

Técnicas de imagen en el estudio de las enfermedades nefrológicas

José Carmelo Albillos Merino⁽¹⁾, Jorge Cardona Arboniés⁽²⁾, Mercedes Mitjavila⁽²⁾, Adoración Granados Molina⁽³⁾, Mar Espino Hernández⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Radiodiagnóstico. Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

⁽²⁾ Medicina Nuclear. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda

⁽³⁾ Nefrología pediátrica. Hospital Universitario Infanta Elena. Valdemoro

⁽⁴⁾ Nefrología pediátrica. Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Albillos Merino JC, Cardona Arboniés J, Mitjavila M, Granados Molina A, Espino Hernández M. Técnicas de imagen en el estudio de las enfermedades nefrológicas. *Protoc diagn ter pediatr.* 2022;1:271-301.



RESUMEN

Las técnicas de imagen han experimentado un gran avance en los últimos años, sobre todo en la resolución que alcanza la ecografía, herramienta fundamental para el diagnóstico de la patología nefrourológica pediátrica. En este capítulo se exponen las características de las pruebas de imagen para el estudio de las enfermedades nefrológicas: radiología simple de abdomen, con escasas indicaciones en el momento actual; ecografía, la prueba más utilizada y más útil; cistouretrografía miccional seriada, reservada para alteraciones de vejiga y uretra, ya que se está sustituyendo por la ecocistografía; la urografía intravenosa, prácticamente en desuso; la tomografía axial computarizada (TAC), utilizada para determinar anatomía compleja de malformaciones, al igual que la resonancia magnética (RM), que administra menos radiación aunque requiere sedación; la arteriografía para diagnóstico y tratamiento de malformación de arteria renal. Igualmente, se exponen las pruebas de medicina nuclear: gammagrafía renal, patrón oro de la pielonefritis aguda y cicatrices crónicas; el renograma diurético, prueba dinámica para valorar la obstrucción del tracto urinario, así como la cistografía miccional indirecta, como fase final de un renograma diurético, o la directa, mediante sondaje vesical. A pesar de que no existe un acuerdo en el estudio del tracto urinario en los pacientes con infección urinaria, diagnóstico prenatal de dilatación del tracto urinario y anomalías congénitas del tracto urinario, se analizan los beneficios obtenidos con cada prueba. Se mencionan las pruebas específicas para la patología glomerular, control ecográfico para la biopsia renal; pruebas para el estudio, diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial y pacientes con trasplante renal.

Palabras clave: ecografía, pruebas de imagen, infección urinaria, dilatación del tracto urinario, gammagrafía, renograma diurético.

Imaging techniques in the study of nephrological diseases

ABSTRACT

The development of diagnostic imaging techniques has been substantial in recent years and its consequences are especially evident in the improvement of ultrasonography and its image resolution, which is an essential tool for the diagnosis of paediatric nephrourologic pathology. In this chapter the characteristics of the available medical imaging modalities for the study of nephrologic disorders are discussed: radiography, nowadays rarely indicated; ultrasound, which is the most useful and most commonly used test today; voiding cystourethrography, which evaluates bladder and urethral alterations; CT and MRI, both used for evaluation of complex malformations, the latter having the advantage of not using ionising-radiation, although it usually requires sedation; and arteriography for the diagnosis and treatment of renal artery malformations. Furthermore, nuclear imaging techniques are also discussed: renal scintigraphy, which is the gold-standard for detection of acute pyelonephritis and chronic kidney scarring; diuretic renogram, a dynamic test to evaluate urinary tract obstruction, and radionuclide voiding cystography, either indirect (the final phase of a diuretic renogram) or direct (by means of urinary catheterisation). Even though there is no actual consensus concerning the study of the urinary tract in patients with urinary tract infection, prenatal diagnosis of urinary tract dilation or congenital anomalies of kidney and urinary tract, the benefits obtained with each test are analysed. Specific tests for glomerular pathology (such as ultrasound-guided kidney biopsy), for the diagnosis and management of arterial hypertension and for kidney transplant patients are also mentioned.

Key words: ultrasound, kidney imaging techniques, urinary tract infection, urinary tract dilation, renal scintigraphy, diuretic renogram.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de diagnóstico por imagen vienen experimentando en los últimos años un desarrollo lento, pero sostenido, que hace que se haya mejorado significativamente su capacidad para detectar patologías, a la vez que se intentan disminuir sus efectos adversos, especialmente la exposición a radiaciones ionizantes. Esto significa que, manteniéndose la ecografía como la prueba más útil y empleada, hay una tendencia a la sustitución de las pruebas que emplean radiaciones ionizantes, como

la radiografía simple (RX), la urografía intravenosa (UIV) y la cistouretrografía miccional seriada (CUMS) por pruebas que, proporcionando información equivalente o mejor, no presentan riesgo por radiación, como es el caso de la ecocistografía, la ecouretrografía y los estudios de resonancia magnética (RM). La falta en algunos centros, especialmente los no dedicados específicamente a la Pediatría, de disponibilidad de estas pruebas, así como la necesidad de entrenamiento específico para algunas de ellas hace, no obstante, que sigan utilizándose los estudios radiológicos convencionales. La

tomografía computarizada (TC), a pesar de suponer exposición a radiación, puede en muchos casos proporcionar información muy valiosa que haga aconsejable su uso. Las pruebas de medicina nuclear, por último, siguen siendo insustituibles para la valoración funcional renal y de la vía urinaria. Los protocolos para el estudio de las enfermedades nefrourológicas tienen en cuenta todas las técnicas que se describen a continuación. No obstante, la disponibilidad de estas y la experiencia de cada centro también han de tenerse en consideración a la hora de elegir cuál es el más adecuado en cada caso.

