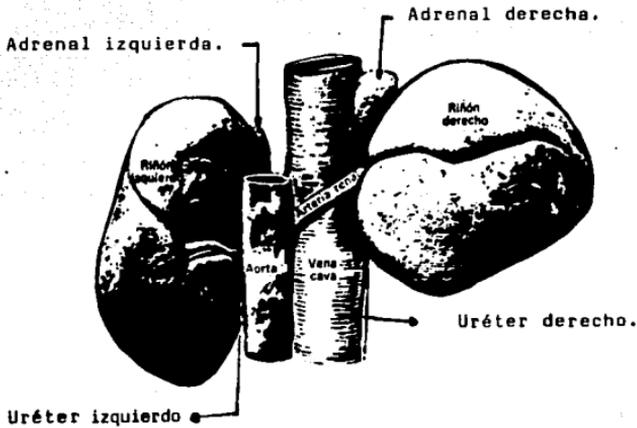


Fig. 4.2.4.3 Esquemas de los riñones del Equino y su relación con otras estructuras. Obtenido del Getty, 1983.

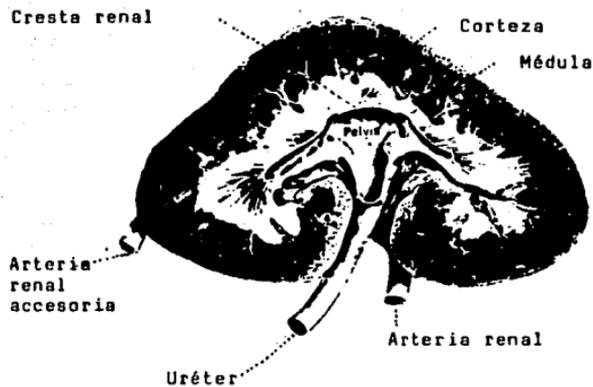


Fig. 4.2.4.4 Esquema del riñón izquierdo del Equino. Corte Sagital. Obtenido de la Nómima Anatómica Veterinaria, 1983.

4.2.5 Aves: riñones con forma de rectángulo alargado. Los dos riñones de la gallina están simétricamente situados a cada lado de la columna vertebral, en contacto dorsal con la pelvis y el sinsacro. (Fig. 4.2.5.1).

Cada uno de los riñones de la gallina están divididos en tres partes:

- división craneal redonda.
- división medial alargada.
- división caudal, de forma más expandida y un tanto irregular.

El límite entre las divisiones craneal y medial lo marca el surco de la superficie dorsal, donde se aloja la arteria iliaca externa. Las divisiones, medial y caudal, están limitadas por el surco de la superficie ventral que aloja la arteria isquiática.

Otros surcos están formados en la superficie ventral por la vena iliaca externa, la vena renal caudal, los dos tercios craneales de la vena porta renal caudal, y gran parte del uréter. El nervio isquiático y varios nervios espinales pasan a través del riñón.

Las superficies externas de los lóbulos renales, alcanzan la superficie del riñón como proyecciones redondeadas.

La periferia de cada lóbulo está rodeada por ramas terminales pequeñas de las venas portales renales.

Los riñones de las aves se clasifican como multipiramidales y polilobulares, esta lobulación aparece desde la parte externa como si fuera la reunión de varios riñones unilobulares. Un lóbulo dentro de un órgano, está normalmente consi

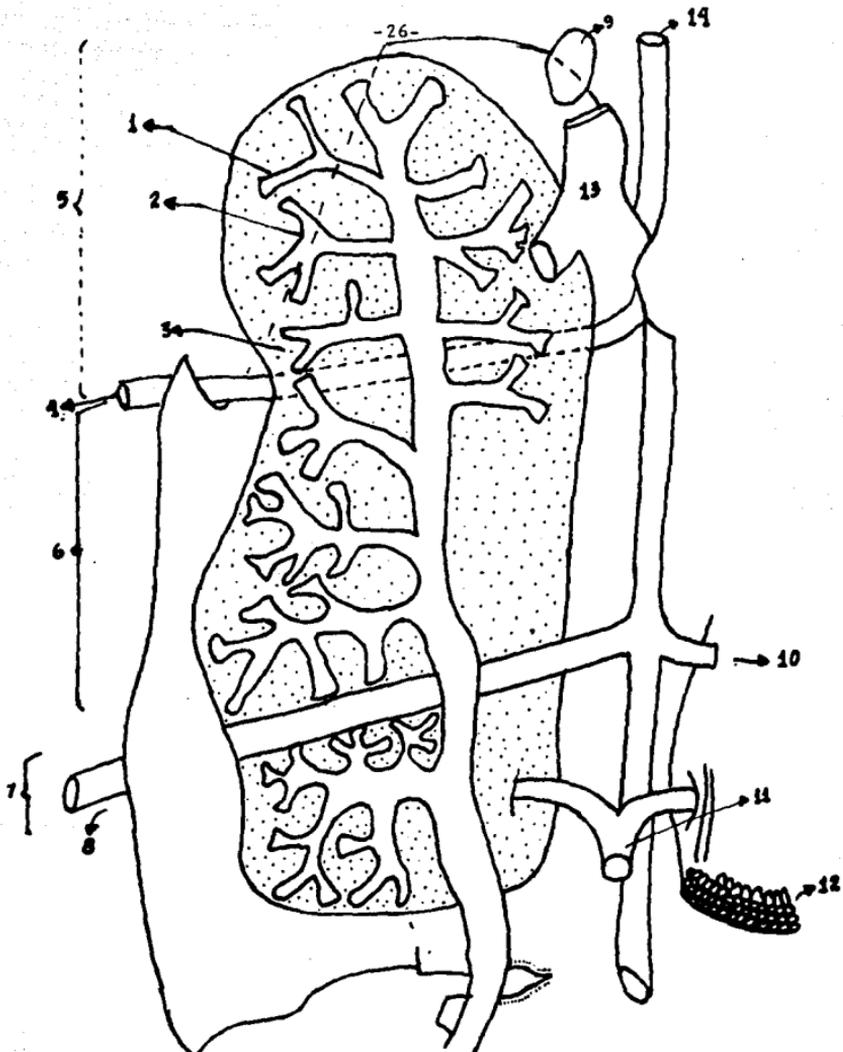


Fig. 4.2.5.1 Esquema del riñón de la gallina. Ilustra una vista ventral del riñón que muestra ramas secundarias del uréter, así como las tres divisiones del riñón embutidas contra la pelvis y el sinsacro. Obtenido del Schwarze, 1981.

- 1..... Rama secundaria del uréter.
- 2..... Rama primaria del uréter.
- 3..... Conglomerado en forma de cono.
- 4..... Arteria iliaca externa.
- 5..... División craneal del riñón.
- 6..... División medial del riñón.
- 7..... División caudal del riñón.
- 8..... Arteria isquiática.
- 9..... Glándula adrenal.
- 10..... Arteria isquiática.
- 11..... Vena mesentérica caudal.
- 12..... Lóbulo renal.
- 13..... Vena cava caudal.
- 14..... Arteria aorta.

Clave del esquema del riñón de las aves. Figura 4.2.5.1

derado desde un punto de vista anatómico, como una región que drena dentro de su discreto sistema de conductos. Como quiera que el lóbulo renal aviar, tiene su drenaje en sus proximidades, puede decirse que el término es estrictamente impropio para el riñón de las aves. No obstante, es un concepto estructural conveniente y puede considerarse respetable, si reflexionamos en que el lóbulo renal definitivo, es la fusión de varios lóbulos renales embrionarios. (Fig. 4.2.5.2).

El lobulillo no está bien definido en el riñón aviar, pero gracias a las microdisecciones y a las preparaciones histológicas, podemos apreciar que grupos de lóbulos, convergen junto a la porción profunda. El haz cónico de túbulos colectores, en el vértice de un lóbulo, se ven converger en haces cónicos similares que parten de otros dos lóbulos adyacentes, cada lobulillo drena típicamente en una rama secundaria del uréter.

Existen dos tipos de nefronas en el riñón aviar; la nefrona de tipo cortical que mide unos 6 a 8 mm de longitud, que se encuentra en forma rectilínea y que la mayoría no tiene asa de Henle, y la nefrona de tipo medular, que cuenta con 15 mm de longitud.

En cuanto a la irrigación, existen tres pares de arterias renales: la craneal, medial y caudal. Irrigan como su nombre lo indica, las tres divisiones respectivamente.

El glomérulo es mucho más sencillo en las aves que en los mamíferos, está formado por unas pocas asas capilares que rodean un núcleo no vascular de células.

Las venas portales renales son venas aferentes que transportan sangre a los riñones; constituyen el sistema portal renal.

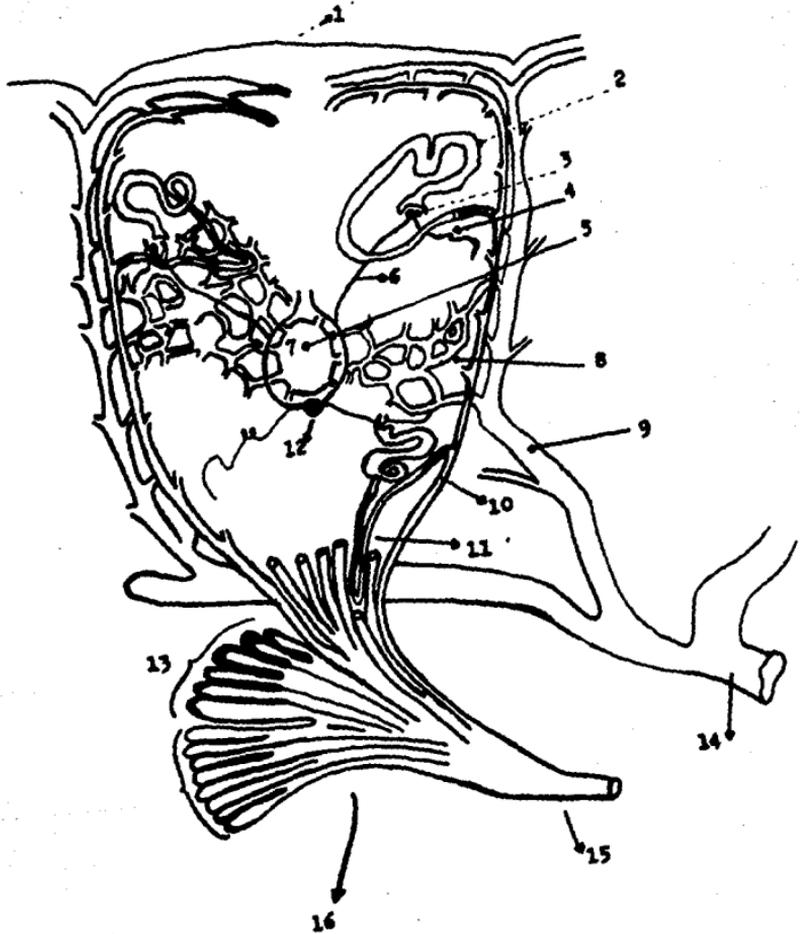


Fig. 4.2.5.2 Esquema del riñón de las aves. Ilustra un lóbulo renal de la gallina. Obtenido del Schwarze, 1981.

Clave del esquema del lóbulo renal aviar. Fig. 4.2.5.2.

- 1..... Superficie del riñón.
- 2..... Nefrona.
- 3..... Glomérulo.
- 4..... Arteriola eferente.
- 5..... Vena intralobular.
- 6..... Arteriola aferente.
- 7..... Vena intralobular.
- 8..... Capilar intertubular.
- 9..... Vena interlobular.
- 10..... Túbulo colector.
- 11..... Asa de Henle.
- 12..... Arteria intralobular.
- 13..... Túbulos colectores de un lóbulo.
- 14..... Rama de la vena aferente.
- 15..... Rama secundaria del uréter.

Nota: Los muñones cortados de los túbulos colectores de los tres lóbulos, forman un manajo de túbulos colectores en forma de cono incluidos en tejido conectivo, que se pueden interpretar como la base medular de un lóbulo renal; tal manajo en forma de cono, junto con sus lóbulos puede ser homólogo al lóbulo renal del mamífero.

4.2.6 Canino: riñones en forma de frijol, no tienen cálices y -
presentan cresta renal. (Figs. 4.2.6.1 y 4.2.6.2).

Las dimensiones y el peso de los riñones del perro, varían de acuerdo a la raza y al desarrollo del animal, siendo el riñón izquierdo un poco más pesado que el derecho y adoptan do una posición más variable según sus medios de fijación, que es a lo que algunos autores llaman: riñón flotante. Su movilidad se aprecia cuando la repleción gástrica lo empuja hacia una posición caudal; y vemos que al estar el estómago vacío, la extremidad craneal del riñón izquierdo se opone - al hilio del riñón derecho.

Ambos riñones se relacionan hacia el techo de la cavidad abdominal con los músculos psoas mayor, psoas menor y algunas veces con el cuadrado lumbar.

4.2.7 Felino: riñones en forma de frijol, no tienen cálices y -
presentan cresta renal. (Fig. 4.2.7.1).

El sistema arterial del riñón del gato se divide en dos subsistemas: las arterias interlobares renales y las arterias arcuatas.

Las arterias arcuatas a su vez emiten las arterias interlobulares que a su vez dan lugar a las arteriolas glomerulares aferentes, las arteriolas glomerulares eferentes, las - arteriolas rectas y por último los vasos superficiales, característicos de especie.

