

Estudios radioisotópicos en la hidronefrosis

ALFREDO GONZÁLEZ MATÉ, CRISTINA ASENSIO DEL BARRIO,
GEMA ROLDÁN SABRIDO Y JOSÉ LUIS CARRERAS DELGADO

Servicio de Medicina Nuclear
Hospital Clínico San Carlos. Madrid

INTRODUCCIÓN

Se considera hidronefrosis a una dilatación anómala del tracto urinario superior. También se denomina, en ocasiones, uropatía obstructiva.

Las causas de hidronefrosis pueden ser idiopática o secundaria a defectos neuromusculares en la unión uréteropélvica, unión ureterovesical, estar asociada con malformaciones como vasos aberrantes en polo inferior, reflujo vesicoureteral, adherencias o angulaciones anormales, secundaria a cirugía previa, a cálculos, pólipos ureterales, etc. Pueden ser uni o bilaterales, siendo la obstrucción ureteropélvica la causa más frecuente de obstrucción unilateral, que plantea problemas especiales en la edad pediátrica¹. Las válvulas uretrales posteriores y la obstrucción ureteropélvica en ambos riñones son las principales causas de hidronefrosis bilateral.

La gran mayoría de las obstrucciones se diagnostica por urografía intravenosa, ecografía, resonancia magnética o endoscopia. Dentro del campo de la Medicina Nuclear, el renograma es la técnica indicada en la confirmación de la obstrucción², aunque no es de elección para el diagnóstico inicial de esta patología. La decisión de intervenir y el tipo de intervención óptima en una hidronefrosis dependen de confirmar o no dicha obstrucción³, y de la función renal relativa, ya que los parámetros globales habituales de bioquímica renal pueden no reflejar la reducción de función de uno de los riñones, si el otro mantiene una actividad normal compensadora⁴. El renograma puede proporcionar esta información, midiendo no sólo la función renal global, sino también la porcentual de cada

riñón, de forma rápida, poca agresiva y sometiendo al paciente a dosis bajas de radiactividad, en comparación a otros procedimientos diagnósticos de imagen.

Además, esta técnica permite valorar el estado funcional de las vías excretoras⁵, tiene cierto valor pronóstico y es de gran utilidad en el seguimiento de la evolución posterior⁶ de estos pacientes.

RENOGRAMA ISOTÓPICO

El renograma es un procedimiento que permite registrar de forma dinámica la utilización de determinados radiotrazadores por el riñón⁷. Consiste en la adquisición de imágenes secuenciales, con la generación de curvas actividad/tiempo a partir de ellas y el análisis cualitativo y cuantitativo de toda la información obtenida^{8, 9}.

RADIOTRAZADORES

Se administran al paciente por vía intravenosa, en vena antecubital. En la actualidad, los más utilizados son el ^{99m}Tc -MAG-3 y el ^{99m}Tc -DTPA, aunque existen otros, como el ^{51}Cr -EDTA, ^{125}I -Iothamalato, ^{131}I -OIH, ^{99m}Tc -glucoheptanato.

La elección del radiotrazador se hace dependiendo de la función renal del paciente¹⁰, y del proceso fisiológico que queramos estudiar. Para valorar la filtración glomerular se utiliza el ^{99m}Tc -DTPA, mientras que para el estudio de la función tubular, el radiotrazador de elección es el ^{99m}Tc -MAG-3, que ha sustituido al ^{123}I -OIH y al ^{131}I -OIH. En pacientes pediátricos y en aquellos con función renal comprometida, el ^{99m}Tc -MAG-3 es el que proporciona mejores imágenes. Si se va a realizar un estudio con intervención farmacológica, tipo IECA o alfa-bloqueantes, el de elección es el ^{99m}Tc -DTPA.

Para la realización de estudios dinámicos, es preferible la utilización de radiotrazadores marcados con ^{99m}Tc o ^{123}I , por sus características de radiación y semiperiodo, que conllevan una menor irradiación del paciente y una mejor capacidad de detección por la gammacámara.

^{99m}Tc -MAG-3 (ácido mercapto-acetil-triglicina marcado con tecnecio 99 metaestable) : es extraído del torrente sanguíneo por los túbulos proximales de la nefrona y aparece en la luz tubular por secreción activa. La dosis administrada en niños es de 3,2-4,2 MBq/Kg, y de 70-120 MBq en adultos. Un aspecto importante es la radiación reci-

da, especialmente en niños y en mujeres en edad fértil, siendo dependiente de la dosis empleada, de la energía del isótopo y del tiempo de permanencia en el interior del organismo. La dosis efectiva para este radiotrazador es de 0,0072 mSv/Bq, que en los órganos diana es de 0,0040 mSv/Bq en riñones, 0,120 mSv/Bq en pared de vejiga y 0,0010 mSv/Bq en gónadas¹¹.

^{99m}Tc-DTPA (ácido dietilamino-penta-acético marcado con tecnecio 99 metaestable): es eliminado exclusivamente por filtrado glomerular, no existiendo reabsorción ni secreción tubular valorable. Su vida media biológica es inferior a 2,5 horas. La dosis administrada en niños es de 3,2-4,2 MBq/Kg y en adultos 70-120 MBq.

En cuanto a radiación recibida, la dosis efectiva para el ^{99m}Tc-DTPA es de 0,0052 mSv/Bq, que en los órganos diana es de 0,0044 mSv/Bq en riñones, 0,065 mSv/Bq en pared de vejiga y 0,0043 mSv/Bq en gónadas.

PREPARACIÓN

El paciente debe estar bien hidratado¹² (ingesta previa de 300-500 cc de agua), siendo necesario en algunos casos la infusión continua intravenosa de suero, sobre todo en niños muy pequeños, donde es conveniente utilizar una infusión continua de suero salino durante 30 minutos, con el fin de mantener una hidratación suficiente y conseguir el efecto diurético adecuado. No es preciso el ayuno.

Antes de la realización de la prueba, el paciente debe vaciar completamente la vejiga, y en los casos en los que se sospeche o exista patología vesical (reflujo vesicoureteral, vejiga neurógena, disfunción vesical, válvula uretral posterior, etc), megauréter, y, en general, en niños pequeños, es preciso el sondaje vesical, con tratamiento antibiótico preventivo. En algunos casos hay que adquirir una imagen posterior al vaciamiento vesical después de haber realizado el renograma, para comprobar el volumen residual y si algún tipo de retención renal ha desaparecido.

POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

La posición más fisiológica es la de sedestación¹³, aunque no es fácil el mantenimiento de la inmovilidad durante el tiempo de la adquisición, por lo que numerosas veces se recurre al decúbito supino

(niños, pacientes encamados o en mal estado general). El detector de la gammacámara se sitúa de forma que ambos riñones y la vejiga queden incluidos en su campo de visión.

INYECCIÓN DEL RADIOTRAZADOR

Se inyecta la dosis en una vía periférica, a ser posible en forma de embolada, comenzando en ese momento la adquisición de imágenes.

ADQUISICIÓN DE LAS IMÁGENES

La adquisición habitualmente se realiza en dos fases⁷, una primera fase denominada angiogramagrafía, fase vascular o estudio de primer paso, en la que se adquiere una imagen por segundo durante 45-60 segundos, y una segunda fase parenquimatosa o renograma propiamente dicho, en la que se adquiere una imagen cada 10-15 segundos durante al menos 20-30 minutos. La duración de esta segunda fase es variable, debiendo prolongarse el tiempo necesario para observar respuesta cuando se tiene intención de administrar diurético.

ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES

En el renograma vamos a obtener dos tipos de información: cualitativa y cuantitativa¹⁴. El análisis cualitativo de las imágenes secuenciales en el renograma nos sirve para obtener información anatómica sobre la forma, tamaño y posición de los riñones, distribución del radiotrazador en su interior, visualizándose también el grado de dilatación y el paso del radiotrazador por el uréter hasta vejiga.

La valoración cuantitativa se obtiene mediante el análisis de las curvas de actividad/tiempo generadas sobre regiones de interés dibujadas sobre riñones, vejiga y fondo. Las áreas de fondo no deben incluir parénquima renal, uréteres ni ningún órgano sólido. Cada punto de la curva corresponde en el eje de ordenadas al número de cuentas sobre un área de interés, a las que se les ha restado las cuentas del fondo, y en el eje de abscisas a un tiempo determinado.

En la curva normal del renograma¹⁵ podemos distinguir tres fases (Figura 1):

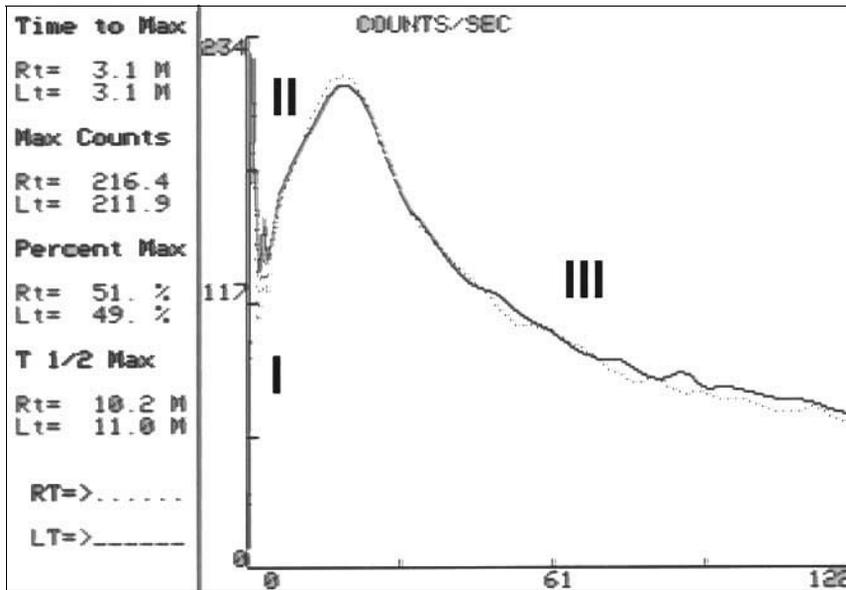


Figura 1. Renograma normal. Fase I: vascular o de aparición del radiotrazador. Fase II: de tránsito cortical y perfusión. Fase III. Eliminación.

- La *primera* aparece inmediatamente después de la inyección del radiotrazador, mostrando una rápida elevación. Es la fase de aparición del radiotrazador o puramente vascular.
- La *segunda* fase consiste en una elevación gradual y continua, que representa el tránsito del radiotrazador a través de parénquima hacia la pelvis renal. Traduce tanto el grado de perfusión renal, como la efectividad del filtrado glomerular o función tubular, según el radiofármaco utilizado.
- La *tercera* fase representa la desaparición del trazador de la región renal, reflejando el balance entre la cantidad de trazador que llega al riñón y la cantidad que sale, y, por tanto, la permeabilidad de las vías. Esta fase es la que más precozmente se afecta en casos de obstrucción del tracto urinario. En la morfología de esta porción descendente de la curva podemos encontrar variantes normales, siendo una de las más frecuentes la eliminación “escalonada”, que puede deberse a varios factores, unos fisiológicos como diferentes grados de peristalsis del uréter, que a su vez pueden estar determinados por la velocidad

y/o volumen de orina, o a degluciones especialmente en pacientes jóvenes. En general, en un estudio normal, más del 90% de la actividad se elimina antes de los 30 primeros minutos.

