



CLÍNICAS MÉDICAS COMPLEMENTARIAS

ANATOMIA Y FISILOGIA RENAL

DR. RICARDO ACUÑÑA DE SAZ

ITZEL JAQUELINE RAMOS MATAMBU

Enero del 2021

ANATOMIA Y FISIOLOGIA RENAL

El riñón es un órgano par que se ubica en la región retroperitoneal, entre el nivel de la doceava vértebra torácica y la tercera vértebra lumbar, su aspecto normal semeja un frijol de gran tamaño, el riñón derecho se ubica en posición mas baja al ser desplazado por el hígado, tienen una longitud de 12 +/- 2 cmts, amplitud 6 cmts y grosor 3 cmts, su peso en un adulto normal es de 150 a 170 gramos. Por el hilio renal a cada riñón llega una arteria y egresa una vena, la vena renal del lado izquierdo es mas larga que la del lado derecho, aspecto anatómico aprovechado por los cirujanos de trasplante, quienes preferencialmente lo utilizan en las nefrectomías de los donantes renales.

El sistema vascular del riñón inicia con la arteria renal que da lugar a una serie de arterias anteriores, posteriores, superiores e inferiores, y de quienes emergen las arterias interlobares, de ellas las arterias arcuatas paralelas a la superficie del riñón, continuándose con las arterias interlobulares, quienes van a suplir a cada uno de los glomérulos por intermedio de las arteriolas aferentes. Estas ultimas al llegar al glomérulo dan origen a 3-5 capilares. De cada glomérulo emerge la arteriola eferente, de quien surge una red de capilares peritubulares y vasas rectas descendentes. El sistema venoso se inicia con las vasas rectas ascendentes, quienes drenan a las venas interlobulares, arcuatas, interlobares y finalmente a la vena renal. La inervación renal esta dada exclusivamente por fibras simpáticas que proceden del plexo celiaco y corren a lo largo de los tejidos periarteriales, participando activamente en la hemodinámica renal y reabsorción tubular de sodio. Los vasos linfáticos renales se inician con terminales ciegas en la corteza en la vecindad de las arteriolas aferentes y pueden atravesar la cápsula, o continuar paralelos al sistema de drenaje venoso hasta alcanzar el hilio. Tiene la capacidad de drenar un volumen de linfa de aproximadamente 0,5 ml/minuto

La unidad funcional del riñón es la nefrona de las cuales hay aproximadamente un millón por cada riñón. Esta estructura se encuentra constituida por el glomérulo, túbulo contorneado proximal, rama descendente delgada, rama ascendente delgada, rama ascendente gruesa, túbulo contorneado distal, túbulo conector y

túbulo colector (cortical y medular). Cada túbulo colector recibe las terminales de seis túbulos conectores, y cada segmento nefronal está constituido por células con funciones de transporte específicas. La corteza está constituida principalmente por glomérulos, túbulos contorneados proximal y distal, mientras que las asas de Henle y túbulos colectores corticales ocupan principalmente la región medular. Las nefronas superficiales contienen cortas asas de Henle, mientras que las yuxtamedulares se caracterizan por glomérulos en la región de la corteza adyacente a la medula, y contiene asas de Henle largas que se extienden profundamente en la medula. El aparato yuxtaglomerular es una región especial de la nefrona constituido por la arteriola aferente, arteriola eferente, y la rama ascendente del asa de Henle en su porción distal. En este último segmento tubular se presenta un grupo de células epiteliales hiperplásicas que constituyen la macula densa, con importantes propiedades en la detección del contenido de sodio en la luz tubular. También tenemos en la pared de la arteriola aferente células musculares especializadas llamadas yuxtaglomerulares o granulosa, que contienen renina siendo el único sitio demostrado hasta la fecha de síntesis de Renina. Esta región se encuentra densamente inervada por terminales nerviosas simpáticas.

