

Evaluación básica de la función renal en Pediatría

Susana Ferrando Monleón*, Fernando Santos Rodríguez**

*Hospital de Alzira, Valencia

**Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo

Este protocolo pretende ofrecer una aproximación práctica a la valoración de la función renal a partir de análisis de sangre y orina que se realizan de forma rutinaria en la mayoría de los laboratorios clínicos y haciendo constar que en otros protocolos de esta serie se tratan las pruebas de imagen así como aquéllas dirigidas a valorar la hematuria y proteinuria, también necesarias en el estudio de un niño en el que se sospecha una enfermedad renal.

1. FILTRADO GLOMERULAR

El volumen de filtrado glomerular (FG) no puede medirse directamente por lo que en la práctica clínica se estima habitualmente por el **aclaramiento de creatinina** (Ccr) calculado según la siguiente fórmula:

$$C_{cr} = (U_{cr} / P_{cr}) \times V_m$$

U_{cr} y P_{cr} son las concentraciones de creatinina en orina y plasma respectivamente y V_m el volumen de orina emitido en un minuto (ml/min). El Ccr se expresa en ml/min y como el tamaño del niño cambia con el crecimiento para homogeneizar los resultados, los valores resultantes se corrigen para la superficie corporal media del adulto, multiplicando el resultado por $1,73m^2$ y dividiendo por la superficie corporal del niño en m^2 . Para el cálculo de la superficie corporal hay que medir la talla y el peso del niño y utilizar un nomograma o calcular la raíz cuadrada del cociente (peso en kg x talla en

cm) / 3.600. Así el aclaramiento se expresará en ml/min/ $1,73m^2$.

Para una correcta interpretación del Ccr hay que tener en cuenta que la creatinina es de producción endógena proveniente del metabolismo muscular y su cantidad va a depender de la masa muscular total del individuo así como que su eliminación urinaria está influenciada por la dieta, aumentando su excreción tras la ingesta de carne. La creatinina se filtra libremente y no se reabsorbe ni se metaboliza. Sin embargo, en caso de insuficiencia renal sí existe una secreción tubular significativa que hace que el Ccr sobreestime la verdadera filtración glomerular. El Ccr se debe calcular a partir de una muestra de orina de al menos 24h, obteniéndose la muestra de sangre al comienzo, al final o en mitad de la recogida, pero en cualquier caso en ayunas para evitar las variaciones de la creatinina referidas anteriormente. Si la recogida de orina ha sido incompleta el volumen minuto será bajo y el FG se subestimaré. Es importante que comprobemos mediante la eliminación de creatinina si la recogida ha sido adecuada, siendo los valores normales de 15 a 25 mg/kg/día y en lactantes entre 12 y 14 mg/kg/día.

Una forma muy útil en clínica de obviar la recogida de orina de 24h es el cálculo del FG a través de la fórmula de Schwartz mediante la fórmula:

$$C_{cr} \text{ (ml/min/1,73m}^2\text{)} = K \times \text{talla (cm)} / P_{cr} \text{ (mg/dl)}$$

La constante K varía con la edad: 0,33 en RN pretérmino (1 año de vida), 0,45 en lactantes a término, 0,55 entre 1 y 12 años, 0,57 para mujeres adolescentes y 0,70 para varones adolescentes.

Los valores normales del FG estimados por aclaramiento de creatinina se exponen en la Tabla I y los de creatinina plasmática, reflejo indirecto de la función renal, en la Tabla II.

La medición de la **concentración sérica de cistatina C** ha sido propuesta como más ventajosa que la medición de la creatinina sérica. Debido a que es filtrada, pero luego reabsorbida y metabolizada en el TP, su excreción es baja por lo que su depuración no sirve para estimar el FG. En personas de 1-20 años, su producción endógena no está influenciada por edad, sexo, peso o masa corporal y valores en sangre > 1,4 mg/l sugieren disminución del FG.