El sistema venoso se colecta por medio de vénulas rectas y vénulas interlobulares. Las vénulas estrelladas son tributarias de las interlobulares, las cuales son tributarias de las arcuatas, las cuales a su vez son tributarias de las venas interlobares y éstas de la vena cava caudal.

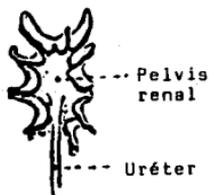
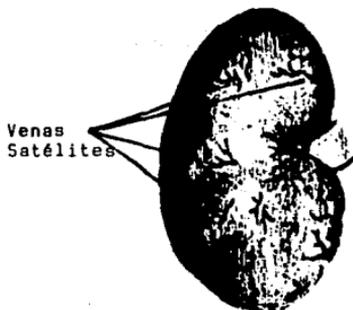
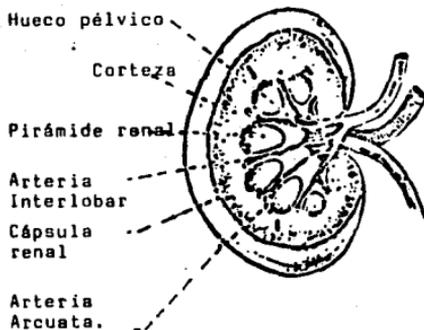
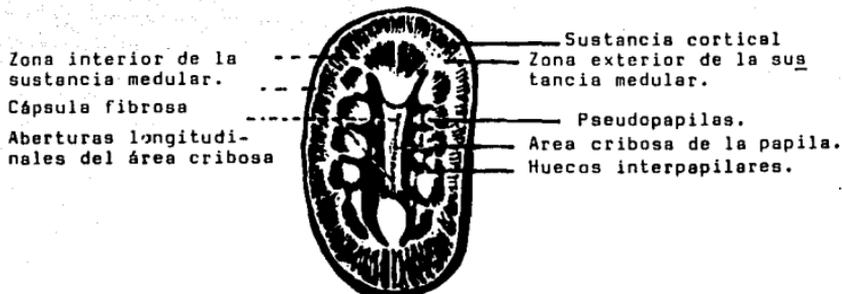


Fig. 4.2.6.1. Esquemas del riñón del Canino. Obtenidos de la Nómima Anatómica Veterinaria, 1983.

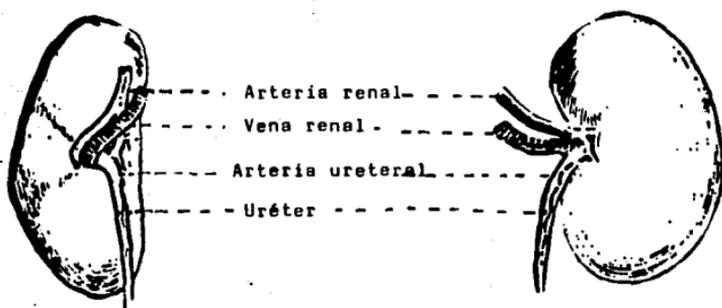


Fig. 4.2.6.2 Esquema del riñón del canino.

A: Vista Medial.

B: Vista Dorsal.

Obtenido de la Nómina Anatómica Veterinaria, 1983.

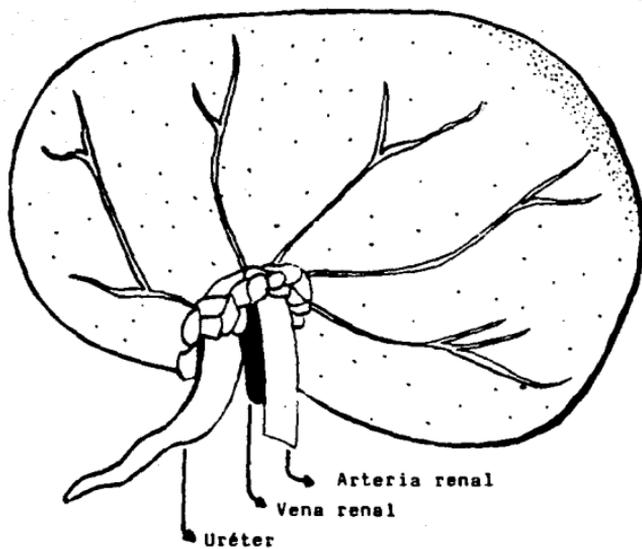


Fig. 4.2.7.1 Esquema del riñón de los Felinos.

5.- HISTOLOGIA DEL APARATO URINARIO.

5.1 Histología de la Nefrona:

Cada riñón está constituido por cientos de miles de unidades funcionales denominadas nefronas. Cada nefrona (Fig. 5.1) está integrada por las siguientes estructuras:

- 1.- Glomérulo renal.
- 2.- Túbulo contorneado proximal.
- 3.- Asa de Henle.
- 4.- Túbulo contorneado distal.

5.1.1.- Glomérulo renal:

El glomérulo renal, es un penacho de capilares formado a partir de una arteriola aferente y que drenan en una arteriola eferente.

(Fig. 5.1.1).

En el curso del desarrollo embrionario, cuando el glomérulo se invagina en el extremo ciego de un túbulo epitelial, la estructura resultante se llama corpúsculo de Malpighi ó corpúsculo renal; estructura resultante integrada de capilares, con algunas células de mesangio, y el epitelio que las reviste, mismo que viene a cubrir cada capilar, denominado: capa visceral de la cápsula de Bowman, más frecuentemente llamado: epitelio glomerular. (Fig. 5.1.2).

La pared glomerular consta de tres capas.

- Endotelio capilar: compuesto de células delgadas planas con fenestraciones entre las mismas.
- Membrana basal acelular.
- Epitelio simple: integrado por células de aspecto peculiar llamadas podocitos, cuyas prolongaciones pedales proyectan en la membrana basal. Estos podoci

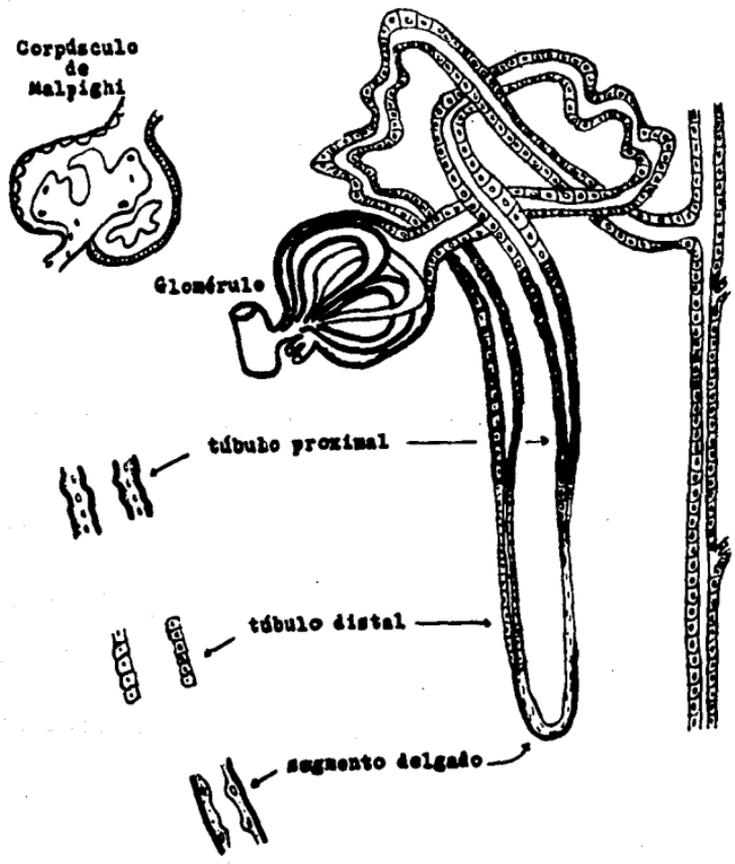


Fig. 5.1 Esquema de la nefrona. Obtenido del Dalton, 1985.

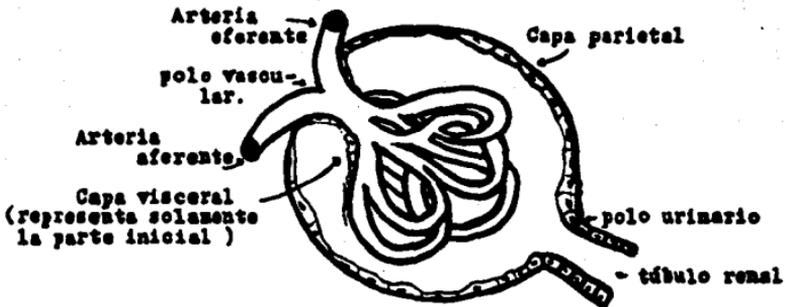
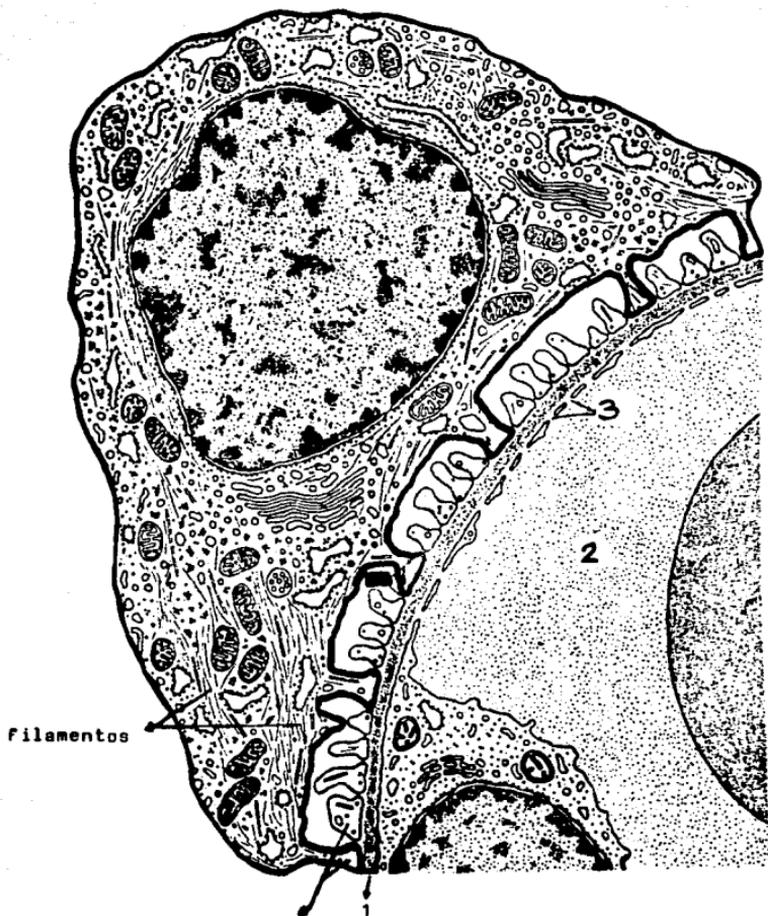


Fig. 5.1.1 Esquema de un glomérulo renal. Ilustra sus diversas estructuras. Obtenido del Banks, 1986.



- Células con
borde de cepillo
- 1..... Lámina basal.
 - 2..... Luz del capilar.
 - 3..... Poros.

Fig. 5.1.2 Esquema del epitelio glomerular. Ilustra sus componentes, así como el capilar. Obtenido del Lentz, 1982.

tos forman poros con aspecto de hendidura, que restringen el paso de coloides pero permiten libremente el de agua y pequeñas moléculas. Como resultado de la permeabilidad característica de las tres capas, es impedido el paso hacia el túbulo, de elementos celulares, proteínas plasmáticas y otras macromoléculas. Cabe resaltar que los podocitos son células muy grandes con un núcleo central y con estrecha relación con la red de capilares glomerulares.

En las preparaciones histológicas renales de rutina, solamente se observan los núcleos de las células endoteliales, células sanguíneas y los núcleos de las células de la cápsula de Bowman visceral que se une íntimamente a las arteriolas. La cápsula de Bowman, además de la capa visceral, posee otra capa separada por un espacio cerrado a la altura de la entrada de la arteria glomerular, y por el extremo posterior a esta entrada, se encuentra la comunicación con el segmento principal en forma progresiva. (En realidad, la arteria, está por fuera de la cápsula, ésto se entiende seguramente si pensamos en un globo a medio inflar, en el que por el extremo contrario de la entrada del aire, se presiona con el puño. El puño representa al glomérulo, la pared del globo que limita con el puño, representa a la cápsula visceral, la pared externa del globo a la cápsula parietal y la válvula de entrada de aire, a la unión con el segmento principal).

Como parte integral del glomérulo renal, se encuentra la cápsula de Bowman:

La cápsula de Bowman es una membrana doble, formada por una depre-

si3n del extremo ciego del t3bulo contorneado proximal. Cuenta - con dos partes, una parte pegada al glom3rulo conocida como parte visceral y revestida por un epitelio plano simple, Y una parte -- alejada de glom3rulo, llamada parte parietal, constituida por el - mismo epitelio; c3lulas epiteliales escamosas, con n3cleos que se bresalen de la altura de la c3lula. La c3psula de Bowman se conti n3a como t3bulo renal, integrado por tres segmentos:

- El t3bulo proximal.
- El asa de Henle.
- El t3bulo distal.