Los principales parámetros que se pueden obtener a partir de las curvas del renograma son^{15, 17}:

- *Tiempo del pico*: Es el punto en que la curva alcanza su máxima actividad. Este valor nos mide, según el trazador empleado, la filtración glomerular si se usa ^{99m}Tc-DTPA, o la función tubular si el radiotrazador usado es el ^{99m}Tc-MAG-3. Se acepta como límite máximo 5 minutos, aunque en riñones con función normal suele estar alrededor de los 3 minutos.
- *Porcentaje de función diferencial de cada riñón*: La suma de la actividad de cada riñón entre los 30-180 segundos, y el porcentaje que le corresponda de la suma total de ambos, se considera la función diferencial de cada riñón, ya que la máxima actividad parenquimatosa renal sin que la eliminación sea significativa, se produce a partir de los 30 segundos y hasta el minuto 3 de la exploración. Se consideran valores normales entre 45-55%.
- *Tiempo de tránsito intrarrenal*: Tiempo que tarda el trazador en ser filtrado por el glomérulo y aparecer en el sistema excretor. Se considera normal un tiempo inferior a 9 minutos, dudoso entre 9-15, y claramente patológico por encima de 15 minutos. Se suele utilizar para su cálculo, la función matemática llamada deconvolución.
- *T1/2 de eliminación*: Es el tiempo que tarda en desaparecer la mitad de la actividad inyectada. Este parámetro valora fundamentalmente, la permeabilidad de las vías excretoras aunque influye también la capacidad funcional de los túbulos o glomérulos, según el trazador utilizado. Un T1/2 inferior a 10 minutos, generalmente indica ausencia de obstrucción, mientras que un T1/2 superior a 20 es indicativo de la misma. Entre 10-20 minutos se considera un resultado equívoco, aunque algunos autores consideran que entre 10-15 minutos probablemente sea normal. Otra forma de calcular la eficacia del lavado es mediante el cálculo del *Porcentaje de eliminación del fármaco a los 20 minutos*, tomando como máxima actividad la del pico, y estando los valores normales por encima del 60%. En ocasiones, la forma de la curva puede proporcionar suficiente información para llegar al diagnóstico.

- Tiempo de aparición del trazador en la vejiga y pendiente de ascenso de la misma, lo que nos indica la permeabilidad de los uréteres y de forma indirecta el grado de función renal.

En el análisis del renograma hay que tener en cuenta determinados procesos y errores que pueden interferir en la prueba 10. Entre las patologías, es conveniente tener en cuenta las siguientes:

- Pobre función renal: a una función renal enlentecida hace que el radiotrazador llegue de forma lenta al sistema colector, dificultando la interpretación de la fase de eliminación porque la morfología de la curva tiende a ser aplanada.
- Sistema colector muy dilatado, aunque no exista obstrucción y la función renal esté relativamente bien conservada. Puede producirse un drenaje lento del radiotrazador debido a alteraciones en la compliance del sistema.
- Enfermedades tubulares como el Síndrome de Fanconi o la necrosis tubular aguda.
- Hiperdistensión vesical, con o sin reflujo vesicoureteral.

En cuanto a los errores de procedimiento y preparación, destacamos los siguientes:

- Hidratación insuficiente, que conduce a un retraso en la captación y excreción del radiotrazador, simulando una pobre función.
- Movimiento del paciente durante la exploración.
- Regiones de interés incorrectas.
- Deficiente administración intravenosa del radiofármaco.

RENOGRAMA DIURÉTICO:

En los casos de dilatación del sistema excretor es de gran importancia distinguir una obstrucción verdadera de una dilatación sin obstrucción (ectasia pélvica), lo que modifica pronóstico y tratamiento, seleccionando los pacientes subsidiarios de cirugía. En un sistema excretor no obstruido y dilatado, la lenta eliminación del trazador, puede ser acelerada aumentando el flujo urinario.

Para hacer el diagnóstico diferencial, durante la realización del renograma se administra furosemida¹⁸ de forma intravenosa, y se

observa si se producen modificaciones en la curva. La furosemida es un diurético que actúa a nivel de la porción ascendente del asa de Henle, bloqueando la reabsorción activa de cloro y sodio, y, por tanto, de agua; también limita la reabsorción de líquido a nivel del túbulo contorneado proximal. El resultado es un incremento importante en el volumen de orina producido. La acción de este diurético comienza 1-2 minutos tras su administración, alcanzando su máximo efecto a los 15 minutos. La dosis empleada es de 0,5-1 mg/Kg de peso, con una dosis máxima de 40 mg. Puede ser necesario administrar una dosis mayor en casos de fallo renal severo.

En las imágenes de los primeros minutos del renograma de una estenosis pieloureteral se observan áreas fotopénicas¹⁹, en el/los riñones afectados, que corresponden a los cálices y pelvis dilatados, rodeados de una banda captante, de grosor e intensidad variables; parénquima renal funcionante. Estas áreas fotopénicas o frías van adquiriendo actividad a lo largo de la exploración transformándose en áreas calientes, manteniéndose así hasta el fin de la misma, lo que indica retención del radiofármaco, y, por tanto, de orina. El efecto que conseguimos con la administración del diurético es el lavado del radiotrazador de estas zonas calientes, hecho que no se produce en caso de obstrucción verdadera (Figura 2).

Antes de comenzar la prueba, hay que decidir cuál es el momento ideal para la administración del diurético. Generalmente, se inyecta cuando la pelvis renal y el uréter alcanzan su máxima distensión. Esta máxima distensión pélvica, puede ocurrir a los 10-15 minutos, pero en la mayoría de los casos se produce algo más tarde, por lo que se admite como tiempo válido los 20 minutos tras la administración del radiotrazador, tiempo al que nos referiremos como F+20.

En los casos de gran dilatación calicial, si se administra el diurético de una forma demasiado precoz, puede suceder que el aumento de volumen de orina no provoque el vaciamiento pélvico por un efecto reservorio, obteniendo una curva de falta de respuesta al diurético lo que podría interpretarse como un falso diagnóstico de estenosis.

Para obviar errores en estos casos, se puede utilizar el sistema de la "doble dosis", que consiste en aplicar una nueva dosis de diurético transcurridos 15 minutos de la anterior, para aumentar más el flujo en sistemas muy grandes y especialmente en uréteres dilatados.