Flujo sanguíneo renal y filtración glomerular El riñón constituye el 0.5% de la masa corporal pero cerca del 25% del gasto cardíaco perfunde los riñones, de ahí que para un gasto cardíaco de 5 litros el flujo sanguíneo es de 1,5 litros/minuto, equivalente a un flujo sanguíneo renal de 600 ml/minuto. La tasa de filtración glomerular normalmente está cercana a 125 ml/ minuto, o 180 Litros por 24 horas, pero varía en condiciones normales con el sexo y edad. Puesto que solo una fracción del flujo plasmático es filtrable ello se conoce como fracción de filtración, y su valor es del 20% ($125 \times 100/600$). El flujo sanguíneo renal y la TFG se mantienen normalmente en un rango muy estrecho gracias al fenómeno de autoregulación, de tal manera que cambios severos en la presión arterial sistémica pueden no modificarlos significativamente. En la generación del filtrado glomerular intervienen las fuerzas de Starling: presión hidrostática y oncótica en el capilar glomerular, presión hidrostática y oncótica en la cápsula de Bowman, fuerzas que favorecen la filtración son la presión hidrostática en el capilar glomerular y la presión oncótica en

la cápsula de Bowman, fuerzas que se oponen al filtrado glomerular son la presión oncótica en el capilar glomerular y la presión hidrostática en la cápsula de Bowman. La presión neta de filtración glomerular normal es igual a 21 mm de mercurio (Hg). La vasoconstricción de la arteriola aferente da lugar a disminución de la presión hidrostática en el capilar glomerular, mientras que vasoconstricción de la arteriola eferente la aumenta generando mayor filtración glomerular. Vasoconstricción de ambas arteriolas puede ocurrir en severas hipovolemias, reduciendo muy significativamente la presión hidrostática del capilar glomerular y llevando a oliguria y anuria. La vasodilatación de la arteriola aferente mediada por la prostaglandina I₂ aumenta la filtración glomerular, y constituye un mecanismo importante compensador en estados hipovolémicos o hipotensivos.

En la autorregulación del flujo sanguíneo renal (FSR) y tasa de filtración glomerular (TFG) intervienen dos mecanismos que finalmente actúan modificando el tono de la arteriola aferente: el mecanismo miogénico y la retroalimentación (feedback) túbuloglomerular; un tercer mecanismo también importante es el balance glomérulo tubular. El mecanismo miogénico se basa en propiedades intrínsecas de la musculatura lisa vascular, en forma tal que al aumentar la presión en las paredes de la arteriola aferente en forma refleja se genera contracción de las fibras musculares impidiéndose la modificación en el FSR. El segundo mecanismo es la retroalimentación (feedback) túbuloglomerular el cual se activa cuando se presenta alto filtrado glomerular, lo que genera excesivo aporte de cloruro de sodio a los segmentos distales.

La formación de orina implica tres procesos básicos: filtración glomerular, reabsorción y secreción. Estos procesos le permiten a los riñones eliminar solutos indeseables producto del metabolismo celular u obtenidos en la dieta, y regular el equilibrio hidroelectrolítico de acuerdo con las condiciones medioambientales en las que se encuentre el individuo.

En el transporte activo primario una proteína que consume energía transporta un soluto de un área de baja a alta concentración (en contra de un gradiente electroquímico), el mejor ejemplo es la bomba de Na K ATP así que desplaza 3

moléculas de sodio del interior de la célula hacia el exterior y al mismo tiempo mueve 2 de potasio en sentido inverso. El transporte activo secundario se basa en el desequilibrio o gradiente iónico que genera la bomba de transporte activo primario para dar lugar a movimientos por canales o por otras proteínas de otro tipo de electrolitos en contra de un gradiente electroquímico, puede funcionar como un cotransporte cuando dos solutos de diferente carga se mueven en la misma dirección o un contratransporte si los dos solutos de igual carga se mueven en sentido contrario