5.1.2 T3bulo contorneado proximal:

El comienzo del t3bulo contorneado proximal, es la continuaci3n de la c3psula de Bowman, pero el epitelio cambia de aplanado, a c3bico alto (columnar bajo). En la parte apical de las c3lulas, encontramos una especie de microvellosidades "ribete en forma de cepillo", y en la parte basal, estriaciones en su citoplasma que al microscopio electr3nico se aprecian como invaginaciones con mitocondrias filamentosas. Muchas c3lulas del paquete de microvellosidades se proyectan desde la superficie apical y forman un borde en forma de cepillo, creando una extensa superficie celular esencial para la notable capacidad de resorci3n del t3bulo contorneado proximal.

El t3bulo contorneado proximal consiste en una porci3n contorneada y una recta. La primera, forma una espiral irregular en la vecindad del glom3rulo, la porci3n recta se contin3a hacia la m3dula, - para formar la rama descendente (brazo delgado) del asa de Henle. la cavidad apical y la invaginaci3n, surgen en las bases de las - microvellosidades y se extienden hacia el citoplasma. Muchas de -

ellas parecen comprimidas y se forman así, vesículas apicales que se fusionan para producir vacuolas. Estas, junto con las vacuolas pueden originar algunos de los muchos lisosomas que se presentan en éstas células.

Las células del túbulo proximal, tienen aspecto de ser muy metabólicas (Fig. 5.1.2.1) con gran número de mitocondrias para sostener procesos de transporte activo extremadamente rápidos; de hecho se comprueba que el 65% más o menos, de todos los procesos de resorción y secreción que ocurren en el sistema tubular, tienen lugar en los túbulos proximales. Por lo tanto, sólo el 35% del filtrado glomerular pasa normalmente y sigue en toda la distancia por los túbulos proximales, porque el 65% restante es resorbido antes de llegar a las asas de Henle. A propósito del transporte de sodio, las células epiteliales tubulares proximales, tienen un borde ciliado muy extenso. También cuentan con un laberinto muy amplio de conductos intercelulares y basales, que proporciona un área de membrana muy extensa en el lado peritubular del epitelio, que es el lado en el que ocurre el transporte activo abundante en sodio y otros iones.

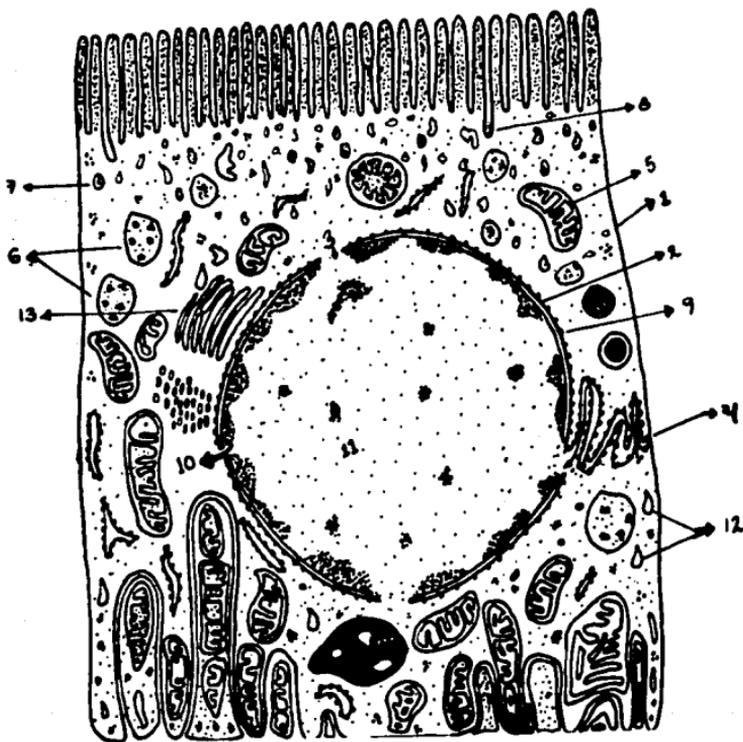


Fig. 5.1.2.1 Esquema de una célula del túbulo contorneado proximal. Ilustra los componentes celulares, destacando la gran cantidad de mitocondrias. Modificado del - Lentz, 1982.

Clave del esquema de una célula del túbulo contorneado proximal.
Fig. 5.1.2.1.

- 1..... Membrana plasmática.
- 2..... Membrana nuclear.
- 3..... Poro nuclear (cuenta con un diafragma que regula el paso de determinadas sustancias).
- 4..... Reticulo endoplásmico rugoso.
- 5..... Mitocondria.
- 6..... Lisosomas.
- 7..... Vesícula apical.
- 8..... Cavidad apical.
- 9..... Ribosomas adheridos a la membrana externa del núcleo.
- 10..... Gránulos de cromatina.
- 11..... Jugo nuclear, carioplasma ó sabia nuclear.
- 12..... Vacuolas.
- 13..... Aparato de Golgi.

5.1.3 Asa de Henle:

Está constituida por un epitelio plano simple, bajo y carente de cilios, consta de un túbulo descendente de pared delgada que adopta forma de horquilla muy incurvada en el tercio superior de la mé dula para las nefronas corticales, y más profundamente también en la médula para las nefronas yuxtamedulares.

Este túbulo descendente, es de un diámetro aproximado de unas 10 a 15 micras, está cubierto por un epitelio de células muy bajas, de aspecto escamoso. Su citoplasma es agranular y el núcleo está ligeramente comprimido (Fig. 5.1.3.1). En los cortes teñidos con mé todos rutinarios, es fácil en ocasiones confundirlo con capilares, en especial cuando en la preparación del tejido se han desplazado elementos sanguíneos; se diferencia porque el núcleo y la célula son más grandes, existen en mayor número y únicamente los rodea la membrana basal. Su posición en la zona medular, varía con el tama ño del asa, cuando está larga, se pueden ver cerca de las papilas. Estos segmentos no existen en algunas especies de aves, en los rep tiles, peces y anfibios.

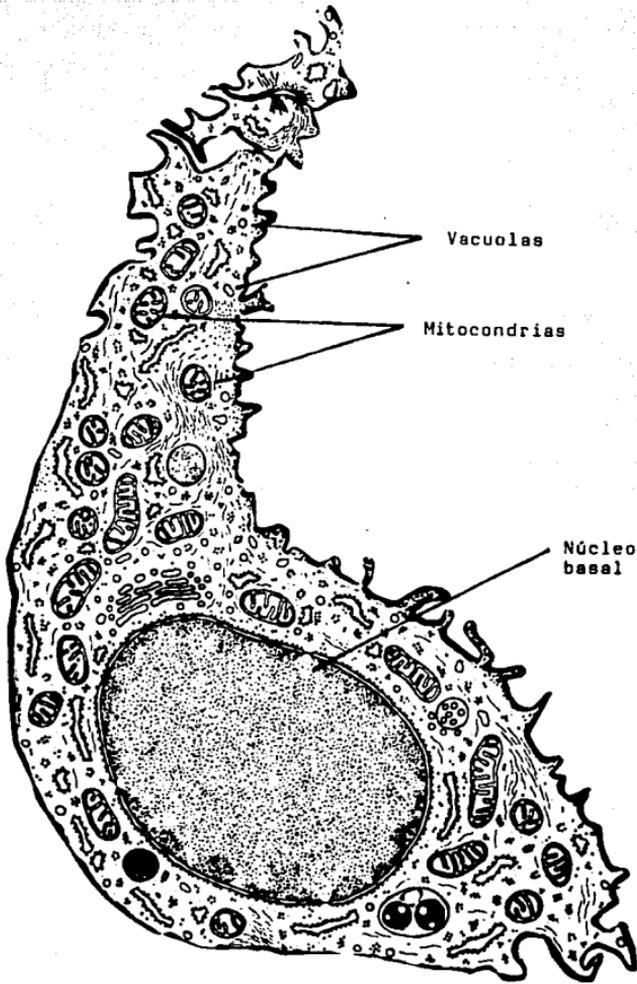


Fig. 5.1.3.1 Esquema de una célula epitelial del asa de Henle. Ilustra las diferentes estructuras que la conforman. Obtenido del Lentz, 1982.

5.1.4 Túbulo contorneado distal:

La rama ascendente del asa de Henle, poco después de su curvatura es delgada, pero cerca de la corteza se ensancha y engruesa, y a nivel de su propio glomérulo se convierte en el túbulo contorneado distal; éste túbulo, mide en general de 25 a 40 micras. Puede confundirse con el segmento principal, diferenciándose por su porción medular, y cuando está cerca de la zona cortical por su menor diámetro, por la falta de ribete cuticular y porque las células son más bajas.

El túbulo contorneado distal, está integrado por células cúbicas, polirribosomas y un pliegue de membrana basal profunda, asociada a las mitocondrias. En la superficie libre hay células con borde de cepillo. En la porción recta, a nivel de la relación que tiene con el polo vascular y la arteriola aferente, se encuentra una -- agregación de células altas conocidas como: mácula densa.

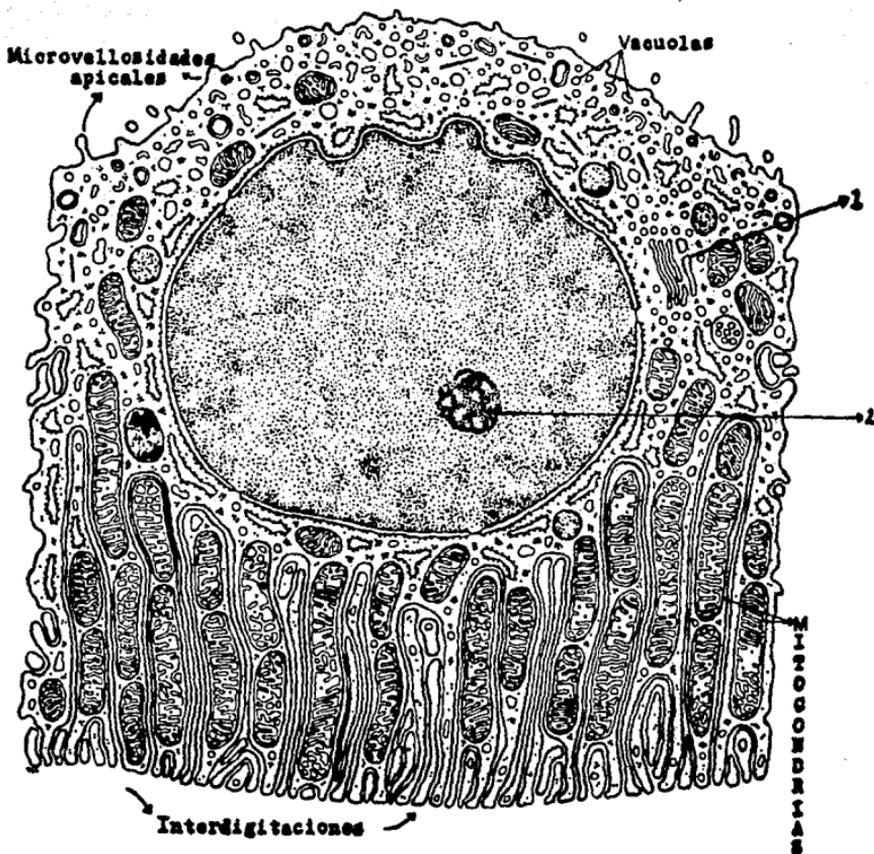
Las células epiteliales del túbulo contorneado distal, son cúbicas con su núcleo más cargado hacia la parte apical. Presenta ondulaciones en la parte luminal y contienen un pequeño nucleolo. (Fig. 5.1.4.1).

Estas células tienen en la superficie (parte apical) pequeñas microvellosidades, y en la parte basal, interdigitaciones que se extienden más que en el las células del túbulo proximal.

Estas interdigitaciones de la base de la célula, se distinguen por contener unas largas mitocondrias que aportan la energía necesaria para el transporte de iones.

El aparato de golgi aparece muy cerca del núcleo, al igual que el retículo endoplásmico rugoso.

En el citoplasma apical encontramos numerosas vesículas y vacuolas.



- 1..... Aparato de Golgi.
2..... Nucleolo.

Fig. 5.1.4.1 Esquema de una célula epitelial del túbulo contorneado distal. Ilustra su pequeño nucleolo, así como - otras de sus estructuras características. Obtenido del Lentz, 1982.

A medida que la rama ascendente del asa de Henle regresa a su propio glomérulo, toma estrecho contacto con el mismo; las células de la arteriola aferente, eferente y del túbulo, son completamente distintas de las que existen en áreas vecinas y todas juntas forman el aparato yuxtaglomerular. Este aparato está integrado por células yuxtaglomerulares (Fig. 5.1.4.2) en la arteriola aferente, la mácula densa y en algunas células mesangiales.

Algunas células medias de las arteriolas aferentes son epitelioides sin miofibrillas, referidas como células yuxtaglomerulares, poseen gránulos irregulares electrodensos que contienen renina, un aparato de golgi bien desarrollado y un retículo endoplásmico granular. El que se encuentre presente retículo endoplásmico con ribosomas, sugiere la presencia de una activa formación protéica.

Las células de la mácula densa cuentan con un aparato de golgi que se encuentra hacia las células yuxtaglomerulares. Las células de la mácula densa pueden diferenciarse de los otros tipos celulares del túbulo contorneado distal por características de tinción específicas. La microscopía electrónica ha mostrado que las células de la mácula densa contienen menos mitocondrias que las otras células del túbulo contorneado distal.