Otra posibilidad es la llamada "F-15", en la cual el diurético se inyecta 15 minutos antes que el radiotrazador, basándose en que la respuesta al diurético es máxima a los 15 minutos de su administración. Esta técnica se utiliza en los casos en que se quiere obtener una

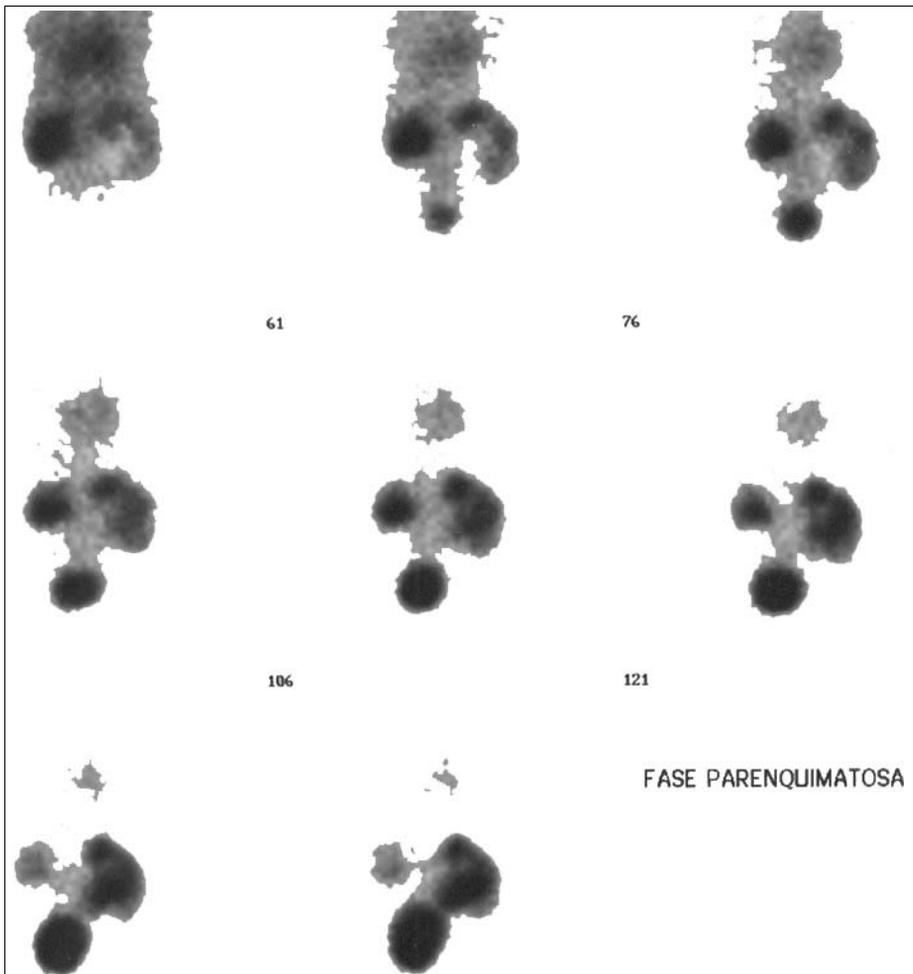


Figura 2. Riñón derecho aumentado de tamaño con dilatación pélvica que se rellena al final de la exploración.

máxima diuresis desde el principio del renograma. En estos casos, la curva habitual del renograma es sustituida sólo por la porción descendente (fase III). Es el método de elección en los casos en los que se conozca la obstrucción del tracto urinario antes de realizar el renograma, reduciéndose el porcentaje de resultados equívocos del F+20¹¹.

En ocasiones, en niños no sedados y con problemas de mantener la inmovilidad durante la exploración se puede recurrir a la inyección única y simultánea de furosemda y trazador: F-0.

La curva del renograma obstructivo se caracteriza por la no existencia de la tercera fase, siendo una curva ascendente durante el tiempo que dura la exploración (Figura 3).

Dejado a su evolución natural, el renograma de un riñón obstruido presenta un progresivo aplanamiento de la curva²¹, llegando en casos extremos a mostrar una morfología muy similar a la del área de fondo, lo que traduce un riñón no funcionante²².

También es importante la medición de la función renal en los minutos 1-3 del renograma, que nos indica el porcentaje de funcionamiento real de cada riñón, y el T1/2 de eliminación tras la administración del diurético²³, que se considera normal hasta 10 minutos, y patológico a partir de 20 minutos, siendo dudosos los tiempos intermedios.

La respuesta al diurético se suele clasificar en tres grupos ¹⁵:

I. dilatación sin obstrucción, II obstrucción y III respuesta equívoca. También puede realizarse la clasificación en función del porcentaje de radiofármaco retenido al término de la exploración.

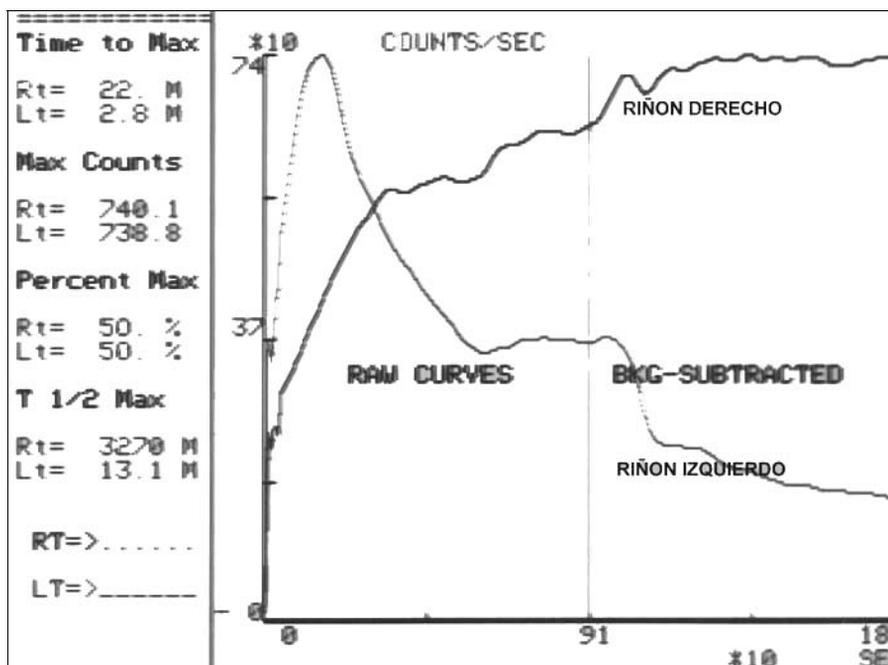


Figura 3. Riñón izquierdo normal; riñón derecho obstruido con ausencia de respuesta a la furosemida