2. PRINCIPALES TÉCNICAS RADIOLÓGICAS. GENERALIDADES

2.1. Radiografía simple de abdomen

Su utilización actual es para la detección y seguimiento de calcificaciones renales y de la vía urinaria, especialmente de las litiasis en zonas donde la ecografía no puede visualizarlas (uréter). La limitada información que proporciona y el riesgo asociado a las radiaciones ionizantes hace que no se recomiende en otras indicaciones.

2.2. Ecografía

La ecografía, por su disponibilidad, inocuidad y su coste reducido es la exploración de elección para la mayor parte de las patologías nefrourológicas, incluso en la fase intrauterina. La resolución anatómica de los equipos actuales y las técnicas ecográficas avanzadas nos proporcionan herramientas que permiten valorar adecuadamente el sistema urinario en tiempo real.

La utilidad principal de la ecografía es la valoración anatómica. El tamaño o volumen renal,

la presencia de malformaciones o variantes anatómicas, la valoración de la corteza y de la médula renal, la presencia de lesiones focales y litiasis, la existencia de dilatación de la vía y la valoración de la vejiga y los órganos pélvicos son, entre otros, los objetivos de la exploración ecográfica.

Adicionalmente, el uso de determinadas técnicas ecográficas aumenta su capacidad diagnóstica:

- **Ecografía Doppler renal.** Permite valorar los vasos y ramas principales tanto arteriales como venosas y las características de su flujo; de gran utilidad en las sospechas de trombosis arterial o venosa, estenosis arteriales, valoración de trasplantes, etc. La obtención del espectro de flujo permite obtener información cuantitativa de los parámetros hemodinámicos (velocidades, índices de resistencia y de pulsatilidad, tiempo de aceleración, etc.) La técnica de power-Doppler permite una mejor valoración de los vasos de menor calibre, aunque sin información de la dirección del flujo.
- **Ecografía con valoración de flujo en modo B.** Sin la utilización de la señal Doppler (y los dispositivos asociados a la misma, fundamentalmente en pacientes poco colaboradores), permite estudiar la macro- y, sobre todo, la microvascularización, lo que permite obtener información de vascularización tisular y proporciona también información adicional para el estudio de tumores sólidos o áreas inflamatorias (nefronías/abscesos).
- **Ecocistografía**, para valoración del reflujo vesicoureteral, como alternativa a la CUMS radiológica. Se realiza tras el sondaje vesical

y la instilación de suero mezclado con contraste ecográfico (burbujas de hexafluoruro de azufre). Se estudian en tiempo real y durante al menos dos ciclos miccionales los riñones, valorando la llegada a los sistemas pielocaliciales del contraste, visualizado como burbujas hiperecogénicas, y el grado de dilatación alcanzado cuando este existe.

- **Ecouretrografía**, que valora la uretra por vía transperineal durante la micción, como alternativa también a la uretrografía radiológica. La visualización mejora significativamente mediante el uso de contraste ecográfico (habitualmente tras la ecocistografía). Las imágenes en 3D permiten obtener más información de la morfología de la uretra y la unión vesicouretral.

Es necesario destacar que actualmente en España no está autorizado en ficha técnica el uso del contraste ecográfico por vía intravascular en <18 años, a pesar de que se cree que puede tener, al igual que en adultos, gran utilidad en la caracterización de lesiones y en la mejora del estudio de la microvascularización, así como potencial para disminuir exploraciones más complejas o con uso de radiaciones ionizantes.

2.3. Cistouretrografía miccional seriada

Tradicionalmente se ha utilizado para la valoración de la anatomía de la vía urinaria y la detección de reflujo vesicoureteral. La tendencia es sustituirla por la ecocistografía, aunque esta no está universalmente extendida y requiere mayor entrenamiento para su realización. La utilización de técnicas de escopia pulsada de baja dosis y una mejoría en los detectores digitales hace que haya disminuido significativamente la dosis necesaria para su realización.

2.4. Urografía intravenosa

Su uso actualmente es casi testimonial, ya que sus indicaciones, fundamentalmente en el estudio de las litiasis y de la anatomía y patología de la vía urinaria están solapadas con otros métodos, ya sean ecografía, uro-TC o uro-RM, que además proporcionan mejor información sobre los órganos adyacentes.

2.5. Tomografía computarizada

La tomografía computarizada (TC) proporciona una detallada información del sistema urinario, gracias a la utilización de diferentes protocolos de estudio. Tiene una alta resolución espacial con los equipos actuales y permite la realización de reconstrucciones multiplanares y volumétricas que mejoran su capacidad diagnóstica. El empleo de protocolos de baja dosis y de reconstrucción iterativa de las imágenes en los equipos más modernos hace que el riesgo derivado de las radiaciones se minimice, lo que no implica que haya que seguir haciendo un uso juicioso de las indicaciones.

Los estudios pueden realizarse con o sin empleo de contrastes yodados por vía IV (CIV) y con diferentes protocolos.

- **TC sin contraste de baja dosis**. Para valoración fundamentalmente de calcificaciones y litiasis (incluso las de baja atenuación o muy pequeño tamaño, no visualizadas en la RX simple).
- **TC convencional**, habitualmente con CIV, para obtener información anatómica muy detallada y valoración de la captación del parénquima y de las lesiones focales.

- **Uro-TC**, que incluye también una fase excretora tardía para valorar la vía urinaria.
- **Angio-TC**, que permite realizar estudios de la vascularización renal con resolución que puede llegar a 0,5 mm.
- **Uro-RM**, con contraste para valoración de la vía. Mediante las secuencias actuales pueden realizarse adquisiciones sucesivas que permiten una valoración de la captación renal y de la excreción de contraste en múltiples fases a lo largo del tiempo.

Los contrastes yodados intravenosos (tanto para la realización de urografías, como de TC con contraste o de arteriografías) han de utilizarse con precaución (o no podrán ser utilizados) en caso de alergia o de insuficiencia renal. En niños son raras las reacciones alérgicas a los contrastes IV pero, cuando se detecten, deben ser evaluadas por el alergólogo por si es necesaria la administración de premedicación con corticoides antes de su administración o si se desaconseja su uso. En el caso de insuficiencia renal, hay que prevenir la nefropatía por contrastes yodados mediante hidratación adecuada en casos de aclaramientos de creatinina $<50 \text{ ml/min/1,73 m}^2$, y se desaconseja su uso en aclaramientos $<30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$.