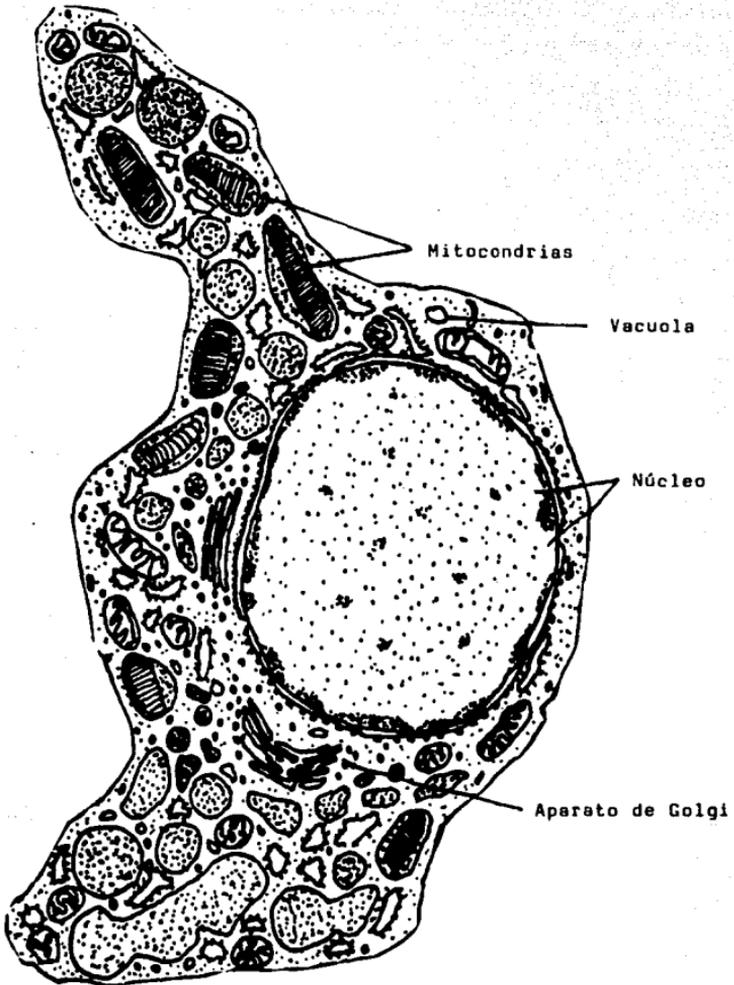


Fig. 5.1.4.2 Esquema de una célula yuxtaglomerular. Ilustra las diferentes estructuras que la integran. Obtenido del Lentz, 1982.

5.2 Histología de los Túbulos colectores:

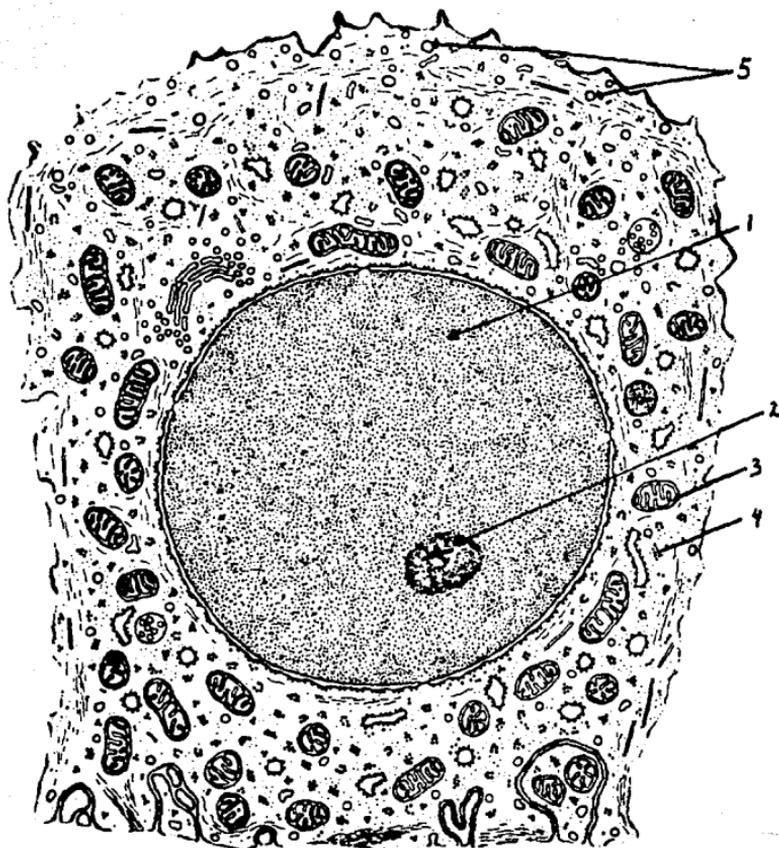
Es aquí donde se lleva a cabo la concentración final de la orina - ya que se llevan la orina a través de la médula hasta la pelvis re-
nal.

Estos túbulos cortos y arqueados, son ramas laterales de los túbulo-
los colectores rectos que están conectados a la porción contornea-
da distal y a los túbulos colectores rectos. Encontramos un epite-
lio cuboidal simple que se tiñe ligeramente. Los túbulos colecto-
res rectos no son otra cosa más que la alineación de las células -
cuboidales con citoplasma claro, estos túbulos están localizados -
en los rayos medulares y pasan a través de la zona exterior hacia
la médula sin recibir ningunas tributarias, cuando alcanzan la zo-
na interior, varios de ellos se funden para formar los conductos -
papilares.

En la corteza, cada túbulo colector drena un número creciente de -
conductos derivados de túbulos contorneados distales y desciende a
lo largo de la médula para formar los conductos colectores que fi-
nalmente desaguan en la pelvis renal por vía de los cálices.

Otros autores mencionan que las células del túbulo colector, son -
cilíndricas altas y otros más afirman que el epitelio al nivel de
los conductos colectores se clasifica como columnar bajo. Lo que
sucede es que a medida que avanza el epitelio, va cambiando. Exis-
ten células cuboidales intercaladas con células granulosas más --
grandes. El epitelio cada vez más alto, con núcleo grande y cen-
tral. (Fig. 5.2.1).

Cerca del vértice de la pirámide se unen varios conductos colecto-
res, dando lugar a los conductos papilares, los cuales tienen célu-
las columnares que desembocan en el cáliz menor, en la zona denomi-



- 1..... Núcleo.
- 2..... Nucleolo.
- 3..... Mitocondria.
- 4..... Ribosomas.
- 5..... Vesículas apicales.

Fig. 5.2.1 Esquema de una célula de los túbulos colectores. Ilustra una célula granulosa con núcleo grande, localizado al centro. Obtenido del Lentz, 1982.

nada: cribosa. El epitelio del túbulo colector resiste cambios bruscos del líquido tubular.

5.3 Histología de los uréteres:

Las paredes de los uréteres contienen músculo liso, dispuesto en haces espirales longitudinales y circulares. Pero no se observan capas distintas de músculo.

Las contracciones peristálticas regulares que ocurren de 1 a 5 veces por minuto, llevan la orina desde la pelvicilla renal a la vejiga, donde entra por brotes sincrónicos con cada onda peristáltica. Los uréteres pasan oblicuamente a través de la pared vesical y aunque no existen esfínteres ureterales, el paso oblicuo tiende a mantenerlos cerrados, excepto durante las ondas peristálticas, impidiendo el reflujó de orina desde la vejiga.

Histológicamente los uréteres se encuentran recubiertos por el típico tejido de las vías urinarias: El epitelio de transición. (Fig. 5.3.1).

Los uréteres constan histológicamente de tres capas:

- Capa mucosa: La integra un epitelio y una lámina propia.
- Capa muscular: Compuesta por músculo liso.
- Capa serosa ó adventicia: Formada por tejido conectivo laxo areolar, con células mesoteliales.

Cada uréter está inervado por fibras simpáticas y parasimpáticas, también tiene un plexo intramural de neuronas y fibras nerviosas - que se extienden en toda su longitud. Al reunirse orina en la pelvis renal, la presión aumenta y se inicia una contracción peristáltica que difunde hacia abajo, siguiendo el uréter para impulsar la orina hacia la vejiga.

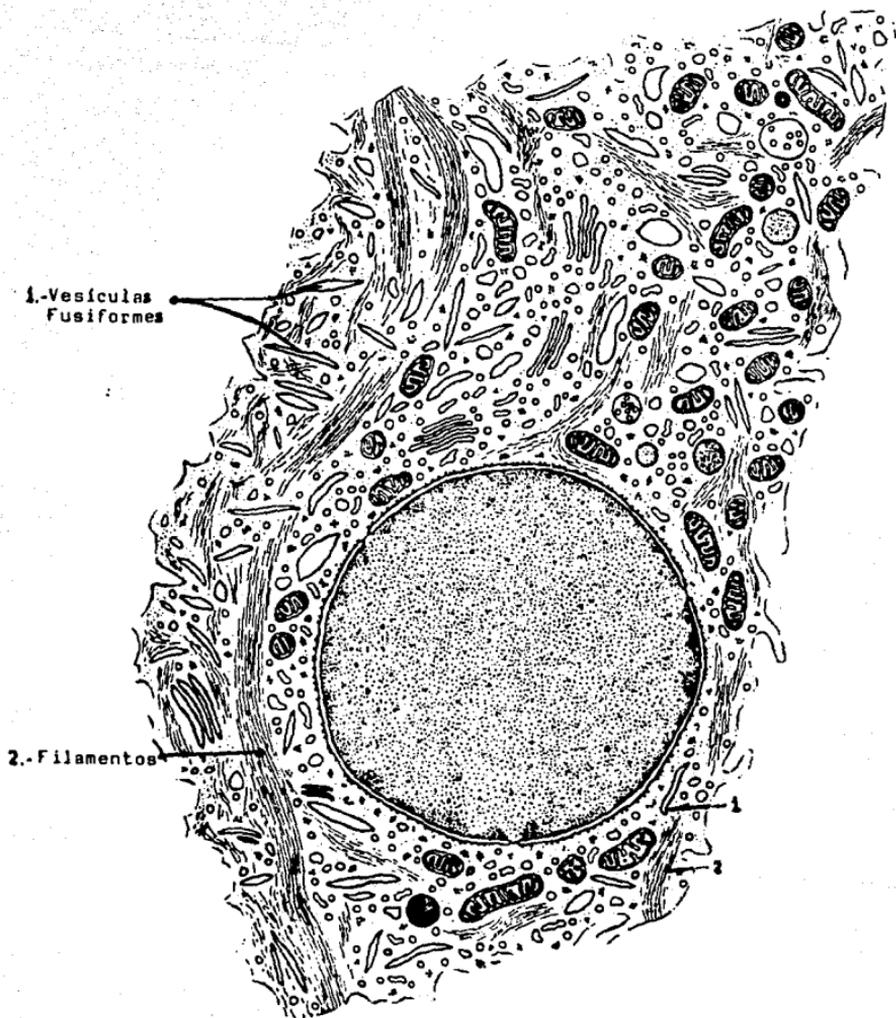


Fig. 5.3.1 Esquema de una célula característica del epitelio de transición. Ilustra sus diversos componentes. Obtenido del Lentz, 1982.

5.4 Histología de la vejiga urinaria:

La vejiga urinaria es un órgano musculomembranoso que difiere de forma, tamaño y posición, de acuerdo con la cantidad de su contenido. Si se encuentra vacía, la hallamos localizada sobre el piso de la pelvis. El músculo liso de la vejiga como el de los uréteres, está dispuesto en haces espirales, longitudinales y circulares. La contracción de este músculo llamado: detrusor, es responsable principalmente del vaciamiento de la vejiga durante la micción. Los haces musculares pasan a cada lado de la uretra y estas fibras se denominan a veces, esfínter ureteral interno, aunque no circundan la uretra. Más allá, a lo largo de la uretra, está un esfínter de músculo esquelético, el esfínter uretral externo ó esfínter de la uretra membranosa.

La vejiga urinaria consta de tres capas:

- **Túnica mucosa:** Consiste en cuatro a diez capas de grueso tejido de transición, seguidas por una lámina propia de tejido laxo -- areolar, con muchas glándulas y fibras elásticas. La lámina muscular de la mucosa no existe.
- **Túnica muscular:** Formada por tres cubiertas, la longitudinal externa, que se refiere como músculo detrusor, el cual como ya mencionamos es muy importante para la micción. Las tres cubiertas se encuentran alrededor del cuello de la vejiga, donde actúan como esfínter. Músculo liso.
- **Serosa ó Adventicia:** Rodea a la vejiga, se compone de tejido laxo areolar.

Al encontrarse la vejiga llena, las células tienden a aplanarse.

5.5 Histología de la uretra:

Está conformada por músculos perineales y haces de bandas musculares, que pasan a cada lado de ésta. Posee un esfínter interno y uno externo.

La uretra femenina a diferencia de la masculina, siempre es más corta y por lo tanto la masculina se divide en tres porciones:

- Porción prostática: Aquí se encuentra la glándula próstata, que se encuentra rodeando el cuello de la vejiga.
- Porción uretral: Formada por una capa membranosa.
- Porción del glande: Ubicada en la cabeza del pene.

Es muy importante mencionar que existe un cambio de epitelios, primero cambia a epitelio cilíndrico, luego a un epitelio pseudoestratificado y finalmente pasa a ser un epitelio plano estratificado.

6.- FISILOGIA DEL APARATO URINARIO.