- I. Respuesta no obstructiva (dilatación sin obstrucción): Antes de la administración del diurético, la curva es ascendente, característica de obstrucción, y tras la inyección de la furosemida se produce un brusco descenso, lo que se interpreta como estasis y no obstrucción. T1/2 inferior a 10 minutos o retención no superior al 30% (Figura 4).
- II. Respuesta obstructiva: La curva continúa siendo ascendente tras la administración del diurético o su descenso es mínimo. T1/2 superior a 20 minutos o retención superior al 50% (Figura 3). Antes de aceptar como conclusión definitiva una respuesta obstructiva, hay que considerar todas las situaciones que pueden producir un falso positivo, que además de las descritas para el renograma convencional, pueden ser las siguientes:
 - administración del diurético antes del momento de máxima distensión del sistema pielocalicial, por lo que la respuesta puede no reflejar la situación real.
 - dilataciones ureterales: en algunos pacientes, aún teniendo una dilatación pélvica, el punto de obstrucción se encuentra a nivel ureteral, que también puede estar dilatado. Si las regiones de interés para la obtención de las curvas del renograma son dibujadas sólo a nivel de parénquima y pelvis, existe la posibilidad de que al producirse el lavado en estas regiones, tras la administración del diurético, la morfología de la curva sea normal, no detectando el punto de obstrucción real.
 - obstrucción doble, a nivel de unión pielocalicial y ureterovesical, por lo que es posible no detectar la obstrucción a este último nivel, necesitando la realización de un nuevo renograma posterior a la cirugía de la unión ureteropélvica.
 - cuando existe un compromiso severo de la función renal (inferior al 20%)¹⁰, la respuesta a la furosemida, puede ser difícil de evaluar.
- III. Respuesta equívoca: no se produce vaciamiento brusco como en la anterior, consiguiéndose únicamente un discreto aplanaamiento o ligero descenso de la curva. T1/2 superior a 10 minutos e inferior a 20, o retención del 50% (Figura 5).

Debe establecerse si el resultado refleja una buena respuesta diurética con una obstrucción parcial o una respuesta diurética subóptima con un sistema no obstruido²⁴. Ésta última podría deberse a una dilatación masiva del sistema colector con buena respuesta diurética, pero con un lavado retrasado (Figura 6). Esto constituye una indicación primaria para la realización de un renograma diurético F-15.

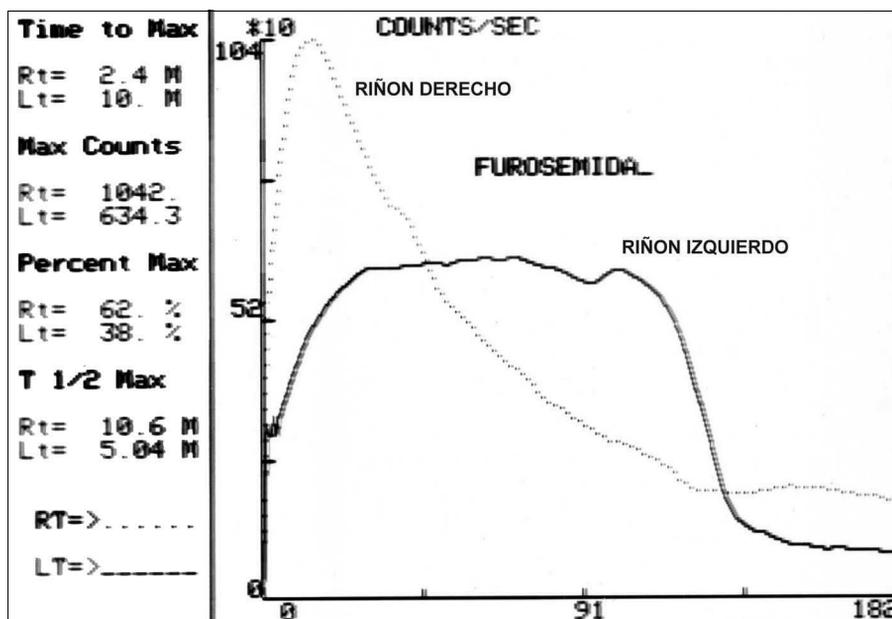


Figura 4. Riñón derecho normal; riñón izquierdo con respuesta adecuada a la furosemida.

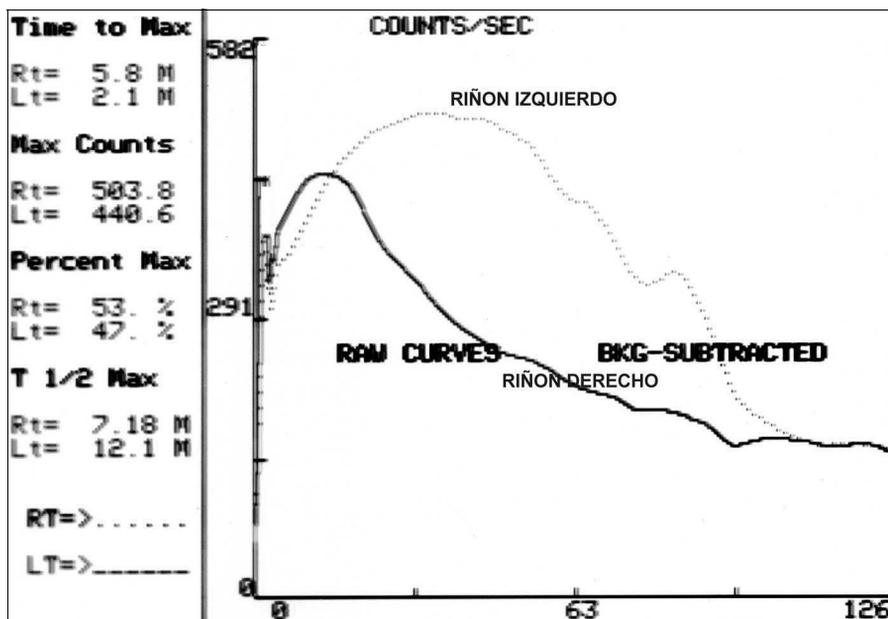


Figura 5. Riñón izquierdo normal; riñón derecho con respuesta retrasada a la furosemida.