2.6. Resonancia magnética

La resonancia magnética (RM) nos permite obtener, sin el uso de radiación ionizante, imágenes de todos los órganos abdominales y pélvicos. Su detalle anatómico es alto, aunque la resolución espacial es menor que la que se obtiene con los TC más modernos. Tiene como desventajas la larga duración de los estudios, que condiciona la necesidad de sedación para pacientes de corta edad, y que los contrastes utilizados, que contienen gadolinio, no han demostrado su inocuidad en <2 años, por lo que no está autorizado su uso. Con la RM podemos realizar estudios de:

- **RM convencional**, para valoración anatómica, sin y con contraste.

- **Angio-RM**, con contraste para valoración vascular.

El uso de contrastes IV para RM (basados en compuestos de gadolinio) está limitado, por una parte, por la edad, ya que no está autorizado su uso en <2 años y, por otra parte, por la función renal, ya que no se aconseja su administración con aclaramientos de creatinina $<30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ por el riesgo de padecer fibrosis sistémica nefrogénica. Este riesgo es mucho menor con los contrastes con gadolinio de estructura macrocíclica, que en la actualidad son los únicos autorizados en la Unión Europea tras la retirada de los de estructura lineal. Las alergias a los contrastes basados en gadolinio son excepcionales en niños.

2.7. Arteriografía

Aunque su uso meramente diagnóstico prácticamente ya no está vigente, es de elección fundamentalmente en dos situaciones: cuando hay necesidad de realizar tomas selectivas de renina en pacientes con HTA grave y como guía para angioplastia en estenosis de arterias renales.

2.8. Procedimientos intervencionistas guiados por imagen

Mediante ecografía, TC, radioscopia o de forma combinada, podemos controlar la realización de determinados procedimientos invasivos diagnósticos o terapéuticos:

- Punciones con aguja fina o biopsias con aguja gruesa de lesiones renales, retroperitoneales o de otras localizaciones.
- Nefrostomías, catéteres doble-J, etc.
- Drenaje de colecciones o abscesos.

3. TÉCNICAS DE MEDICINA NUCLEAR. GENERALIDADES

3.1. Gammagrafía renal

La gammagrafía renal se realiza con el ácido dimercaptosuccínico (DMSA) marcado con ^{99m}Tc , que tras su administración intravenosa se incorpora a las células del túbulo contorneado proximal desde los vasos peritubulares y permanece localizado en el córtex. Tras su administración, hasta un 90% se liga a proteínas plasmáticas, por lo que solo una pequeña fracción del DMSA es filtrada y la reabsorción es prácticamente nula. La elevada concentración de DMSA en la corteza renal permite objetivar las alteraciones en el parénquima, así como las alteraciones en la forma y la situación renal. La estrecha correlación que existe entre el aclaramiento de creatinina y la captación tubular absoluta de la dosis administrada permite utilizar este estudio para la valoración de la función renal.

El DMSA se administra por vía endovenosa a una dosis de 1,85 MBq/kg hasta un máximo de 111 MBq (mínimo 18 MBq 0,49 mCi), asegurando una buena hidratación del paciente. La dosis efectiva estimada es de 1 mSv. La adquisición de las imágenes se realiza a las 2-4 horas tras la inyección, y en ocasiones pueden obtenerse imágenes a las 24 horas si se sospecha patolo-

gía obstructiva o una función renal deficiente. Habitualmente se obtienen las proyecciones posterior y las dos oblicuas posteriores, y solo ocasionalmente (riñón en herradura, riñón ectópico pélvico...) se obtiene la proyección anterior. Las guías europeas recomiendan en caso de niños mayores y cooperativos adquisiciones de al menos 300 000-500 000 cuentas (o 600 segundos) para la imagen posterior y al menos 350 000 para las oblicuas posteriores. Para niños pequeños o menos cooperantes puede reducirse a 250 000 y 200 000, respectivamente. La realización de SPECT/TC puede ser útil en casos de ectopia renal y piedras renales. Para obtener la función renal diferencial se dibujan áreas de interés sobre los riñones y áreas de fondo perirrenales. Los valores normales de función diferencial renal están en 45-55%.

En condiciones normales, la captación parenquimatosa renal de DMSA es homogénea y simétrica. Las pirámides y los sistemas colectores no captan DMSA, por lo que aparecen como defectos de captación centrales. El polo superior de riñón izquierdo (en su borde anterolateral) puede aparecer aplanado debido a la impronta esplénica.

Las indicaciones de la gammagrafía renal son:

- **Malformaciones congénitas:** ectopia, riñón en herradura, riñón multiquistico, poliquistosis renal, agenesia renal, riñones supernumerarios...
- **Pielonefritis aguda:** se manifiesta en forma de una o varias áreas de ausencia/disminución de captación, que suele localizarse en polos superiores o puede afectar a todo el parénquima renal, sin que se observe pérdida de volumen. La captación disminuida de

DMSA se debe a la respuesta inflamatoria local, que da lugar a un compromiso vascular y a edema intersticial, que impide una correcta incorporación del radiotrazador.

- **Pielonefritis crónica o cicatriz renal:** a partir de una lesión aguda puede aparecer una fibrosis progresiva, que retrae la corteza hacia la papila renal, dando lugar a una cicatriz cortical. El tejido fibroso no capta el radiotrazador y la cicatriz queda representada en la imagen gammagráfica como una zona no captante de límites bien definidos, de morfología triangular con base externa.
- **Nefropatía por reflujo o riñones cicatriciales o displásicos:** se observa un riñón pequeño con afectación difusa de todo el parénquima.
- **Lesiones ocupantes de espacio:** diferencia tejido renal funcionante con morfología pseudotumoral de otro tipo de lesiones (quistes, abscesos...).
- **Enfermedad vasculorrenal:** la estenosis de la arteria renal implica una disminución del tamaño y del depósito del radiotrazador que se pone más de manifiesto realizando el estudio tras la administración de inhibidores de la ECA.