6.1 Aspectos generales: Cada riñón está integrado por cientos de miles de unidades funcionales denominadas nefronas, cada una por sí sola, es capaz de formar orina.

La nefrona está compuesta básicamente por un glomérulo a través del cual, el líquido se filtra saliendo de la sangre. Y por un largo túbulo, donde el líquido filtrado se convierte en orina cuando va circulando hasta la pelvis del riñón.

La sangre penetra en el glomérulo por la arteriola aferente y lo abandona por la arteriola eferente.

El glomérulo renal es una red hasta de cincuenta capilares paralelos, incluidos en la cápsula de Bowman.

La presión de la sangre en el glomérulo hace que filtre líquido hacia la cápsula de Bowman, desde donde pasa primero al túbulo proximal situado en la corteza del riñón, junto con los glomérulos.

Desde ahí, el líquido pasa al asa de Henle ó hacia la médula, la parte inferior del asa, por ser muy delgada se conoce como segmento delgado del asa de Henle; finalmente el líquido penetra en el túbulo colector que reúne líquido de varias nefronas. El túbulo colector pasa desde la corteza, nuevamente a través de la médula paralelamente a las asas de Henle. Luego se vacía en la pelvis del riñón.

6.2 Filtración glomerular:

El primer proceso en la formación de orina es la filtración.

En los riñones, a partir del plasma sanguíneo; un líquido es filtrado a través de los capilares glomerulares hacia los túbulos renales, dicho líquido carece de proteínas y otras moléculas de gran tamaño. Este filtrado es en esencia un ultrafiltrado del plasma.

Según pasa este filtrado glomerular por los túbulos, su volumen es reducido y su composición alterada por los procesos de la resorción tubular (remoción de agua y solutos del líquido tubular) y de la secreción tubular (secreción de solutos hacia el líquido tubular) para formar orina.

El riñón constituye un mecanismo homeostático muy importante, por el que se mantienen a niveles casi constantes, el agua y los solutos propios del organismo. La filtración tiene lugar en los glomérulos, donde los cristaloides y las sustancias con moléculas de tamaño pequeño o medio, pasan a través de las paredes de los capilares de los glomérulos hacia el interior de la cápsula. Las proteínas plasmáticas, que están constituidas de grandes moléculas, no pasan normalmente a través de las paredes de los capilares y normalmente no son filtrables, aunque puede filtrarse una reducida proporción.

Algunos componentes filtrables de la sangre son: el sodio, potasio, cloruro, fosfatos inorgánicos, glucosa, urea, creatinina y ácido úrico. La glucosa no aparece en la orina, pero llega a ser filtrable y por lo tanto debe resorberse para evitar su pérdida del organismo.

Los riñones cumplen también funciones endócrinas tales como la secreción de renina y eritrogenina, así como la formación del 1.25 - dihidroxicolecalciferol.

En el glomérulo, el agua y los cristaloides del plasma se filtran por medio de la membrana glomerular. En este proceso de ultrafiltración simple, interviene como única fuente de energía la presión sanguínea, ya que las células de revestimiento de la cápsula de Bowman (o de los capilares del glomérulo) no intervienen activamente.

Si se compara la composición del plasma sanguíneo (casi idéntica a la del filtrado glomerular) con la composición de la orina, se comprueba que algunos de los componentes del plasma han desaparecido. Tal es el caso de la glucosa, y que en cambio otros, se han concentrado; como la urea, en tanto que la concentración de otros constituyentes como los electrolitos han sufrido muy pocas modificacio--nes. La desaparición de la glucosa solo puede explicarse aceptan--do que ha sido resorbida a su paso por el túbulo renal.

La tasa de filtración glomerular de determinada sustancia, puede - obtenerse tomando en cuenta su concentración en la orina en rela--ción con el flujo urinario en la unidad de tiempo, y la concentra--ción plasmática arterial de dicha sustancia.

Los factores que afectan la tasa de filtración glomerular son:

- Los cambios en el flujo sanguíneo renal.
- Los cambios en la presión hidrostática del capilar glomerular, - por cambios en la presión sanguínea general, o por constricción de las arteriolas aferentes ó eferentes.
- Los cambios en la presión hidrostática de la cápsula de Bowman; en los estados de obstrucción ureteral, o de edema del riñón - dentro de una cápsula renal tensa.
- Los cambios en la concentración de las proteínas plasmáticas por deshidratación, hipoproteinemia, etc.
- El incremento de permeabilidad del filtro glomerular por diver--sas enfermedades.
- La disminución en el área total del lecho capilar glomerular por enfermedades que destruyan al glomérulo, con ó sin destrucción - de los túbulos. Y por nefrectomía parcial.

6.2.1 Permeabilidad de los capilares glomerulares:

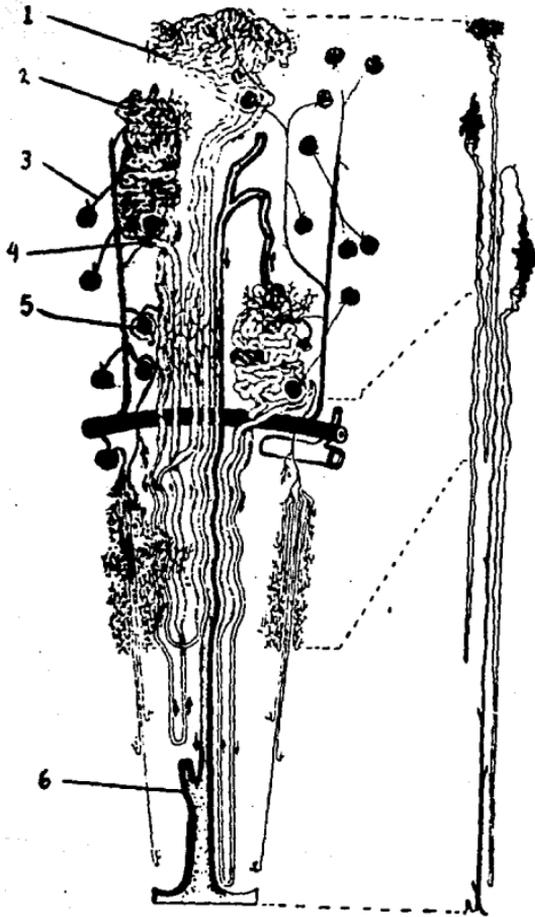
La permeabilidad de los capilares glomerulares depende de ciertos factores que gobiernan su filtración, éstos son los mismos que controlan la filtración a través de otros capilares:

El tamaño del lecho capilar, la permeabilidad de los mismos y los gradientes hidrostático y osmótico a través de la pared capilar.

(La permeabilidad de los capilares glomerulares es alrededor de - 50 veces mayor que la de los capilares del músculo esquelético).

Las arteriolas aferentes son ramas cortas, rectas, de las arterias interlobulares. Cada arteriola se divide en múltiples ramas capilares para formar el penacho de los vasos en el glomérulo. Los capilares coalescen para formar las arteriolas eferentes, las cuales a su vez se ramifican en capilares que abastecen a los túbulos antes de drenar al interior de las venas interlobulares. Los segmentos arteriales entre los glomérulos y los túbulos son así, técnicamente, un sistema porta, y los capilares glomerulares son los únicos capilares del cuerpo que drenan en arteriolas. Sin embargo, - hay relativamente poco músculo liso en las arteriolas eferentes. Los capilares que drenan en los túbulos de las nefronas corticales forman una red peritubular, pero las arteriolas provenientes de - los glomérulos yuxtamedulares drenan en una red de vasos que forman asas en horquilla (vasa recta). Estas asas penetran en las pirámides medulares siguiendo a las asas de Henle (Fig. 6.2.1.1).

La arteriola proveniente de cada glomérulo cortical, arteriola eferente; se ramifica en capilares que abastecen a numerosas nefronas. Por lo tanto, el túbulo de cada nefrona no recibe necesariamente - sangre sólo de la arteriola eferente de dicha nefrona.



1..... tubo contorneado proximal.
2..... glomérulo.
3..... arteriola aferente.

4..... arteriola eferente.
5..... glomérulo
6..... túbulo colector.

Fig. 6.2.1.1 Esquema de los capilares glomerulares. Ilustra con línea sombreada, los túbulos contorneados distales. Las estructuras vasculares están simplificadas, y a la izquierda la escala vertical está comprimida. Obtenido del Strand, 1985.

6.2.2 Presiones de filtración:

La presión en los capilares glomerulares es mayor que en los otros capilares porque las arteriolas aferentes son ramas de las arteriolas interlobulares, como anteriormente mencionamos.

Además, los vasos "corriente abajo" procedentes de los glomérulos; las arteriolas eferentes, tienen una resistencia relativamente alta. A la presión capilar hidrostática se opone la presión hidrostática de la cápsula de Bowman. También se le opone el gradiente de presión osmótica a través de los capilares glomerulares.

Los cambios de resistencia vascular, debidos a la autorregulación; Tiende a estabilizar la presión de filtración, pero cuando la presión arterial media general cae por debajo de 90 mm Hg. Hay una caída franca de la tasa de filtración glomerular.

La presión requerida para hacer circular el líquido a través de los vasos sanguíneos glomerulares debe ser suficiente para superar la presión ejercida por la membrana capsular y la presión osmótica de los coloides. Así, la presión efectiva de filtración (PF) es igual, a la presión sanguínea glomerular (P_s) menos la presión capilar (P_c) y la presión osmótica de los coloides sanguíneos (P_o). Así tenemos que: $P_f = P_s - (P_o + P_c)$.

La presión capilar glomerular en el perro es, aproximadamente el 60% de la presión arterial media. Si la presión arterial media en el perro es de 150 mm Hg, entonces la presión capilar glomerular es de 90 mm Hg. Si la presión osmótica de la sangre es de 25 mm Hg y la presión capilar, de 100 mm Hg, la presión efectiva de filtración es de 55 mm Hg.

El riñón está incluido en una cápsula fibrosa resistente. Cuando se inserta una aguja en el riñón y se eleva gradualmente la pre--

sión en la aguja hasta que empieza a penetrar líquido en el tejido renal, se descubre que la presión con la cual empieza la circulación varía entre 10 y 18 mm de Hg, con promedio de 12 mm de Hg. Esta presión de la aguja recibe el nombre de presión intrarrenal. Las presiones de aguja, no miden la presión del líquido intersticial; Sino la presión tisular total. (La presión que tiende a colapsar los vasos sanguíneos y los túbulos).

La presión glomerular es la presión media a nivel de los capilares del capilar glomerular. En el perro ésta presión es de 55 a 70 mm.Hg.

La filtración glomerular ocurre en una forma casi igual a como sale el líquido de cualquier capilar de la economía cuando está a presión elevada. Es decir que la presión dentro de los capilares glomerulares provoca filtración de líquido, a través de la membrana capilar hacia la cápsula de Bowman.

Para que haya filtración, la presión sanguínea en los capilares del glomérulo debe ser mayor que la suma de la presión osmótica de las proteínas plasmáticas, más la presión interna de la cápsula de Bowman. A menos presión sanguínea, menor volumen de orina. La presión sanguínea excede a las presiones que se oponen a la filtración, como son: La presión coloidosmótica de la sangre y la presión interna de la cápsula de Bowman; de su magnitud depende el volumen del filtrado glomerular.

Por lo general, la cantidad de proteína que hay en la cápsula de Bowman, es demasiado pequeña para tener significancia; pero en caso de aumentar su concentración, su presión coloidosmótica será activa a nivel de la membrana e intensificará el paso de líquido a través de la membrana.

El ritmo de filtración glomerular aumenta cuando la presión osmótica total del plasma es menor (por ejemplo: después de beber) ó cuando la presión oncótica es menor (por ejemplo: después de una inyección intravenosa de soluciones isotónicas, que no contienen componentes de peso molecular elevado que proporcionen una presión coloidosmótica). La pérdida del dializado plasmático en la membrana glomerular aumenta la presión oncótica del plasma en los capilares que riegan los túbulos; En consecuencia, está aumentada la --tendencia a la resorción de agua por ósmosis.

La presión en la cápsula glomerular sólo depende en pequeña proporción, de la presión retrógrada de líquido dentro de los túbulos. Porque el túbulo tiene un diámetro relativamente grande que brinda muy poca resistencia al flujo; además, la resorción de líquido en el túbulo proximal, disminuye el volumen del filtrado. La presión en la cápsula, que generalmente no pasa de 15 mm de Hg, depende principalmente de la tensión de los tejidos renales dentro de su cubierta rígida de tejido conectivo. Sin embargo, si los conductos urinarios están bloqueados, la filtración cesa cuando la presión en los túbulos se eleva hasta igualar la presión en la sangre capilar glomerular menos la presión oncótica de proteínas plasmáticas, que es de 40 mm Hg. De los 700 ml de plasma que pasan sobre la superficie glomerular por minuto, 125 aparecen en el filtrado.