Existe también la posibilidad de usar **isótopos radiactivos para la determinación del**

Tabla I. Valores normales [X (2 DE)] de la tasa de filtración glomerular estimada mediante el aclaramiento de creatinina en población pediátrica (Adaptado de referencia 4)

Edad	Aclaramiento de creatinina ml/min/1,73m ²
Recién nacido	20,8 (1,9)
1 semana	46,6 (5,2)
3 - 5 semanas	60,1 (4,6)
6 - 9 semanas	67,5 (6,5)
3 - 6 meses	73,8 (7,2)
6 meses - 1 año	93,7 (14,0)
1 - 2 años	99,1 (18,7)
2 - 5 años	126,5 (24,0)
5 - 15 años	116,7 (20,2)

Tabla II. Valores normales creatinina plasmática en población pediátrica (Adaptado de referencia 2)

Edad en años	Creatinina plasmática	
	mg/dl	μmol/l
< 2	0,4 - 0,5	35 - 40
2 - 8	0,5 - 0,7	40 - 60
9 - 18	0,6 - 0,9	50 - 80

FG. Estas técnicas ofrecen la ventaja de que la estimación del FG se realiza tras la inyección intravenosa de un trazador radiactivo sin que sea precisa la recogida la orina y, sobre todo, de que permiten conocer la función de cada riñón separadamente.

2. EQUILIBRIO HIDROELECTROLÍTICO

El riñón sano ajusta el volumen de orina en función del aporte hídrico y de las pérdidas extrarrenales para mantener un balance neutro de agua. En el niño este balance tiene que ser positivo por el crecimiento, pero en la práctica clínica el balance de un día puede considerarse neutro. Se define como oliguria la emisión de un volumen de orina inferior a 12 ml/m²/h en niños mayorcitos y menor de 0,5-0,8 ml/kg/h en neonatos y lactantes. Los límites de la poliuria pueden establecerse en un volumen de orina superior a 2 y 3 ml/kg/hora en niños mayores y en lactantes/neonatos, respectivamente. La oliguria y la poliuria no tienen por qué ser manifestaciones de un problema renal sino de una respuesta compensadora para mantener un equilibrio hídrico adecuado. La coe-

xistencia de oliguria con signos de retención hídrica o de poliuria o diuresis “normal” con deshidratación sí serán indicativos de mal funcionamiento renal.

La diuresis viene determinada por la cantidad del FG y por el porcentaje de éste que es reabsorbido en el túbulo renal que, habitualmente, se sitúa alrededor del 99%. El riñón tiene capacidad para disminuir mucho este porcentaje o para aumentarlo ligeramente si existe necesidad de perder o retener líquido, respectivamente. La proporción de FG reabsorbida puede estimarse en la práctica por el volumen de orina emitido por 100 ml de FG (V%) según la siguiente fórmula:

$$V\% = P_{cr} \times 100 / U_{cr}$$

que se obtiene sustituyendo C_{cr} por 100 en la fórmula expuesta al inicio de este protocolo. En condiciones normales V% es aproximadamente 1, aumentando compensadamente si la FG disminuye o en situación de elevado aporte hídrico.

Al igual que sucede con el agua, el riñón sano modifica la eliminación diaria de sodio y potasio con el fin de mantener una situación de homeostasis y equilibrio. Así, la pérdida urinaria de estos elementos dependerá del aporte y de las pérdidas extrarrenales. Prácticamente la totalidad del sodio y potasio plasmático se filtra por el riñón por lo que la mayoría tiene que reabsorberse para no provocar un déficit masivo de estos electrolitos. El porcentaje de los mismos que se elimina puede calcularse mediante las fórmulas:

$$EF_{Na} = U_{Na} / P_{Na} \times V\%$$

$$EFK = U_K / P_K \times V\%$$

en las que EF, U y P representan la excreción fraccional (%), la concentración uri-

naria y la concentración plasmática de estos elementos, respectivamente.

De nuevo, el valor de EF_{Na} y EFK se ajustará compensadoramente en función de la cantidad filtrada y de los ingresos de Na y K. En condiciones habituales, la EF_{Na} se sitúa alrededor del 1% y la EFK del 10-15%. En el caso de insuficiencia renal, EF_{Na} y EFK aumentan para intentar mantener el balance de Na y K, lo que se suele conseguir hasta estadios muy avanzados de fallo renal. Por el contrario, en una situación de deshidratación y/o contracción del volumen vascular ante la que el riñón reaccione normalmente la EF_{Na} debe disminuir a valores próximos al 0% de forma que se retenga sodio y agua. La eliminación urinaria de cloro suele ir pareja a la de sodio. Cuando ésta excede mucho a aquella, hay que pensar que hay fugas de anión cloro por otras vías (digestivas) o que el catión sodio se asocia en la orina a otro anión distinto del cloruro (por ejemplo, bicarbonato).