3.2. Renograma

Para realizar un renograma se utilizan radiotrazadores glomerulares ^{99m}Tc -ácido dietilentriaminopentacético (DTPA) o tubulares, ^{99m}Tc -mercapto-acetil-triglicina (MAG3). El MAG3 es actualmente el radiotrazador de elección para la realización del renograma. Se une a proteínas plasmáticas en un 90% y es secretado activamente por el túbulo renal, principalmen-

te en la porción ascendente gruesa del asa de Henle, aproximadamente en la misma zona donde la furosemida hace su efecto, con una extracción plasmática renal del 54% constante, que le hace especialmente adecuado para el estudio de la función renal. El DTPA se utiliza para el estudio del riñón trasplantado, en el cual interesa más la valoración de la perfusión y del filtrado glomerular. No hay una dosis recomendada establecida, con un mínimo desde los 15 MBq a los 37 MBq. Tras la administración del radiotrazador vía endovenosa en bolo y bajo la gammacámara, se obtienen imágenes secuenciales (fase vascular de 60 imágenes de 1 s, parenquimatosa de 24 imágenes de 5 s y excretora de 54 imágenes de 30 s) y curvas funcionales, y se realiza un análisis de la perfusión renal, valoración de la extracción de la circulación del radiotrazador por el parénquima renal y de su eliminación a la vía excretora. La dosis efectiva recibida es, para el MAG3, 0,20-0,38 mSv, y para el DTPA, 0,54-0,82 mSv.

Para el estudio de la uropatía obstructiva se realiza el renograma con estímulo diurético (furosemida). El renograma diurético permite diferenciar de forma no invasiva una obstrucción de una dilatación sin obstrucción, mediante la valoración de los cambios inducidos por la administración endovenosa de un diurético en la eliminación del radiotrazador. La furosemida produce en pocos minutos un gran incremento del flujo de orina, consiguiendo en poco tiempo una gran sobrecarga del sistema colector renal que ayudará a la diferenciación entre dilatación con o sin obstrucción. Las dosis recomendadas de furosemida son de 1 mg/kg en niños <1 año y de 0,5 mg/kg en >1 año (dosis máxima de 20 mg). El momento de administrar el estímulo diurético durante la exploración es motivo de controversia; 15 minutos antes de la adminis-

tracción del radiotrazador (F-15), a la vez (F0) o 20 minutos después (F+20). No existe evidencia que demuestre que uno de los tiempos es claramente mejor que los otros. El F 0 resulta de utilidad principalmente en niños, en los que la canalización venosa resulta dificultosa y supone una menor duración del procedimiento respecto al F+20. Las circunstancias que influyen principalmente en la respuesta a la furosemida del riñón son la función renal y el volumen del sistema colector. Una función renal muy disminuida o una vía excretora muy dilatada pueden producir resultados falsamente positivos para obstrucción.

El renograma diurético representa un papel relevante en el estudio de la repercusión funcional de cualquier causa de obstrucción o dilatación de la vía excretora, permitiendo el estudio del parénquima renal y de su capacidad funcional. En el seguimiento de los pacientes con hidronefrosis idiopática permite determinar si su comportamiento es de obstrucción o no, así como cuánto funciona ese riñón, condicionando la toma de decisión quirúrgica. Permite realizar el seguimiento del resultado de una intervención, valorando la persistencia o no de obstrucción y la función renal relativa. Para la realización de la prueba el paciente debe estar bien hidratado, ya que de lo contrario podrían obtenerse resultados falsamente positivos para obstrucción. Los parámetros de adquisición del estudio deben estar estandarizados y deben realizarse siempre de la misma manera, para conseguir que los resultados sean lo más reproducibles posibles. Las imágenes obtenidas y curvas funcionales deben valorarse desde un punto de vista cualitativo, *de visu*, y cuantitativo.

Para valorar el origen vascularrenal de la hipertensión se utiliza el renograma, previa adminis-

tración de inhibidores de la enzima convertora de angiotensina (IECA: captopril). El fundamento fisiopatológico de los estudios gammagráficos con IECA está basado en que cuando la perfusión está comprometida como consecuencia de la estenosis de una arteria renal, se activa el sistema renina-angiotensina-aldosterona, produciéndose un aumento de la presión arterial sistémica, dilatación de las arteriolas preglomerulares, vasoconstricción posglomerular y posiblemente otros mecanismos que ayudan a mantener la filtración glomerular. La inhibición de la enzima convertidora mediante IECA, al interferir la formación de angiotensina II, produce una dilatación de las arteriolas posglomerulares lo que lleva a alteraciones en el balance entre presión y flujo requeridos para una óptima regulación de la filtración glomerular, produciendo una drástica disminución o incluso anulación de este. Ello da lugar a que, si administramos IECA a pacientes con hipertensión vascularrenal bilateral o con un único riñón estenótico, pueda producirse una insuficiencia renal como consecuencia de una caída de la tasa de filtración glomerular. Esto da como resultado, a su vez, una disminución en la captación de radiotrazadores glomerulares (^{99m}Tc -DTPA) en los estudios gammagráficos, así como una disminución de los valores de función renal unilateral. También se ha podido comprobar que, aunque el flujo sanguíneo al riñón isquémico no se reduce de manera significativa después de la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina, sí que disminuye el flujo de orina como consecuencia de la caída de la tasa de filtración glomerular, produciendo un aumento de la retención cortical de los radiofármacos de secreción tubular con aumento del tiempo de tránsito de estos (^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DMSA). La conferencia de consenso de la utilización del renograma con IECA para la detección de hipertensión vascular

lorrenal, así como otros estudios de análisis de coste, establecen que para ser costoeficiente el test debe ser utilizado en pacientes con un riesgo moderado o alto de hipertensión vasculorrenal. Se realiza en primer lugar el renograma tras IECA; cuando este es normal, el test es considerado negativo para hipertensión vasculorrenal y no es necesario realizar el estudio basal. Si el resultado es anormal o equívoco, se realiza un renograma basal para mejorar la especificidad del test uno o varios días después.