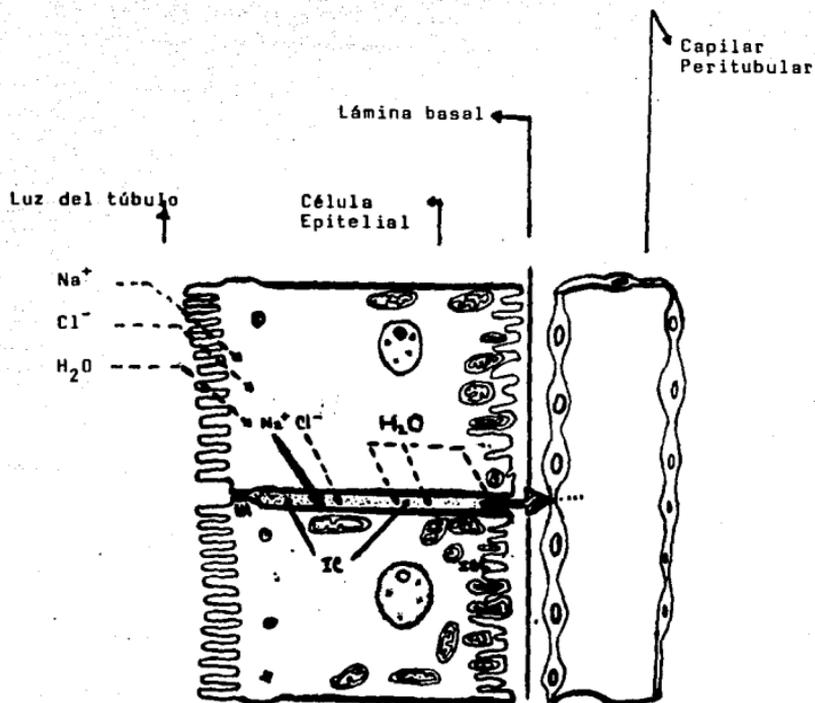
6.2.3 Intensidad y fracción de filtración:

La intensidad de filtración glomerular es la cantidad de filtrado formado por minuto en todas las nefronas de ambos riñones, que en circunstancias normales, las variaciones en el flujo de orina tienen lugar por cambios en la cantidad de agua resorbida, no por cambios en la intensidad de filtración glomerular. En casos de deshidratación extrema ó de hemorragia grave, cuando el volumen sanguíneo circulante se reduce considerablemente; la intensidad de filtración glomerular disminuye debido a una caída de la presión en la arteriola aferente.

Las alteraciones fisiológicas de la presión arterial no afectan la intensidad de filtración glomerular debido a que las relaciones de presión en el glomérulo son mantenidas por el mecanismo todavía no bien conocido de la autorregulación, pero que parece controlarlo la inervación de la arteriola aferente. Las mediciones de la intensidad de filtración glomerular son indirectas, ya que las técnicas de micropuntura pueden mostrar tan sólo unas cuantas nefronas al mismo tiempo.

La cantidad de soluto que aparece en el filtrado glomerular, depende de su concentración en el plasma, y del ritmo de filtración; Esta cantidad se describe como "carga". Hay un ritmo máximo con el cual, cualquier constituyente particular del filtrado glomerular puede ser transportado activamente a través del epitelio tubular; para cada constituyente hay una capacidad de resorción máxima. Por ejemplo normalmente toda la glucosa que aparece en el filtrado glomerular es resorbida por los túbulos. Sin embargo si la concentración de glucosa de la sangre aumenta gradualmente por inyección intravenosa continua, la concentración de glucosa en el filtrado -

glomerular termina alcanzando un nivel en el cual la capacidad de resorción de los túbulos es superada y aparece glucosa en la orina. La concentración sanguínea de glucosa arriba de la cual en estado normal aparece glucosa en la orina es de 1.8 g por litro y se denomina "Umbral renal para la glucosa". Sin embargo cuando el ritmo de filtración glomerular disminuye, por ejemplo, al bajar la presión arterial, por una presión osmótica proteínica alta del plasma, ó por obstrucción tubular, entonces puede no aparecer glucosa en la orina a pesar de que su concentración en sangre, sea mayor de 1.8 g por litro. La glucemia normal en ayunas es de 1.0 g por litro, de manera que normalmente no hay glucosa en la orina. La velocidad a la cual se mueven los solutos y el agua al interior de los capilares, está determinada por las fuerzas de Starling que determina el movimiento a través de las paredes de todos los capilares, esto es, el resultado de las relaciones entre las presiones hidrostática u osmótica del líquido intersticial o intracapilar. Cuando la presión hidrostática de los capilares está elevada ó la presión de las proteínas plasmáticas está disminuida, el movimiento de soluto y agua hacia los capilares se retarda y los espacios intercelulares laterales se expanden. Hay evidencia de que algo de sal y de agua se fuga a través de las uniones apretadas hacia la luz del túbulo aun en el estado hidropónico, así la resorción de sodio está disminuida. (Figs. 6.2.3.1 y 6.2.3.2).



UA: Unión apretada.
IC: Espacio intercelular.
IB: Invaginaciones basales.

Fig. 6.2.3.1 Esquema del movimiento del sodio desde la luz del túbulo, hasta los capilares renales en sitios donde es activamente transportado. (situación en estado hidropéxico). Ilustra con flecha gruesa continua, transporte activo; con guiones, movimiento pasivo; Y con flecha sombreada, el movimiento al interior de los capilares renales en función de las fuerzas de Starling.

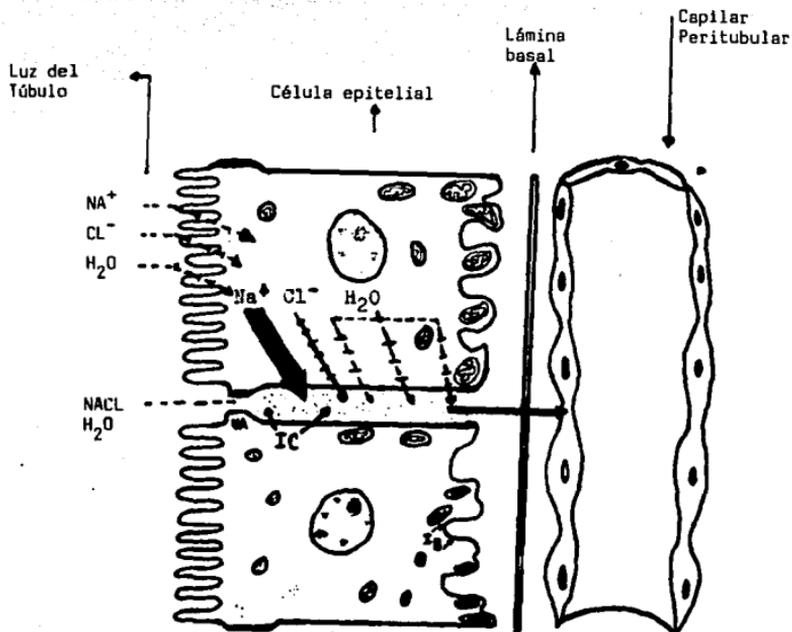


Fig. 6.2.3.2 Esquema del movimiento del sodio desde la luz del túbulo, hasta los capilares renales en sitios donde es activamente transportado. (Situación en que la captación capilar está reducida al incrementarse la presión capilar o al decrecer la concentración de proteínas plasmáticas). Ilustra con flecha gruesa transporte activo; con guiones, el movimiento pasivo.

6.3 Funciones tubulares.

6.3.1 Mecanismos de resorción tubular:

En los túbulos renales proximales, pequeñas proteínas y algunas -- hormonas peptídicas, son resorbidas por endocitosis. Otras sustan-- cias son secretadas o resorbidas en los túbulos por difusión pasi-- va a favor de sus gradientes químicos o eléctricos, o transporta-- das activamente contra tales gradientes. También son transporta-- das por medio de difusión facilitada. Como los sistemas de trans-- porte en cualquier otra parte, cada sistema renal de transporte ac-- tivo tiene una velocidad máxima o transporte máximo, al cual él -- puede acarrear a un determinado soluto. Así la cantidad transpor-- tada de un soluto particular es proporcional a la cantidad presen-- te hasta que alcanza el transporte máximo para el soluto, pero a -- mayores concentraciones, el mecanismo de transporte se satura y no hay incremento apreciable de la cantidad transportada. Sin embar-- go, el transporte máximo para algunos sistemas es tan grande que -- es casi imposible saturarlos.

La resorción de sodio y cloro no sólo tienen un papel importante -- en la regulación de los electrolitos corporales y el metabolismo -- del agua, sino que también el transporte de sodio está acoplado al movimiento de glucosa, aminoácidos, potasio y otras sustancias a -- través de las paredes tubulares.

En cuanto a la regulación hormonal de la resorción tubular, la hor-- mona antidiurética (ADH) influye directamente. Esta hormona, evi-- ta la diuresis (excreción rápida de grandes volúmenes de orina) -- actuando sobre la permeabilidad al agua de las células de los túbu-- los contorneado distal y colector. En los estados de hidratación adecuada, después de la ingestión de una gran cantidad de agua, --

los títulos de hormona antidiurética son muy bajos, y el epitelio de los túbulos contorneado distal y colector es impermeable al agua. Los espacios entre las células desaparecen y la hipotonicidad del líquido que entra en el túbulo contorneado distal es mantenida, a pesar de su paso subsiguiente a través de la médula hipertónica. El volumen final de orina es grande y ésta se encuentra muy diluida. (diuresis acuosa).

La destrucción de la integridad de los núcleos supraópticos del hipotálamo, tallo infundibular, e hipófisis posterior, todos los cuales se hallan implicados en la síntesis de almacenamiento de hormona antidiurética, causa el padecimiento conocido como diabetes insípida, caracterizada por la excreción de un gran volumen de orina pálida diluida. Se trata de un proceso completamente distinto de la diabetes sacarina o mellitus, causada por mal función pancreática y caracterizada por incremento en el nivel de glucosa en sangre y glucosuria subsiguiente acompañada de aumento en el volumen de orina.

6.3.2 Capacidad de resorción tubular:

El filtrado glomerular que penetra en los túbulos de la nefrona se conduce a través del túbulo contorneado proximal, asa de Henle, túbulo contorneado distal; y vacía al túbulo colector, que conduce hacia la pelvis del riñón. A lo largo de este trayecto, algunas sustancias son resorbidas o secretadas de manera selectiva por el epitelio tubular y el líquido resultante que penetra en la pelvis es la orina. La resorción desempeña un papel muy importante, mucho mayor que la secreción, (ocurre secreción cuando las sustancias transportadas son movilizadas desde los capilares peritubulares a través de las células de los túbulos hacia el líquido tubu-

lar) en la formación de orina; pero la secreción es particularmente importante para determinar cuales serán las cantidades de iones de potasio, hidrógeno y unas cuantas sustancias más en la orina según corresponda. Por lo regular, más del 99% del agua del filtrado glomerular es resorbida conforme pasa a través de los túbulos.

Por lo que si algún constituyente disuelto del filtrado glomerular no es resorbido a lo largo de su trayecto por los túbulos, ésta re sorción de agua concentra la sustancia más de 99 veces.

Algunos componentes como glucosa y aminoácidos, son resorbidos casi totalmente, de manera que su concentración disminuye casi hasta cero, antes que el líquido se transforme en orina. En esta forma los túbulos separan las sustancias que deben conservarse en el cuerpo de las que deben eliminarse con la orina.

Es importante remarcar el carácter de las células epiteliales que revisten el túbulo. Cada célula tiene un borde ciliado a su luz. Este "cepillo" está compuesto de miles de microvellosidades muy pequeñas que multiplican la superficie de exposición del borde libre de la célula aproximadamente 20 veces, aumentando la capacidad de resorción celular. Las células epiteliales están unidas unas a otras sólo cuando se ponen en contacto junto al borde ciliado, y en una zona de fijación llamada zona oclusora.

La principal tarea del organismo es mantener el equilibrio, es decir, la homeostasis; la resorción obligatoria es un fenómeno dado gracias a la permeabilidad del epitelio del túbulo proximal (80% del filtrado glomerular, 100 ml por minuto se resorban en éste túbulo); El agua es resorbida pasivamente para restablecer el desequilibrio osmótico causado por la resorción pasiva de solutos. La resorción obligatoria ocurre sea cual fuere el grado de hidratación

del organismo, lo cual significa que la regulación homeostática del volumen de orina se halla restringida a un 20% del filtrado; todavía una cantidad considerable.

Los diferentes elementos que son resorbidos por la célula renal pasan posteriormente a través del espacio intersticial hacia la red de capilares tubulares, de esta manera la sangre recupera proteínas, vitaminas, acetato, agua y sales inorgánicas. Aquellos elementos de tamaño molecular grande, proteínas; que se filtran en el glomérulo son recuperados por pinocitosis. Dentro de la célula la proteína es degradada en aminoácidos y de esta forma pasa a los capilares peritubulares.

La resorción de sales ocurre por intercambios iónicos. La capacidad de resorción tubular en cuanto a sales, depende también de gradientes eléctricos. El sodio es intercambiado por potasio; el transporte de sodio genera corrientes eléctricas de atracción, por lo que también son resorbidos aniones de cloro.

6.3.3 Resorción de sodio:

El sodio difunde pasivamente de la luz del túbulo proximal, distal y colector al interior de las células epiteliales del mismo siguiendo el gradiente de concentración y el eléctrico, y es bombeado activamente desde ellas al espacio intersticial.