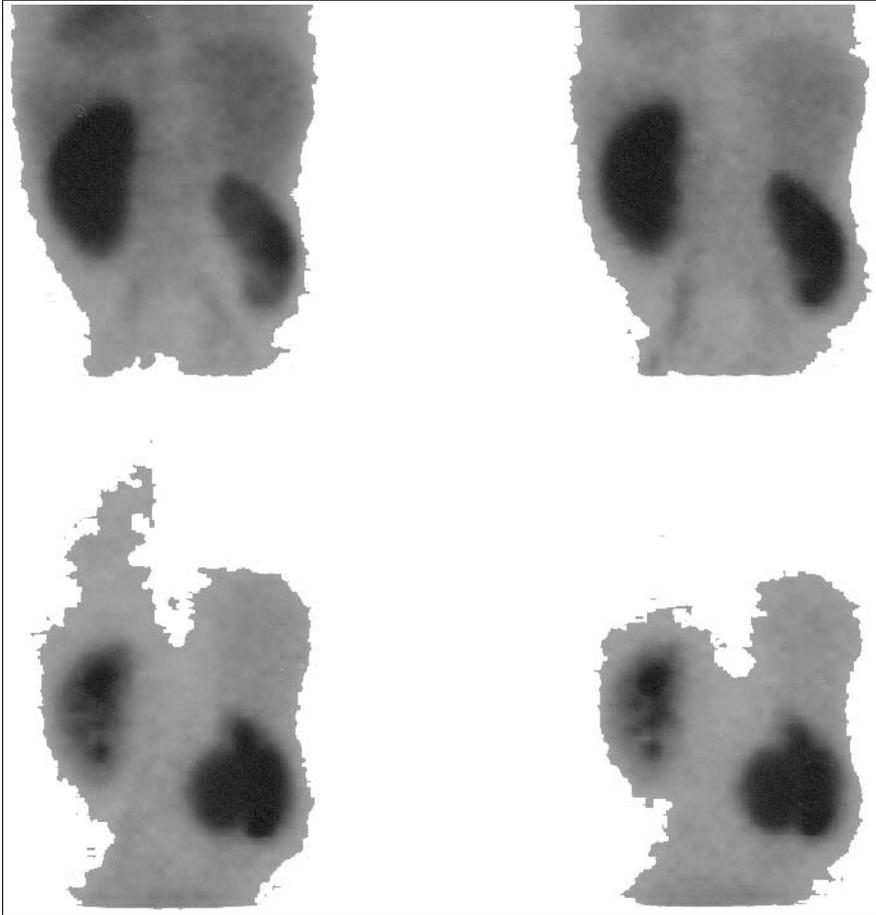


Figura 6. Riñón derecho no hidronefrótico con gran dilatación de pelvis y retraso en su eliminación.

Si la hidratación ha sido adecuada y el filtrado glomerular en ese riñón es superior a 16 ml/min, entonces la respuesta equívoca probablemente sea indicativa de una obstrucción parcial. En estos casos es aconsejable repetir el renograma a los 3-6 meses para comparar la función renal. Si la función permanece estable, puede no ser necesaria la intervención. Cuando el filtrado glomerular es inferior a 16 ml/min, probablemente el resultado equívoco sea debido a una respuesta subóptima al diurético. Un renograma F-15 puede ayudar, pero es improbable que aumente la diuresis cuando la función está a este nivel o por debajo.

Este resultado equívoco tampoco puede ser resuelto con la realización de renogramas posteriores, salvo que se produzca mejoría de la función renal, siendo necesario el uso de otras técnicas para clarificar la situación.

Se ha descrito otra situación, que se denomina “descompensación diferida”, en la cual se obtiene en un primer momento una curva obstructiva, en la que se produce un buen lavado inicial en respuesta al diurético, pero tras esto la curva se aplanada o incluso comienza a hacerse ascendente de nuevo. La explicación está en el constante incremento del flujo urinario inducido por el diurético, que alcanza su máximo a los 15 minutos post-inyección. Durante estas fases precoces, el flujo urinario es conducido través de la unión pieloureteral, hasta que llega un momento en que el sistema no es capaz de soportar el flujo, por lo que se produce una descompensación, con el consiguiente acúmulo que se traduce en un nuevo ascenso de la curva. Esta respuesta es indicativa de obstrucción intermitente.

Al interpretar esta curva, hay que descartar:

- Una segunda llegada del radiofármaco, que podría haber quedado atrapado en la vía y que pasaría a la circulación tras un movimiento del brazo o tras la infusión del diurético. Esto debe ser evitado lavando la vía con suero inmediatamente después la administración del trazador.
- Otra causa que puede producir este tipo de curva es la existencia de reflujo vésico-ureteral, que se evita con el vaciamiento de la vejiga inmediatamente antes de comenzar la prueba, y con la utilización de una sonda vesical.

Como valor predictivo evolutivo en riñones obstruidos, se puede realizar la curva actividad/tiempo tomando el área de interés sólo sobre la zona cortical. Cuanto más se aproxime a la normalidad esta curva, mejor pronóstico post-operatorio existe, ya que esto significa que la presión aumentada del sistema excretor no ha afectado de forma significativa al parénquima.

En pediatría, el renograma es una exploración especialmente útil por su mínima agresividad y la baja dosis de radiación que conlleva (Figura 7). El seguimiento ecográfico de los embarazos ha supuesto un notable incremento del número de dilataciones renales diagnosticadas prenatalmente, en las que es necesario confirmar o no el diagnóstico de uropatía obstructiva²⁵, por lo que cada vez se realizan más renogramas en neonatos.