3.3. Cistogammagrafía

Existen dos modalidades de realización de este procedimiento dependiendo de si el radiotrazador se introduce directamente en vejiga mediante una sonda (cistogammagrafía directa, CD) o se administra vía endovenosa (cistogammagrafía indirecta, CI). Ambas técnicas, dadas las características de alta sensibilidad y baja radiación, son un método ideal para realizar a población pediátrica. Sin embargo, debido a la falta de información anatómica y definición del grado de reflujo vesicoureteral (RVU) se emplea fundamentalmente en el seguimiento de pacientes portadores de RVU o en evaluación de la eficacia del tratamiento, evaluación de hermanos de niños con RVU y en situaciones clínicas donde existe una alta sospecha de RVU y la cistouretrografía miccional (CUMS) seriada ha sido negativa.

3.3.1. Cistogammagrafía directa

Se basa en la observación continua de las fases de llenado y vaciado vesical tras la instilación del radiotrazador directamente en vejiga a través de un catéter. Se utiliza preferiblemente un coloi-
de o DTPA marcados con ^{99m}Tc , a una dosis de 18,8-37 MBq, que se introduce en la vejiga vía

catéter. Posteriormente se rellena la vejiga con suero fisiológico a temperatura corporal hasta su capacidad máxima (volumen de llenado = 10 cc/kg) de forma lenta. A continuación, se registra la fase miccional espontánea y se obtiene también imagen posmiccional. Se realiza un análisis visual de todas las imágenes secuenciales registradas, revisándose en modo cine, y se obtienen curvas de actividad/tiempo a partir de regiones de interés en uréteres. Se debe valorar la presencia de actividad en tracto urinario, que indicaría la presencia de RVU, si el RVU se produce en fase de llenado o de vaciado, volumen vesical al que aparece el RVU, carácter uni- o bilateral, y valorar la intensidad del RVU (leve, I de la CUMS; moderado, II-III de la CUMS, y grave, IV-V de la CUMS).

3.3.2. Cistogammagrafía indirecta

Tras la realización del renograma hay que esperar al llenado vesical de forma fisiológica hasta que el paciente experimente la necesidad de orinar, momento en el que se inician las imágenes de la CI, cuyo registro termina al finalizar la micción, que se realiza en un recipiente. Es necesaria la colaboración del paciente (debe controlar esfínteres), lo cual excluye su realización en la mayoría de los niños <3 años. La CI es, por tanto, un complemento del renograma. Como el llenado vesical es incompleto, la sensibilidad es menor que con la técnica directa, pero puede ser suficiente para el control del RVU.

4. TÉCNICAS DE IMAGEN EN EL ESTUDIO DE LA INFECCIÓN URINARIA

No hay un acuerdo universal sobre cuál es el mejor protocolo de estudio del tracto urinario en los pacientes que han tenido una infección urinaria. La relación entre infección urinaria,

reflujo vesicoureteral y cicatriz renal es compleja. En los últimos años se ha comprobado que el reflujo no tiene un papel tan importante como se pensaba en la génesis de las cicatrices renales y la mayoría de las cicatrices extensas corresponde a displasia renal producida por el efecto del reflujo vesicoureteral sobre el parénquima renal en el desarrollo; y, además, los reflujos de bajo grado tienden espontáneamente a la corrección.

Por otra parte, tampoco existe una evidencia clara del papel protector de la profilaxis antibiótica frente a las infecciones urinarias recurrentes en pacientes con reflujo vesicoureteral. Los últimos resultados publicados del estudio RIVUR prueban la eficacia de dicha profilaxis antibiótica para reducir el riesgo de infecciones en niños con reflujo vesicoureteral, aunque no hay diferencia significativa en el desarrollo de nuevas cicatrices. Sin embargo, hay autores que cuestionan el significado clínico de estos resultados.

El factor edad también debe ser tenido en cuenta. La mayoría de las guías hacen distinción por edad a la hora de plantear los estudios de imagen a realizar y son más cautelosos cuanto más pequeño es el niño. Además, el neonato requiere especial consideración por la mayor incidencia de anomalías urinarias asociadas, principalmente reflujo vesicoureteral. Existe la creencia de que el niño pequeño es más susceptible al desarrollo de daño renal parenquimatoso tras una infección de orina, aunque hay estudios que lo contradicen, demostrando que el riesgo de cicatrices no disminuye en niños más mayores.

Si nos basamos en todas estas premisas, el objetivo del estudio del tracto urinario en los

pacientes que han padecido una infección urinaria sería detectar los pacientes que tienen un riesgo aumentado de padecer infecciones de repetición, no solo por la posibilidad de producir daño renal, que no está clara, sino por la repercusión que tiene sobre la calidad de vida de estos niños y sus familias.

Por otro lado, buscaremos diagnosticar a los niños con daño renal parenquimatoso producido por esta primera infección o por patología previa, ya que estos serán pacientes de riesgo nefrológico y las pruebas de imagen nos ayudarán en su seguimiento.

La prueba inicial siempre será la ecografía. Posteriormente existen dos enfoques distintos: el llamado “de abajo hacia arriba” (*bottom-up*) que considera la CUMS/ecocistografía primero y, si es positiva, la gammagrafía-DMSA o el llamado “de arriba hacia abajo” (*top-down*), que considera realizar primero la gammagrafía-DMSA y, si es positiva, realizar posteriormente la CUMS/ecocistografía.