A nivel tubular la bomba de sodio-potasio ATPasa en la membrana basolateral genera bajas concentraciones de sodio intracelulares, proveyendo el gradiente químico necesario para activar los nombrados mecanismos de reabsorción tubular, los que llevan en la mayoría de los casos a reabsorción de sodio, y eliminación de potasio, mecanismos importante en los primates en los cuales el sodio es el electrolito que sostiene el volumen intravascular, mientras que el potasio se obtiene en abundante cantidades a través de la ingesta de frutas y vegetales. En condiciones normales el filtrado glomerular tiene un contenido de sodio igual al del plasma: 140 meq/ litro, pero puesto que el volumen filtrado diario es de 180 litros se hace necesario su reabsorción para evitar la aparición de hiponatremia. Los mecanismos de reabsorción normalmente son tan eficientes que solo el 1% del sodio filtrado aparece en la orina $2\text{Cl}^- - 1\text{Na}^+ + 1\text{K}^+$, la cual puede ser inhibida por los diuréticos de asa (furosemida, ácido etacrínico, bumetanida y metolazona), pero el potasio luego migra en forma retrograda generando un lumen positivo que posteriormente favorece la reabsorción paracelular de otros cationes: calcio y magnesio. En el túbulo contorneado distal se reabsorbe aproximadamente un 8% del sodio filtrado gracias a la proteína transportadora $1\text{Na}^+ + 1\text{Cl}^-$, la que puede ser inhibida por los diuréticos tiazídicos (hidroclorotiazida, clortalidona). El ultimo segmento tubular esta constituido por los túbulos colectores que poseen dos tipos de células: principales e intercaladas. En las primeras se reabsorbe solo el 3% del sodio filtrado a través de canales sensibles a la aldosterona en la membrana luminal, y los cuales pueden ser inhibidos por los diuréticos amiloride y triamterene, mientras

que los otros diuréticos retenedores de potasio espironolactona y eplerenone obran por su efecto antagónico sobre la aldosterona en la membrana basolateral

En condiciones normales el filtrado glomerular tiene un contenido de sodio igual al del plasma: 140 meq/ litro, pero puesto que el volumen filtrado diario es de 180 litros se hace necesario su reabsorción para evitar la aparición de hiponatremia. Los mecanismos de reabsorción normalmente son tan eficientes que solo el 1% del sodio filtrado aparece en la orina, porcentaje conocido como fracción de excreción de sodio. La reabsorción de sodio varía en los diversos segmentos tubulares, y es importante conocerla puesto que la eficacia de un diurético depende de su sitio de acción. El 65% del sodio filtrado es reabsorbido en el túbulo contorneado proximal, y en cotransporte con bicarbonato, cloro, fósforo, glucosa, aminoácidos, lactato, y en contratransporte con hidrogeniones. Los diuréticos inhibidores de anhidrasa carbónica actúan a este nivel (acetazolamida) inhibiendo parte de la absorción del sodio, al igual que la Dopamina, mientras que en sentido contrario la Angiotensina II y Catecolaminas la estimula. En el asa de Henle se reabsorbe el 25% del sodio filtrado

En la homeostasis del calcio el riñón participa en varias formas. En condiciones normales de los 1500 miligramos ingeridos diariamente 1300 se eliminan en las heces y 200 miligramos son absorbidos, los mismos que son posteriormente eliminados por los riñones. La absorción intestinal de calcio ocurre en forma pasiva a través de canales selectivos de calcio (TRPV5), viaja en el intracelular de los enterocitos unido a la proteína calbindin, y es transportado activamente fuera de célula por la Ca-ATPasa y la proteína contratransportadora Na-Ca. La distribución del calcio entre los huesos y líquido extracelular está regulada por tres hormonas: La paratohormona (PTH), Calcitriol y Calcitonina. El calcitriol (forma activa de la vitamina D) estimula la absorción intestinal de calcio, y a nivel óseo estimula la maduración osteoclástica. La PTH secretada por las glándulas paratiroides en condiciones de hipocalcemia, restaura los niveles de calcio gracias a su capacidad de estimular la reabsorción ósea, incrementar la reabsorción renal de calcio y estimular la síntesis renal de vitamina D. 70% del calcio filtrado se reabsorbe en el

túbulo contorneado proximal, 20% transcelular por canales de calcio (TRPV5/6) y 80% paracelular.