Las células del túbulo están conectadas en la superficie luminal por uniones apretadas, pero hay espacio entre las células a lo largo del resto de sus bordes laterales. Mucho del sodio es transportado activamente al interior de estas extensiones del espacio intersticial, que son llamadas espacios intercelulares laterales (figs. 6.3.3.1 y 6.3.3.2). Esto crea un medio local discretamente hiperosmótico en los espacios y el agua se mueve pasivamente hacia

él desde las células. De los espacios intercelulares laterales y el resto del intersticio, la velocidad a la cual se mueven los solutos y el agua al interior de los capilares está determinada por las fuerzas de Starling que determinan el movimiento a través de las paredes de todos los capilares, esto es, el resultado de las relaciones entre las presiones hidrostáticas u osmóticas del líquido intersticial e intracapilar. Cuando la presión hidrostática de los capilares está elevado o la presión de las proteínas plasmáticas está disminuida, el movimiento de soluto y agua hacia los capilares se retarda y los espacios intercelulares laterales se expanden. Hay evidencia de que algo de sal y agua se fuga a través de las uniones apretadas hacia la luz del túbulo aún en el estado hidropénico, y cuando los espacios intercelulares se expanden esta "fuga" retrógrada, hacia los túbulos, se ve aumentada. El sodio parece ser transportado activamente fuera de todas las porciones de la nefrona. Al parecer los túbulos renales contienen otra bomba de sodio distinta de la que conocemos ya que la ouabaina, inhibidor de la ATPasa sodio potasio; produce solamente la mitad de la inhibición de la resorción de sodio en el túbulo proximal.

6.3.4 Resorción de glucosa:

La glucosa es resorbida en la porción proximal del túbulo proximal (fig. 6.3.4.1). Al igual que los aminoácidos y el bicarbonato.

La glucosa es un ejemplo típico de las sustancias removidas del líquido intratubular por transporte activo. Es filtrada a una velocidad aproximada de 100 mg por minuto (esto cuando los valores son de 80 mg por 100 ml en el plasma y la tasa de filtración glomerular corresponde a 125 ml por minuto); esencialmente toda la glucosa es resorbida y no más de unos pocos mg. aparecen en la orina en

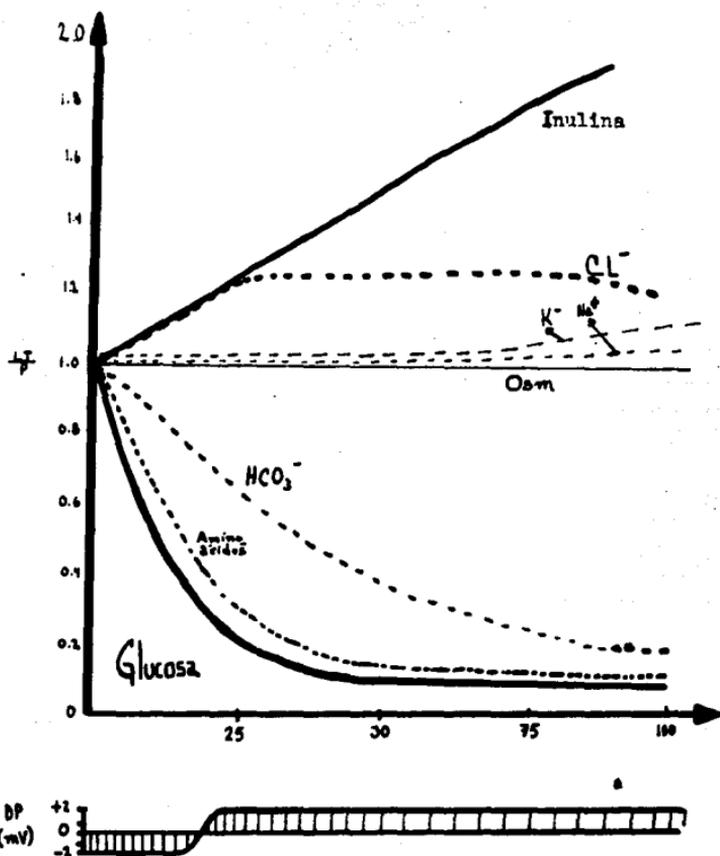


Fig. 6.3.4.1 Esquema gráfico de la resorción de glucosa en relación con la resorción de otros solutos en el túbulo proximal. Ilustra la diferencia de potencial (DP) a lo largo del túbulo: Y la relación de la concentración del líquido del túbulo y del plasma (LT/P).

24 horas. La cantidad resorbida es proporcional a la cantidad filtrada y a la concentración plasmática de glucosa hasta que se alcanza el transporte máximo; pero si éste se excede, la cantidad de glucosa se eleva en la orina. El transporte máximo de glucosa es cercano a 375 mg por minuto en el hombre y poco menos en la mujer.

El umbral renal para la glucosa es la concentración plasmática en la que ya aparece esta sustancia en la orina, en cantidades mayores que las muy pequeñas normales. Se podría predecir que el umbral renal se alcanzaría cuando la concentración de glucosa sería de 300 mg por 100 ml esto filtraría 375 mg por minuto (tasa máxima glucosa) considerando una tasa de filtración glomerular de 125 ml por minuto. Sin embargo, el umbral renal se alcanza cuando la concentración de glucosa en el plasma arterial es de 200 mg por 100 ml aproximadamente, que corresponde a una concentración en la sangre venosa cercana a 180 mg por 100 ml.

No todas las nefronas de los dos millones en el riñón tienen exactamente la misma tasa máxima de glucosa o igual tasa de filtración; en algunas la tasa máxima de glucosa es excedida a niveles bajos de concentración de glucosa. Cuando la cantidad filtrada está por debajo de la tasa máxima de glucosa, cierta cantidad de glucosa no se resorbe, porque las reacciones que intervienen en el transporte de glucosa no son completamente irreversibles. La dinámica de todos los sistemas de transporte activo que remueven a las sustancias del interior de los túbulos, provoca una curva redondeada que relaciona la cantidad transportada con el nivel plasmático de la sustancia (Fig. 6.3.4.2).

La resorción de glucosa en el riñón es similar a la resorción de -

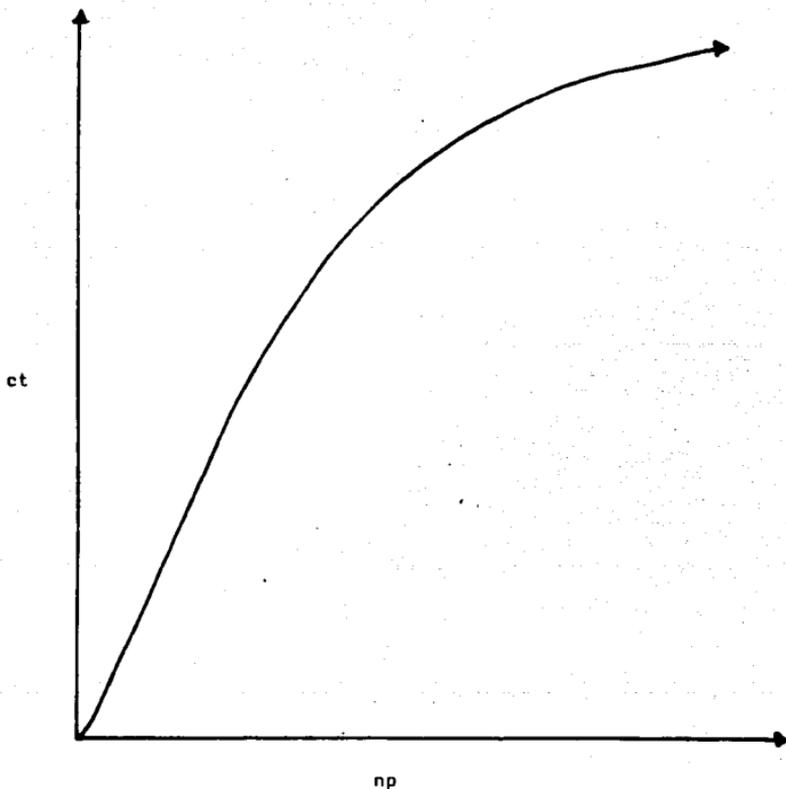


Fig. 6.3.4.2 Esquema gráfico de la dinámica de todos los sistemas de transporte activo que remueven a las sustancias del interior de los túbulos. Indica la curva redondeada que relaciona la cantidad transportada (ct) - con el nivel plasmático de la sustancia (np).

glucosa en el intestino. La glucosa y el sodio se unen al transportador común en la membrana luminal y la glucosa es introducida a la célula mientras que el sodio se moviliza siguiendo los gradientes eléctrico y químico. El sodio es entonces bombeado fuera de la célula hacia los espacios intercelulares laterales, y la glucosa se mueve hacia el líquido intersticial por difusión simple.

(Transporte activo secundario) la energía necesaria para el transporte activo de glucosa es proporcionada por la ATPasa sodio - potasio que bombea el sodio fuera de la célula.

El cotransportador (transportador común a la glucosa y al sodio), se une específicamente al D-isómero de la glucosa y la tasa de transporte de la D-glucosa es mucho mayor que la L-glucosa. El transportador de glucosa es inhibido en el riñón, al igual que el intestino, por la floricina, glucósido vegetal, que compete con la D-glucosa en la unión al cotransportador.

6.3.5 Resorción de otras sustancias:

Una variedad de otras sustancias son resorbidas por transporte activo secundario a través de cotransportadores, con la energía proporcionada por el transporte activo de sodio fuera de las células tubulares renales. Estas sustancias incluyen aminoácidos, lactato, citrato, fosfato y cloruros.

Como la resorción de glucosa, la resorción de aminoácidos es más marcada en la porción proximal del túbulo contorneado distal. Hay diferentes acarreadores para los aminoácidos neutrales, los dibásicos, los dicarboxílicos y los aminoácidos y la glicina, sin embargo, éstos parecen ser cotransportadores y transportar aminoácidos con sodio. El sodio es sacado de las células por la ATPasa sodio-potasio, y los aminoácidos salen por difusión pasiva o facilitada

hacia el líquido intersticial.

Parece ser que el cloro es transportado de tres maneras: por difusión pasiva cuando la concentración de cloro está aumentada en la luz cuando la luz tubular se encuentra negativa en relación al líquido intersticial; por cotransporte con sodio y por antitransporte de sodio - hidrógeno colocando hidrógeno y grupos oxhidrilo dentro de la luz tubular.

Otras sustancias que son activamente resorbidas incluyen la creatinina, el sulfato, el ácido úrico, el ácido ascórbico y los cuerpos cetónicos del ácido acetoacético y ácido B-hidroxi-butírico.

Los tiempos máximos de estas sustancias varían de valores muy bajos a valores tan altos que aún no han sido medidos con exactitud.

Algunos de los mecanismos de transporte comparten una misma etapa.

Unos transportan en cualquiera de las direcciones dependiendo de las circunstancias, otros intercambian una sustancia por otra.

La mayor parte de los mecanismos de transporte activo responsable de la resorción de solutos específicos están localizados en los túbulos proximales.

Los mecanismos renales de transporte activo, como los demás sistemas de transporte activo, pueden ser inhibidos por competencia o no competencia. Por ejemplo, el mecanismo responsable de la resorción del ácido úrico puede ser inhibido por el probenecid (Benemid) y la fenilbutazona (Butazolidin) un hecho de importancia práctica en el tratamiento de la gota.

6.3.6 Excreción de agua:

Cuando la orina es concentrada, el agua es retenida en exceso con respecto a los solutos; y cuando es diluída, el cuerpo pierde agua en exceso con relación a ellos. Ambos hechos tienen gran importancia en la economía del organismo y en la regulación de la osmolaridad de los líquidos corporales.

6.3.7 Secreción de hidrógeno:

Las células de los túbulos proximales y distales como las células de las glándulas gástricas, secretan hidrogeniones. La acidificación también ocurre en los tubos colectores. La reacción que es primariamente responsable de la secreción de hidrógeno en los túbulos proximales es el intercambio de sodio - hidrógeno (Fig.6.3.7.1). Este es un ejemplo de transporte activo secundario; la salida de sodio de las células a los espacios intercelulares laterales por acción de la AIPasa sodio - potasio, disminuye el sodio intracelular y esto provoca la entrada de sodio del líquido tubular a la célula, con salida acoplada de hidrógeno. El hidrógeno proviene de la disociación intracelular del bicarbonato y el ácido carbónico que se forma difunde al líquido intersticial. Así, por cada hidrógeno secretado, un sodio y un bicarbonato entran al líquido intersticial.