Exponemos a continuación las pruebas que nos pueden ayudar a conseguir los objetivos propuestos:

4.1. Ecografía

La ecografía es la prueba inicial y, en muchas ocasiones, también la única que se realiza para el estudio en la infección urinaria, sospechada o confirmada. Su accesibilidad, inocuidad y reproductibilidad, así como la información que proporciona hace que sea insustituible, tanto para el diagnóstico como para el seguimiento de estos pacientes. Mediante la ecografía convencional obtenemos información sobre:

- La localización renal (orto, ectópica o ptósica) y su morfología (malformaciones, variantes de la normalidad, como dobles sistemas...).
- El tamaño renal, tanto en términos absolutos (en comparación con las tablas poblacionales) como relativos (comparación entre ambos riñones). Aunque habitualmente es suficiente conocer el diámetro mayor craneocaudal, es más exacto hallar el volumen renal (multiplicando sus tres diámetros y dividiendo por dos). El tamaño renal puede estar disminuido de forma global como secuela de pielonefritis de repetición (con o sin visualización de cicatrices focales) y aumentado en la pielonefritis aguda.
- La presencia o ausencia de hallazgos patológicos parenquimatosos, con especial atención a:
 - Cicatrices, visualizadas como defectos corticales focales.
 - Alteraciones difusas de la ecogenicidad con desdiferenciación corticomedular, que pueden indicar la presencia de nefropatía médica y que afectan a ambos riñones.
 - Calcificaciones parenquimatosas.
 - Lesiones focales inflamatorias, bien nefronías (áreas flemonosas en el parénquima) o abscesos (áreas de licuefacción).
 - Otras lesiones focales, bien sólidas (tumores) o quísticas. La afectación quística renal puede ser esporádica o hereditaria y complicarse con la aparición de infección y abscesificación de algún quiste.
- La morfología de la vía excretora pielocalicial. Con ecografía se detectan litiasis de pequeño tamaño y la presencia o ausencia de dilatación. También puede comprobarse, en caso de dilatación, la ecogenicidad de la orina, que si está aumentada orienta a la presencia de detritus o infección, y la pared de la vía, que habitualmente no es patente pero que se hace visible en caso de infección y, en ocasiones, también de reflujo.
- La morfología de la pared de la vejiga, la anatomía de las uniones ureterovesicales y la ecogenicidad de la orina.
- Por último, con ecografía realizamos una valoración no solo de la vía urinaria, sino de todo el abdomen, lo que permite la detección de alteraciones patológicas en otros órganos intra- y retroperitoneales.

4.2. Ecografía-Doppler

Además del estudio convencional, la ecografía Doppler puede ser de gran utilidad en determinadas situaciones en un contexto de sospecha de infección:

- Para valorar los vasos principales y descartar la presencia de trombosis arterial o venosa (eco-Doppler convencional).
- Para valorar la vascularización parenquimatosas (power-Doppler o flujo en modo B). En el caso de pielonefritis aguda, el riñón, aparte de tener habitualmente su tamaño aumentado respecto al contralateral, también presenta un aumento del flujo intrarrenal, con señal de Doppler de color más patente.
- Para valorar la presencia de lesiones focales inflamatorias (power-Doppler o flujo

en modo B). En las nefronías el flujo está aumentado, y se visualiza más señal de color en la zona. Si aparece abscesificación, el flujo desaparece en las áreas de necrosis, mientras que persiste en su periferia.

La ecografía puede además servir de guía para el diagnóstico o tratamiento de abscesos mediante punción percutánea con obtención de muestra para microbiología o con colocación de un catéter de drenaje en su interior.

4.3. Cistouretrografía miccional seriada (CUMS)

Mediante la CUMS valoramos la morfología de la vejiga y la uretra y la presencia o ausencia de reflujo vesicoureteral (RVU). Para evitar infecciones iatrogénicas ascendentes, es necesario comprobar la ausencia de infección mediante urocultivo o realizar profilaxis antibiótica previamente a la misma.

Durante la realización de la CUMS es necesario valorar adecuadamente diferentes estructuras:

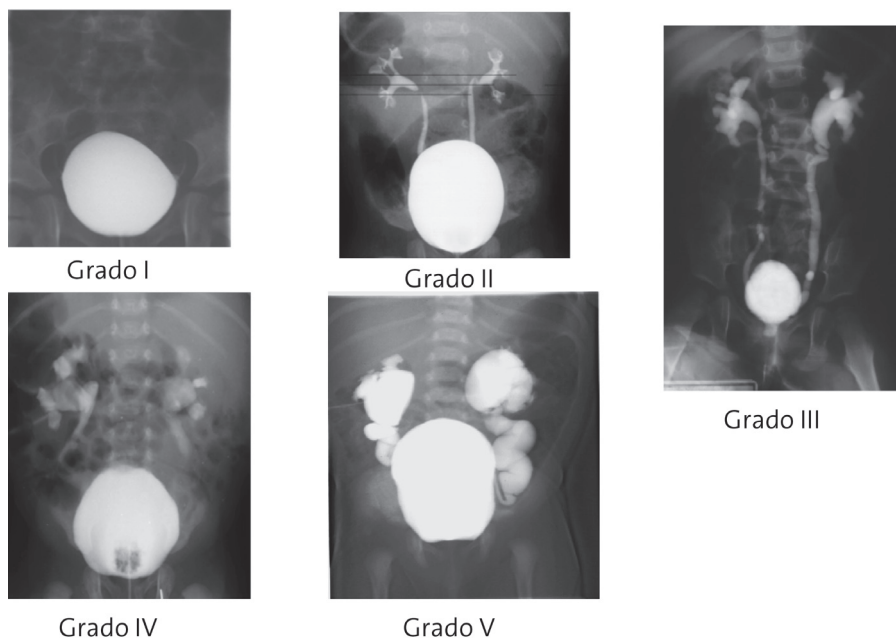
- Al inicio de la exploración, deben estudiarse, con la vejiga todavía con escasa repleción, la zona de las uniones ureterovesicales, para descartar la presencia de ureteroceles, fundamentalmente (estos pueden colapsarse cuando aumenta la distensión vesical).
- La vejiga debe rellenarse adecuadamente, valorándose su pared, fundamentalmente la existencia de hipertrofia muscular, que indicaría la existencia de dificultad al vaciamiento.
- Tras el relleno de la vejiga, las imágenes miccionales valorarán la morfología del cuello vesical para descartar disfunciones de este y

la uretra, fundamentalmente en el varón. El residuo posmiccional debe ser escaso o nulo.