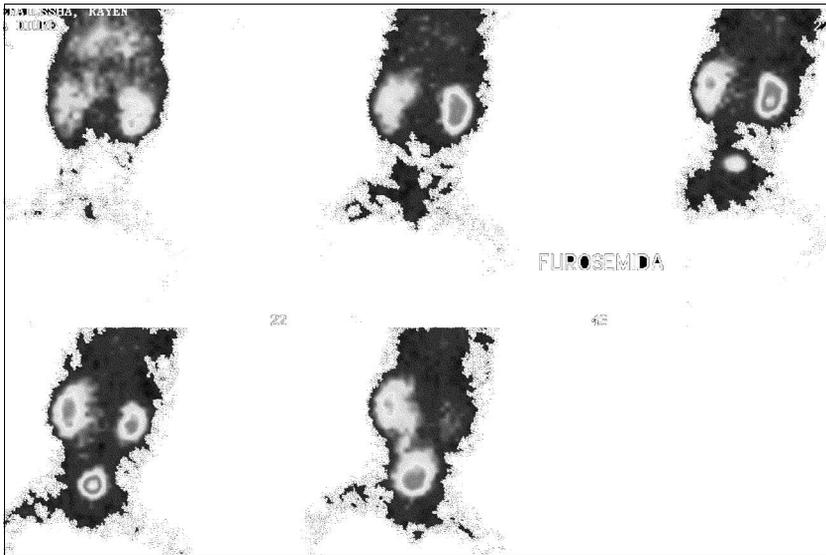


Figura 7. Respuesta insuficiente del riñón izquierdo a la furosemida, se observa el trayecto ureteral izquierdo.

La técnica es similar a la del adulto, exceptuando la dosis administrada que se calcula ajustándola al peso o superficie corporal del paciente, con una actividad mínima de 1,5 MBq/Kg para obtener imágenes de suficiente calidad, y que debe realizarse siempre en decúbito supino. Según los diferentes equipos de trabajo, se seda o no al paciente.

La respuesta al diurético es de dudosa interpretación hasta la 42 semana post-concepción, debido a la inmadurez renal (Figura 8), por lo que puede ser aconsejable un nuevo estudio 12-15 semanas después.

Por desgracia, en la interpretación del renograma diurético no existe acuerdo²⁶ en definir valores de normalidad y obstrucción, existiendo, por tanto, una gran cantidad de resultados equívocos. Esta situación puede ser compensada, en parte, teniendo cada grupo de trabajo sus propios criterios de normalidad.

GAMMAGRAFÍA RENAL

Las imágenes obtenidas durante el renograma pueden proporcionar información sobre la morfofunción renal, aunque ésta es una imagen

dinámica que varía a lo largo de la exploración. Una imagen estática: gammagrafía renal, bien planar o tomográfica (SPET)²⁷, aporta nuevos datos para valorar el estado y la morfología de ambos riñones.

El radiotrazador utilizado para realizar la gammagrafía es el ^{99m}Tc -DMSA (ácido dimercapto-succínico) que permite obtener imágenes estáticas a partir de las dos horas de su administración. La dosis administrada en niños es de 1,5-1,9 MBq/Kg y en adultos aproximadamente de 150 MBq. La dosis efectiva para el ^{99m}Tc -DMSA es de 0,0087 mSv/Bq, que en los órganos diana es de 0,17 mSv/Bq en riñones, 0,019 mSv/Bq en pared de vejiga y 0,0037 mSv/Bq en gónadas. El ^{99m}Tc -DMSA se fija en las células tubulares de las nefronas corticales y es posteriormente secretado a través de las mismas.

El análisis de las imágenes renales se realiza valorando forma, tamaño y situación de cada riñón, y muy especialmente, la distribución del material radiactivo en el mismo. En el caso de imágenes planares, en las que se utilizan las proyecciones posterior y oblicuas posteriores y anteriores, la imagen nos da información sobre el estado funcional

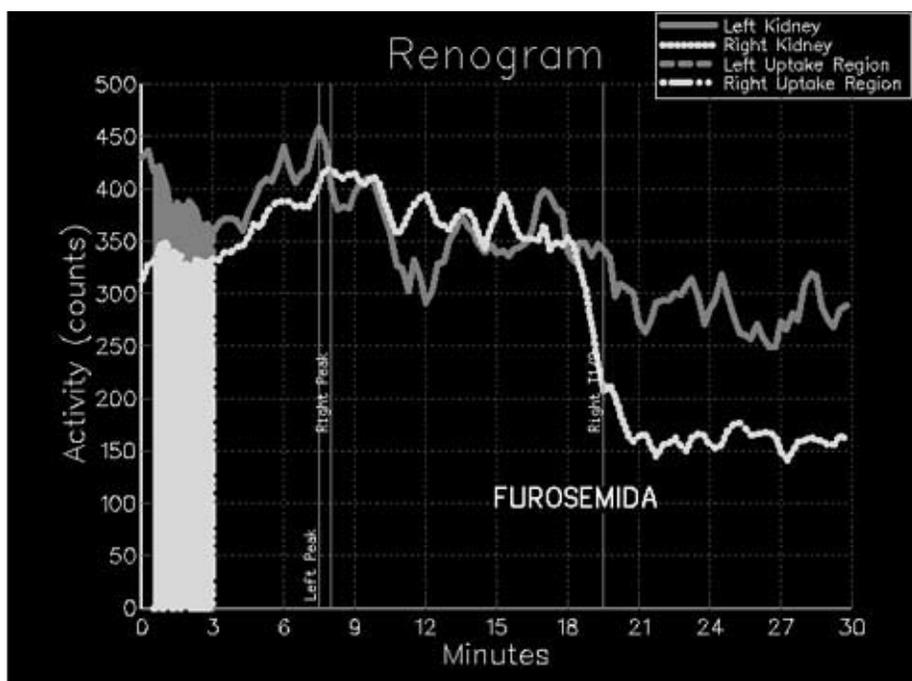


Figura 8. Curvas de neonato en las que se observa con gran dificultad las tres fases clásicas, con dudosa respuesta a la furosemida.

de la corteza renal. El porcentaje de captación es un parámetro de cuantificación de la función relativa de cada riñón, estando los rangos normales entre 45-55%.

La ventaja añadida de la realización de un SPET, es que a los datos anteriores se suma un mejor cálculo del tamaño y del volumen, y al poder visualizar corteza y médula en los distintos cortes, permite diferenciar patología cortical de medular, quistes, dilataciones o cicatrices post-pielonefriticas, incluso comparar tamaños de cálices y pelvis en sucesivas exploraciones.

En resumen, la aportación de las técnicas de Medicina Nuclear al estudio de la patología urológica, en general, y de la hidronefrosis, en particular, se puede considerar como de gran valor, puesto que con una muy escasa agresividad, obtenemos información funcional, tanto de diagnóstico, pronóstico y evolución, que no nos proporcionan otros métodos de imagen.