La anhidrasa carbónica cataliza la formación de bicarbonato y los fármacos que la inhiben deprimen tanto la secreción de ácido por los túbulos proximales como las reacciones que dependen de ella. Existen evidencias de que el hidrógeno es secretado en los túbulos proximales por una bomba de protones activada por ATP, por una bomba de protones tipo redox como la que se encuentra en las mitocondrias, o por otras bombas de intercambio. Sin embargo, la eviden-

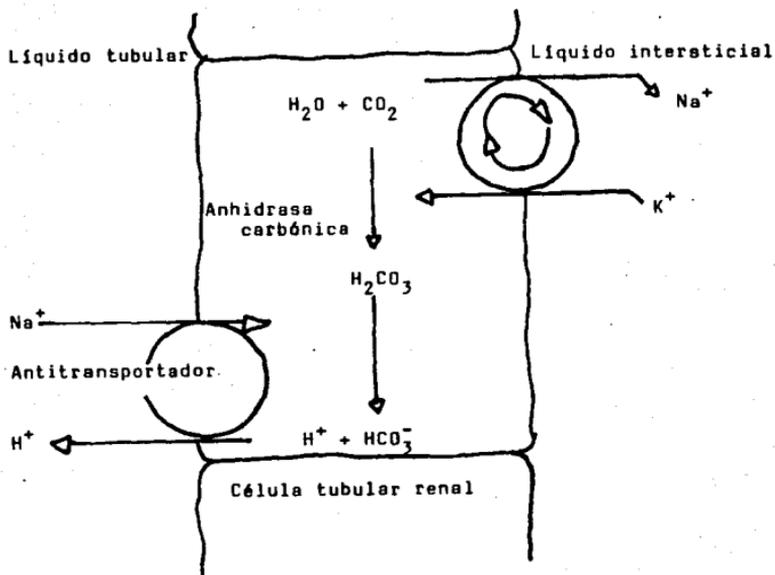


Fig. 6.3.7.1 Esquema de una célula tubular renal. Indica las reacciones químicas probables que intervienen en la secreción de hidrógeno. (Las flechas continuas que cruzan las membranas celulares, indican transporte primario activo en el caso de sodio y potasio; transporte activo secundario en el caso de sodio y de hidrógeno. Las flechas discontinuas señalan difusión).

cia para estas bombas adicionales no es concluyente, y en cualquier caso, su contribución es relativamente baja comparada con el mecanismo de intercambio de sodio - hidrógeno. Esto contrasta con lo que ocurre en el túbulo distal, donde la secreción de hidrógeno no es dependiente del sodio del líquido tubular. En esta parte - del túbulo, el hidrógeno es secretado por una bomba de protones - que requiere ATP. La aldosterona activa esta bomba para aumentar la secreción distal de hidrógeno.

6.3.8 Secreción de amoniaco:

El amoniaco es secretado en los túbulos proximales y distales, así como en los conductos colectores. Las reacciones que forman el - amoniaco en las células están resumidas en la figura 6.3.8.1, la - glutamina es convertida en ácido glutámico y amoniaco. La reac-- ción es catalizada por la enzima glutaminasa que ayuda en las cé- lulas tubulares. Se forma más amoniaco por desaminación del ácido glutámico y pequeñas cantidades por desaminación de otros aminoáci dos. Además algo proviene directamente de la sangre arterial.

El amoniaco difunde al líquido tubular porque es liposoluble y cru za las membranas, que contienen lípidos, con facilidad. En el lí- quido, reacciona con el hidrógeno secretado para formar iones amo- nio. A diferencia del amoniaco, el amonio es relativamente insolu ble en lípidos y así permanece en el líquido de los túbulos.

Puede también haber poca formación de amonio en las células tubula res con la subsiguiente secreción de amonio en intercambio por so- dio.

La cantidad de amonio formado depende del ph del líquido tubular y de la tasa de producción de amoniaco. A una tasa dada de produc- ción de amoniaco, la cantidad de amonio formado es proporcional a

la cantidad de hidrógeno disponible, y por lo tanto, a la tasa de secreción del hidrógeno. Así, el contenido en amonio de una orina alcalina es nulo, mientras que el de una orina con la mayor -- acidez posible es alto.

El proceso por el cual es secretado el amoniaco se llama difusión no iónica. Los salicilatos y otros medicamentos que son bases o ácidos débiles, también son secretados por difusión no iónica. Ellos difunden al líquido tubular a una velocidad que depende del ph urinario y la cantidad de cada medicamento excretado varía, por tanto con el ph de la orina.

6.3.9 Excreción de bicarbonato:

Aunque el proceso de resorción de bicarbonato en realidad no implica transporte de este ion hacia las células de los túbulos, el bicarbonato se comporta como si tuviera un tiempo máximo que es excedido cuando su concentración plasmática excede de 28 mEq. por litro. A niveles menores de bicarbonato todo éste es resorbido; pero a valores por encima de este umbral, el bicarbonato aparece en la orina y ésta se vuelve alcalina.

Cuando el bicarbonato del plasma es de 28 mEq. por litro, el hidrógeno está siendo secretado a su tasa máxima y todo él se emplea para resorber el bicarbonato, pero cuando el bicarbonato del plasma baja, más hidrógeno se encuentra disponible y aparece como acidez de titulación y amonio. Por tanto, mientras más cae el bicarbonato plasmático, la orina se vuelve más ácida y mayor es su contenido en amonio. Al subir la tasa de filtración glomerular se observa aumento en la capacidad de los túbulos para resorber bicarbonato.

6.3.10 Regulación de la excreción de sodio y cloro:

El sodio es filtrado en grandes cantidades pero sale de algunas porciones de la nefrona en forma pasiva y es activamente transportado hacia afuera en los túbulos proximales, distales y tubos colectores. Normalmente, de 96% hasta más de 99% del sodio es resorbido. La mayor parte de sodio es resorbido con el cloro, pero algo es resorbido en los procesos por los cuales un sodio entra a la corriente sanguínea por cada hidrógeno secretado por los túbulos, y una pequeña cantidad es resorbida junto con la secreción de potasio.

Debido a que el sodio es el catión más abundante y a que las sales de sodio dan cuenta de más del 90% del soluto osmóticamente activo en el plasma y en el líquido intersticial, la cantidad de sodio es controlada por mecanismos reguladores; la cantidad de sodio excretada se ajusta a la cantidad ingerida en un amplio margen de ingestiones dietéticas y en los estados individuales de balance de sodio. Así, la excreción urinaria de sodio va de menos de 1 m Eq. por día con una dieta baja en sal, hasta 400 m Eq. por día ó más, cuando la ingestión de sodio es alta.

Los factores que afectan la resorción de sodio incluyen las presiones oncótica e hidrostática en los capilares peritubulares, el nivel de aldosterona circulante y de otras hormonas corticosuprarrenales, la concentración en la sangre del factor antidiurético y posiblemente otras hormonas antidiuréticas, así como la tasa de secreción de hidrógeno y potasio.

La cantidad total resorbida se eleva cuando la tasa de filtración glomerular sube y baja cuando ésta desciende. La proporcionalidad que es especialmente aparente en el caso de la resorción de sodio

ha sido llamada balance glomerulotubular. Este término no debe confundirse con el de retroacción tubuloglomerular, el cual se refiere a la regulación tubular de la tasa de filtración glomerular.

6.4 Autorregulación del riego sanguíneo renal:

Cuando el riñón es perfundido a presiones moderadas, la resistencia vascular renal varía con la presión, de manera que el flujo sanguíneo renal es relativamente constante. La autorregulación de este tipo ocurre en otros órganos y se han emitido muchas teorías para explicarla. La autorregulación renal se encuentra en riñones perfundidos, desnervados y aislados, pero es impedida por la administración de medicamentos que paralizan el músculo liso vascular. Esta respuesta contráctil quizá es producida en parte por el estiramiento del músculo liso de la arteriola aferente. A bajas presiones de perfusión, la angiotensina II aparentemente también produce vasoconstricción de las arteriolas eferentes, lo que mantiene la tasa de la filtración glomerular. Esto explicaría la insuficiencia renal que a veces se desarrolla en pacientes, con poca perfusión renal, que son tratados con fármacos que inhiben la enzima convertidora de angiotensina.

Experimentalmente cuando se perfunde el riñón a presiones entre 90 a 220 mm de mercurio en el perro, la resistencia vascular del riñón varía de acuerdo a la presión, de tal manera que el flujo sanguíneo al riñón es relativamente constante. Este proceso es considerado un mecanismo de autorregulación, y está presente aun en riñones aislados o denervados. Posiblemente el mecanismo sea debido a la respuesta refleja contráctil del músculo liso de la arteriola aferente que surte de sangre a cada glomérulo renal; ocasionada por el estiramiento del músculo liso; ocasionado a su vez por las

variaciones en la presión sanguínea.

A bajas presiones de perfusión, la angiotensina II produce vaso---constricción de la arteriola eferente. La formación de angioten---sina II es desencadenada por la secreción de renina por parte del aparato yuxtaglomerular, la cual actúa sobre una globulina plasmá---tica para formar angiotensina I, misma que es transformada en an---giotensina II por la enzima de conversión.

6.5 Micción:

La función de la vejiga urinaria es servir de reservorio dilatable para acomodar la orina, que pasa constantemente desde la pelvis re---nal por los uréteres a la vejiga. Por supuesto, es esencial que - la vejiga sea capaz de emitir su contenido en un tiempo apropiado, y el proceso de emisión debe implicar la evacuación completa de la vejiga. El proceso de evacuación debe mantenerse durante un perío---do de tiempo relativamente largo, a pesar de la continuada reduc---ción en el tamaño y tensión de la vejiga. Por tanto, la micción - normal depende de reflejos neurales, que por una parte permiten a la vejiga llenarse, y por otra permite a la vejiga emitir completa---mente su contenido.

La micción es fundamentalmente un reflejo espinal facilitado e in---hibido por los centros cerebrales superiores y, como la defecación está sujeta a facilitación e inhibición voluntarias.

La orina entra a la vejiga sin producir mucho incremento en la pre---sión intravesical, hasta que se llena la víscera colapsada. Ade---más el músculo vesical, como otros músculos lisos, tiene la propie---dad de plasticidad, de manera que cuando se estira no se mantiene la tensión inicialmente producida. La relación entre la presión - intravesical y el volumen, se miden en una cistometría.

El reflejo de la micción es debido a la distensión que provoca la orina en las paredes de la vejiga, esto origina la estimulación de receptores específicos que generan impulsos hacia la médula espinal, la cual responde vía de las fibras parasimpáticas, las que provocan contracción del músculo detrusor y relajación del trigono vesical y esfínter interno, para permitir el vaciamiento de la vejiga.

El vaciado completo de la vejiga urinaria, depende de que se mantenga la contracción del músculo detrusor y la relajación del esfínter.

El mecanismo reflejo que provoca el cese de la micción es bastante complejo, e implica la regulación involuntaria procedente de los centros encefálicos inferiores.

7.- Literatura Consultada.

- 1.- Alba Veggetti. Anatomía e Fisiología degli animali domestici. Bologna, 1985.
- 2.- Appendini Tazzer, C.M. Manual de Prácticas de Histología Veterinaria, U.N.A.M., México, D.F., 1969.
- 3.- Banks, William J. Histología Veterinaria Aplicada. Ed. El Manual Moderno. México, D.F., 1986.
- 4.- Barone R. Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques, Tome III, Fascicule II; Lab. d'Anatomie, Ecole Nationale Veterinaire. Francia, 1978.
- 5.- Berg R. Anatomía Topográfica y Aplicada de los animales domésticos. Ed. A.C., Madrid, 1978.
- 6.- Blood and Henderson. Medicina Veterinaria. Ed. Interamericana. Quinta edición. México, D.F., 1982.
- 7.- Bowman y Rand. Farmacología, Bases Bioquímicas y Patológicas. Ed. Interamericana. Sexta edición, 1985.
- 8.- Dalton, B. Ultraestructura of the Kidney. Third edition, New York, 1985.
- 9.- Dukes. Fisiología de los animales domésticos. Ed. Aguilar. Octava edición, 1978.
- 10.- Evans, H.E.A., de Lahunta. Disección del perro, de Miller. Ed. Interamericana, México, D.F., 1981.
- 11.- Frandson, R.D. Anatomía y Fisiología de los animales domésticos. Ed. Interamericana. Tercera edición, México, D.F., 1984.
- 12.- Ganong, William, F. Tratado de Fisiología Médica. Ed. El Manual Moderno. Décima edición, México, D.F., 1985.
- 13.- Getty, R. Sisson, S. Grossman, JD. Anatomía de los animales domésticos. Tomo I y II. Ed. Salvat. Quinta edición, México, D.F., 1983.
- 14.- Goldstein, L. Fisiología Comparada. Ed. Interamericana. Tercera edición, 1985.
- 15.- Guyton, A.C. Tratado de Fisiología Médica. Ed. Interamericana. Sexta edición, 1984.
- 16.- Habel, R.E. Anatomía y Manual de disección de los rumiantes domésticos. Ed. Acribia. Primera edición, Zaragoza, España, 1961.

- 18.- Kolb, E. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Tercera edición, 1980.
- 19.- Lea and Febiger. Horst, Dieter-Dellmann and outline text atlas Veterinary Histology. Philadelphia, 1981.
- 20.- Lentz. Cell fine structure an atlas of drawings of whole cell st. Ed. Saunders Company. Third edition, 1982.
- 21.- May, M.D.S. Anatomía del ovino y del caprino. Ed. Hemisferio sur. Tercera edición, 1980.
- 22.- Nickel, R.A. Schummer, E. Seiferle and Sack, W.O. The viscera of the domestic mammals, N.Y. Springer-Verlag, U.S.A., 1981.
- 23.- Nómima Anatómica Veterinaria. International Comitee on Veterinary cross anatomical nomenclature. Third edition, N.Y. U.S.A., 1983.
- 24.- Nómima Histológica International Anatomical Nomenclature Comitee on Vet. Gross. Anatomical of world asociation. Ithaca, 1983.
- 25.- Nussag, N. Compendio de Anatomía y Fisiología de los animales domésticos. Ed. Acribia. Primera edición, Zaragoza, España, 1977.
- 26.- Popesko, P. Atlas of topographical anatomy of domestic animals. Vol. I, II and III. Philadelphia, 1967.
- 27.- Sandoval, E. Compendio de Anatomía veterinaria. Tomo II. Ed. I. Moderna. Primera edición. Córdoba, España, 1975.
- 28.- Schwarze, E. Compendio de Anatomía VEterinaria. Tomo II. Ed. Acribia. Cuarta edición, 1981.
- 29.- Strand, F.L. Fisiología humana. Ed. Interamericana. Segunda edición, México, D.F., 1985.