- Tanto durante el relleno vesical como durante y después de la micción debe monitorizarse la presencia de reflujo y el grado de este (**Figura 1**):
 - Grado I: reflujo a uréter distal.
 - Grado II: reflujo hasta pelvis y cálices, sin dilatación.
 - Grado III: reflujo hasta pelvis y cálices con dilatación leve.
 - Grado IV: reflujo con dilatación moderada.
 - Grado V: reflujo con dilatación grave y deformidad calicial con ausencia de visualización de papilas y tortuosidad del uréter.

4.4. Ecocistografía

Actualmente hay una tendencia hacia la sustitución de la CUMS radiológica por la ecocistografía. Las indicaciones de ambas son las mismas, por lo que en general se prefiere la alternativa ecográfica, siempre que esta esté disponible y la curva de aprendizaje para su realización haya alcanzado niveles adecuados. La mayor parte de protocolos admite la realización de ecocistografías en todos los casos de sospecha de ITU (tanto en la exploración inicial como en los controles sucesivos) exceptuando la primera exploración en los varones, en los que se preferiría la CUMS radiológica, ya que la visualización uretral en el varón es más difícil con la ecografía. Sin embargo, la realización de uretrografía ecográfica tras la ecocistografía con contraste da resultados excelentes cuando está adecuadamente

Figura 1. Clasificación internacional del reflujo


protocolizada, si bien requiere un cierto entrenamiento por parte del ecografista.

4.5. Modalidades multiplanares (TC/RM)

Aunque no están indicadas de rutina en la infección urinaria no complicada, pueden tener su papel en aquellas infecciones graves cuando se quieren delimitar nefronías o abscesos no claramente visualizados en ecografía o cuando hay extensión extrarrenal de la infección a retroperitoneo o estructuras vecinas.

4.6. Gammagrafía renal

El DMSA es más sensible que la eco-Doppler para detectar lesiones renales en la pielonefritis aguda. Sin embargo, el uso de la gammagrafía renal con DMSA en el primer episodio de ITU en

fase aguda es motivo de controversia. Se ha publicado que un paciente con DMSA normal en el episodio agudo tiene un 0% de probabilidad de desarrollar cicatriz renal, incluso en presencia de RVU, mientras que un DMSA patológico en la fase aguda detecta a todos los niños con RVU potencialmente dañino. El DMSA identificaría a los niños con alto riesgo de desarrollar cicatrices renales; sin embargo, solo el 15% de los pacientes que presentan un DMSA patológico en fase aguda desarrollarán en el seguimiento cicatrices renales. Algunos autores defienden la realización del DMSA pasados un mínimo de 6 meses del episodio agudo, para valorar la presencia de cicatrices y clasificar a los pacientes en función del riesgo. El DMSA en fase aguda quedaría reservado para dudas diagnósticas de la presencia de pielonefritis o ante pielonefritis atípica o cambio en el manejo del paciente.

4.7. Cistogammagrafía directa

La cistogammagrafía es una técnica sensible para la detección de RVU, ya que permite la monitorización continua del llenado y vaciado vesical con una baja radiación. Al ser el RVU un proceso intermitente, el incremento en el tiempo de monitorización aumenta las posibilidades de detectar el RVU. Sin embargo, su falta de información anatómica es una limitación ante la sospecha de malformaciones. Una vez diagnosticada la malformación, la cistogammagrafía es una técnica idónea para el seguimiento y la valoración de la respuesta al tratamiento del RVU.

4.8. Renograma diurético con cistogammagrafía indirecta

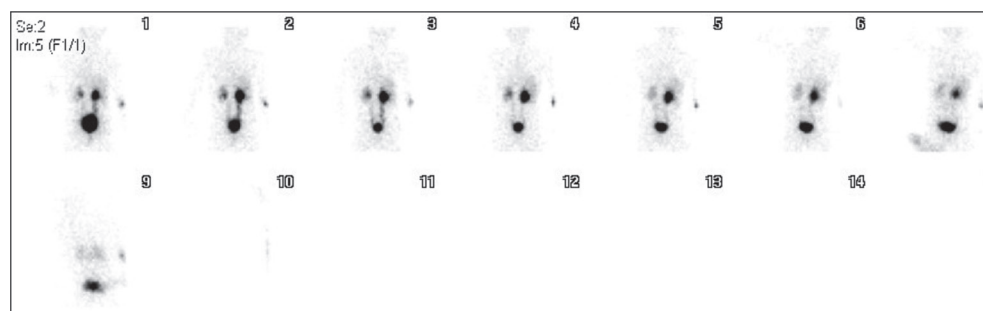
La cistogammagrafía indirecta (**Figura 2**) sería el complemento del renograma, que nos aporta información funcional renal y nos permite valorar en fase parenquimatosa la presencia de posibles cicatrices, aunque con una menor sensibilidad que la gammagrafía renal (DMSA). Una vez llenada la vejiga de radiotrazador, podemos

obtener imágenes miccionales para la detección de RVU, pero con menor sensibilidad que la cistogammagrafía directa porque valoramos solo la fase de vaciado y se necesita de la colaboración del paciente (debe controlar esfínteres), y con mayor dificultad en la interpretación de las imágenes. La cistogammagrafía indirecta tiene la ventaja de no tener que sondar al paciente; sin embargo, presenta los inconvenientes de una menor sensibilidad para el diagnóstico de RVU y una mayor radiación. El renograma con valoración de la captación en fase parenquimatosa y estudio miccional permite en una sola exploración aportar información de la situación funcional renal del paciente y de la presencia de posible persistencia de RVU significativo, por lo que es una técnica útil en el seguimiento.