3. METABOLISMO CALCIO – FÓSFORO

El interés de valorar la eliminación urinaria de calcio radica fundamentalmente en la detección de hipercalcemia que es la causa metabólica más frecuente de urolitiasis en la edad infantil. Existe una buena correlación entre la calciuria estimada en mg/kg/día en orina de 24 horas y el cociente calcio/creatinina (mg/mg) medido en micción aislada. En los primeros años de la vida la calciuria es normalmente muy elevada, disminuyendo a medida que el niño crece. Se consideran una excreción urinaria de calcio superior a 4-5 mg/kg/día y un cociente calcio/creatinina mayor de 0,20-0,25 como indicativos de hipercalcemia, siempre teniendo en cuenta que estos valores normalmente

son mucho mayores en lactantes. La hiper calciuria, cuyo diagnóstico debería ser confirmado en varias determinaciones, es usualmente idiopática lo que exigirá que la calcemia sea normal, que no exista acidosis metabólica concomitante y la ausencia de administración de suplementos de calcio o vitamina D. A diferencia de lo que sucede con el sodio y el potasio, la eliminación urinaria de calcio no tiene por qué ser fiel reflejo de la ingesta de este elemento ya que su absorción intestinal es muy variable, el calcio circula en plasma unido a proteínas y su homeostasis está altamente relacionada con el metabolismo óseo.

En ausencia de enfermedad tubular renal, la eliminación urinaria de fosfato o fosfatúria depende fundamentalmente de la ingesta de fósforo y de la acción de la hormona paratiroidea (PTH), que es la principal hormona fosfatúrica del organismo. La fosfatúria oscila habitualmente entre 15-25 mg/kg/día, teniendo los alimentos ricos en proteínas, los productos lácteos y las bebidas con cola un alto contenido de fósforo. Si las concentraciones de fosfato plasmático están dentro del rango normal, una fosfatúria elevada es usualmente reflejo de una dieta alta en fósforo. Sin embargo, un hiperparatiroidismo primario o secundario, por ejemplo a insuficiencia renal crónica o a raquitismo carencial, puede mantener los valores de fosfato circulante normales a expensas de un aumento de la fosfatúria. La hiperactividad paratiroidea puede sospecharse por una disminución de la reabsorción tubular proximal de fosfato (RTP) que se calcula según las siguientes fórmulas:

$$EFP = U_P / P_P \times V\%$$

$$RTP = 100 - EFP$$

en las que EFP, U_P y P_P representan la excreción fraccional (%), la concentración urinaria y la concentración plasmática de fos-

fato, respectivamente. Habitualmente, la RTP es de 75-85%.

En este protocolo se ha detallado cómo en base a fórmula de cálculo sencillo y simplemente con una muestra de orina aislada y una muestra simultánea de sangre se puede obtener información útil y clínicamente relevante sobre el estado de la función glomerular y tubular y su respuesta y adaptación ante diferentes situaciones. En la práctica clínica, la valoración aquí expuesta junto con los datos aportados por la exploración física, incluyendo la tensión arterial, el sistemático de orina mediante tira reactiva y la ecografía renal permitirán conocer si existe enfermedad renal en la mayor parte de los casos, haciendo innecesaria la recogida de orina de 24 horas, que puede conducir incluso a valoraciones equívocas o erróneas al ser inexacto el volumen urinario, y otros estudios más complejos que deben quedar relegados a las unidades de Nefrología Pediátrica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bökenkamp A, Domanetki M, Zinck R, Schumann G, Brodehl J. Reference values for cystatin C serum concentrations in children. *Pediatr Nephrol* 1998; 12:125-129.
2. Guignard JP, Santos F. Laboratory investigations. En: Avner ED, Harmon WE, Niaudet P (editores). *Pediatric Nephrology*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2004, pgs. 399-424.
3. Jacobsen FK, Christensen CK, Mogensen CE, Andreassen F, Heilskov NS. Pronounced increase in serum creatinine concentration after eating cooked meat. *Br Med J* 1979; 1:1049-50.
4. Kher KK. Evaluation of renal functions. En: Kher KK, Makker SP (editores). *Clinical Pe-*

- diatric Nephrology, McGraw-Hill, New York, 1992, pgs. 3-22.
5. Santos F, Orejas G, Foreman JW, Chan JCM. Diagnostic workup of renal disorders. *Curr Probl Pediatr* 1991; 21:48-74.
 6. Santos F, García Nieto V. Función renal basal. En: García Nieto V, Santos Rodríguez F, Rodríguez Iturbe B (editores). *Nefrología Pediátrica* (2ª Edición). Editorial Aula Médica. Madrid, 2006, pgs. 39-49.
 7. Schwartz GJ, Haycock GB, Edelman CM Jr, Spitzer A. A simple estimate of glomerular filtration rate in children derived from body length and plasma creatinine. *Pediatrics* 1976; 58:259-263.