anhidrasa carbónica y estrógenos. El riñón también participa en el equilibrio ácido base, y lo hace de varias formas: 1. Reabsorbe el bicarbonato filtrado en el túbulo contorneado proximal, proceso en el cual es de vital importancia la anhidrasa carbónica en la luz tubular, favoreciendo la conversión del bicarbonato filtrado a ácido carbónico al combinarse con los hidrogeniones secretados. 2. Regenera el bicarbonato titulado tanto en túbulo contorneado proximal como distal, 3. Sintetiza amonio a partir de la glutamina, el cual luego es secretado en el túbulo contorneado proximal, participando activamente en la eliminación de hidrogeniones secretados distalmente. 4. Secreta activamente hidrogeniones por la H^+ Atpasa, acción llevada a cabo por las células intercaladas tipo A en los túbulos colectores.

Funciones endocrinas renales Se encuentran representadas principalmente en 3 hormonas: Renina, Vitamina D activa y Eritropoyetina. El sistema renina angiotensina aldosterona se inicia en el riñón por la síntesis de renina por la células yuxtglomerulares o granulosas, las cuales están en estrecho contacto con la macula densa, células epiteliales especializadas del túbulo contorneado distal que censan el contenido el cloruro de sodio en la luz tubular del asa de Henle. Al disminuir el aporte de cloruro de sodio a los segmentos distales, estas células le informan a las células yuxtglomerulares que probablemente la presión arterial sistémica o el volumen intravascular se encuentra bajos con disminución en el flujo sanguíneo renal y TFG liberándose renina hacia la luz de las arteriolas aferentes, alcanzando posteriormente la circulación sistémica, y actuando sobre el sustrato de renina (angiotensinógeno) lo convierte en angiotensina 1, el cual por acción de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) da lugar a la angiotensina 2 que posee potente acción vasoconstrictora directa, estimula en el túbulo contorneado proximal la reabsorción de sodio y cloro y libera aldosterona la cual genera retención de sodio y agua en el túbulo colector, restaurándose de esta manera la volemia, presión arterial sistémica y flujo sanguíneo renal. El riñón también participa en la síntesis de vitamina D activa la cual tiene varias acciones: estimular la absorción intestinal y

reabsorción renal de calcio y fósforo, inhibir la secreción de la parathormona y favorecer la maduración de los osteoclastos al estimular la síntesis del ligando del receptor activador del factor nuclear KB (RANKL). La síntesis de vitamina D se origina principalmente en la piel al exponerse el 7-dehidrocolesterol a la luz ultravioleta dando lugar a la vitamina D3 (colecalfiferol), mientras que el consumo de pescado y alimentos derivados de las plantas aporta vitamina D2 (ergocalciferol), al igual que formas farmacéuticas que lo obtienen de las levaduras. La vitamina D2 se diferencia de la vitamina D3 en la presencia de un grupo metilo y un doble puente entre 2 carbonos, es además menos potente, pero puede ejercer efectos semejantes a la vitamina D3. Ninguna de las dos formas anteriores de la vitamina D es activa, y requieren experimentar primero una hidroxilación hepática en posición 25 (25 hidroxivitamina D2 (ercalciferol), 25 hidroxivitamina D3 (calcidiol)) , y luego una renal en posición 1 por la enzima 1 alfa hidroxilasa en las células del túbulo contorneado proximal para dar lugar a la vitamina D activa (1,25 (OH)₂D) o calcitriol.

Otra hormona que produce el riñón es la eritropoyetina, importante en el proceso de maduración del glóbulo rojo. La eritropoyetina en vida fetal se produce principalmente en el hígado pero en el adulto prácticamente solo esta en los riñones, y se sintetiza en los fibroblastos intersticiales de la corteza vecinos a las células del epitelio tubular y de los capilares peritubulares. La eritropoyetina se fija al receptor EPO de las células progenitoras eritroides BFU-e y CFU-e impidiendo que activen su apoptosis, estimulando su posterior maduración a glóbulos rojos.

BIBLIOGRAFIA

Restrepo.C (S/F).NEFROLOGIA BASICA "ANTOMIA Y FISIOLOGIA RENAL" <http://asocolnef.com/wp-content/uploads/2018/03/Cap01.pdf>