BIBLIOGRAFÍA

1. PIEPSZ A, ARNELLO F, TONDEUR M , HAM HR. Diuretic renography in children. *J Nucl Med* 1998; 39: 2-015-2.016.
2. YAGCI F, ERBAGCI A, SARICA K, PINAR T , ERYIGIT MO. The place of diuretic enhanced Doppler sonography in distinguishing between obstructive and non-obstructive hydronephrosis in children. *Scand J Urol Nephrol* 1999; 33: 382-385.
3. TESTA HJ. Estudios radioisotópicos en el diagnóstico de la uropatía obstructiva. *Rev Esp Med Nucl* 1999; 18: 214-224.**
4. HOUBEN CH, WISCHERMANN A, BORNER G , SLANY E. Outcome analysis of pyeloplasty in infants. *Pediatr Surg Int* 2000; 16: 189-193.
5. WOOLFSON RG, NEILD GH. The true clinical significance of renography in nephro-urology. *Eur J Nucl Med* 1997; 24(5): 557-570.
6. GORDON I. The value of renal scintigraphy during controlled diuresis. *Eur J Nucl Med* 1999; 26: 938-939.
7. LLORÉNS V, RODRÍGUEZ T, TOBALINA I, LLORÉNS L, GENOLLÁ J, RÍOS G et al. Radiotrazadores y método en nefrología nuclear. *Rev. Esp. Med. Nucl.* 1999; 18 (1): 57-68.
8. GONZÁLEZ-MATÉ A, JIMÉNEZ-VICIOSO A, CARRERAS JL. Medicina Nuclear. En: *Alta tecnología en urología y sus aplicaciones. Clínicas urológicas de la Complutense*. Madrid: Complutense; 1994: 205-225.**
9. ROLDÁN G, GONZÁLEZ-MATÉ A, PEÑA E. Medicina Nuclear en el trasplante renal. En: *Estado actual del trasplante renal. Clínicas urológicas de la Complutense*. Madrid: Servicio de publicaciones Universidad Complutense; 1999: 285-304.

10. MANDELL GA, COOPER JA, LEONARD JC, MAJD M, MILLER JH, PARISI MT et al. Procedure guideline for diuretic renography in children. *J Nucl Med* 1997; 38:1.647-1.650.*
11. BROWN S. Nuclear medicine in the clinical diagnosis and treatment of obstructive uropathy. En: Murray I, Ell P, eds. *Nuclear medicine in clinical diagnosis and treatment*. Edimburgo: Churchill Livingstone; 1998: 291-314.**
12. MANDELL GA, EGGELI F, GILDAY DL, HEYMAN S, LEONARD JC, MILLER JH et al. Procedure guideline for renal cortical scintigraphy in children. *J Nucl Med* 1997;38:1644-1646.*
13. WONG DC, ROSSLEIGH MA, FARNSWORTH RH. Diuretic renography with the addition of quantitative gravity-assisted drainage in infants and children. *J Nucl Med* 2000; 41: 1.030-1.036.
14. PENNINGTON DJ, ZERIN JM. Imaging of the urinary tract in children. *Pediatr Ann* 1999; 28: 678-686.*
15. THRALL JH, ZIESSMAN HA. Genitourinary system. En: Thrall JH, Ziessman HA, eds. *Nuclear Medicine. The requisites*. Boston: Mosby; 1995: 283-320.**
16. MERRICK MV, GRIFFIN TM. Evidence for a reflex provoking contraction of the renal pelvis (with some comments on its clinical implications). *Eur J Nucl Med* 1994 Jun; 21(6): 521-524.
17. TAYLOR A. Radionuclide renography: a personal approach. *Semin Nucl Med* 1999; 29 (2): 102-127.
18. FINE EJ. Interventions in renal scintigraphy. *Semin Nucl Med* 1999; 29: 128-145.**
20. TREVES ST, MADJ M, KURUC A, PACKARD AB Y HARMON W. KIDNEYS. En: Treves ST, ed. *Pediatric nuclear medicine*. Nueva York: Springer-Verlag; 1995:339-399.**
21. WONG DC, ROSSLEIGH MA, FARNSWORTH RH. F+0 diuresis renography in infants and children. *J Nucl Med* 1999; 40: 1.805-1.811.*
22. STEINER D, STEISS JO, KLETT R, MILLER J, BAUER R, WEIDNER W et al. The value of renal scintigraphy during controlled diuresis in children with hydronephrosis. *Eur J Nucl Med* 1999; 26: 18-21.*
23. VAN DE WIELE C, DE SADELEER C, KOOLE M, D'ASSELER Y, EVERAERT K, Dierckx RA. Optimizing background correction when calculating differential renal function in the presence of hydroureteronephrosis using ⁹⁹Tc(m)-DTPA. *Nucl Med Commun* 1998; 19 (3): 251-255.
24. CONNOLLY LP, ZURAKOWSKI D, PETERS CA, DICANZIO J, EPHRAIM P, PALTIEL HJ et al. Variability of diuresis renography interpretation due to method of post-diuretic renal pelvic clearance half-time determination. *J Urol* 2000; 164: 467-471.
25. O'REILLY P, AURELL M, BRITTON K, KLETTER K, ROSENTHAL L, TESTA T. Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract. Radionuclides in nephrourology group. Consensus Committee on diuresis renography. *J Nucl Med* 1996; 37 (11): 1.872-1.876.

26. SAUNDERS CA, CHOONG KK, LARCOS G, FARLOW D, GRUENEWALD SM. Assessment of pediatric hydronephrosis using output efficiency. *J Nucl Med* 1997; 38 (9): 1.483-1.486.
27. PRIGENT A, COSGRIFF P, GATES GF, GRANERUS G, FINE EJ, ITOH K, et al. Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: International Consensus Committee from the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology. *Semin Nucl Med* 1999; 29 (2): 146-159.**
28. GROSHAR D, WALD M, MOSKOVITZ B, ISSAQ E, NATIV O. Quantitative SPET of ^{99m}Tc-DMSA uptake in kidneys of infants with unilateral ureteropelvic junction obstruction: assessment of structural and functional abnormalities. *J Nucl Med* 1999; 40 (7): 1.111-1.115.