5. TÉCNICAS DE IMAGEN EN LA DILATACIÓN DEL TRACTO URINARIO

La dilatación del tracto urinario (DTU) es la anomalía prenatal detectada con más frecuencia. Puede formar parte del complejo de las

Figura 2. Cistogammagrafía indirecta



Adquisición de la cistogammagrafía indirecta: al finaliza el renograma diurético, cuando el paciente tiene ganas de orinar, se obtiene otra serie de imágenes secuenciales durante la micción. El paciente debe orinar de forma espontánea en un recipiente mientras se realiza la adquisición de las imágenes. En este caso se observa RVU bilateral mas significativo derecho (proyección posterior).

anomalías del riñón y tracto urinario (CAKUT) o tratarse de un hallazgo aislado. En la mayoría de los casos, la dilatación es transitoria o fisiológica y no tiene significado clínico, pero, en otras ocasiones, el reflujo vesicoureteral y la obstrucción del tracto urinario pueden ser la causa y conllevar desarrollo de daño en el parénquima renal o comorbilidades, como infecciones urinarias.

La mayoría de los autores consideran DTU cuando el diámetro anteroposterior de la pelvis en la ecografía realizada en el segundo trimestre, semana 20 de edad gestacional, es >4 ; y >7 mm si se trata del tercer trimestre, después de la semana 32 de edad gestacional.

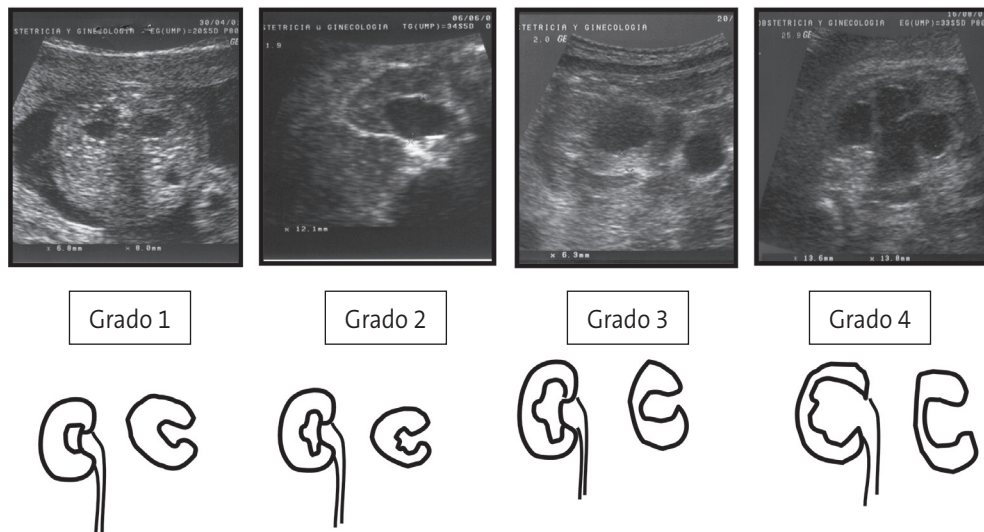
No existe consenso en la clasificación de esta entidad. Exponemos a continuación las más utilizadas.

Clasificación de la Sociedad de Urología Fetal (SUF) (Figura 3)

La SUF considera dilatación patológica cuando la medida anteroposterior de la pelvis es >4 mm antes de la semana 32 y >7 mm después de la semana 32.

- Grado 0: intacto.
- Grado I: dilatación leve sin visualizarse cálices.
- Grado II: dilatación marcada, con la alteración de la pelvis limitada dentro del borde renal; se visualizan mínimamente los cálices.
- Grado III: dilatación importante, pelvis dilatada fuera del borde renal; cálices con dilatación uniforme; parénquima normal.

Figura 3. Clasificación de la Sociedad de Urología Fetal



- Grado IV: dilatación extrema de la pelvis y los cálices (pueden tener aspecto convexo); parénquima adelgazado.

Clasificación según el diámetro pélvico anteroposterior

- Dilatación piélica leve, de 4 a 10 mm.
- Dilatación piélica moderada, de 10 a 15 mm, asociada a CAKUT.
- Dilatación piélica grave, >15 mm, con gran riesgo de CAKUT.

Sistema de clasificación DTU

En el año 2014 se publicó un documento de consenso para la clasificación de las DTU prenatales y posnatales en el que participaron hasta ocho sociedades distintas (incluyendo las especialidades de Radiología, Medicina Fetal y Nefrología

y Urología pediátricas), con el objetivo de desarrollar un sistema de clasificación unificado con una terminología estándar aceptada para el diagnóstico y manejo de esta patología.

Este nuevo sistema se basa en la valoración de seis criterios ecográficos: diámetro anteroposterior de la pelvis, dilatación de cálices distinguiendo entre centrales o periféricos, espesor del parénquima, aspecto del parénquima, dilatación del uréter (aunque una visualización transitoria del uréter se considera como normal) y valoración de la vejiga. Y en base a estos parámetros se distinguen en dos categorías prenatales (A1, bajo riesgo; A2, riesgo incrementado) y en tres categorías posnatales (P1, bajo riesgo; P2, riesgo intermedio; P3, alto riesgo) (Figuras 4 y 5). Varios estudios posteriores concluyen que este sistema es seguro y válido para la evaluación de la DTU e incluso algunos autores le encuentran ventajas frente al sistema SUF utilizado clásicamente.

Figura 4. Presentación prenatal

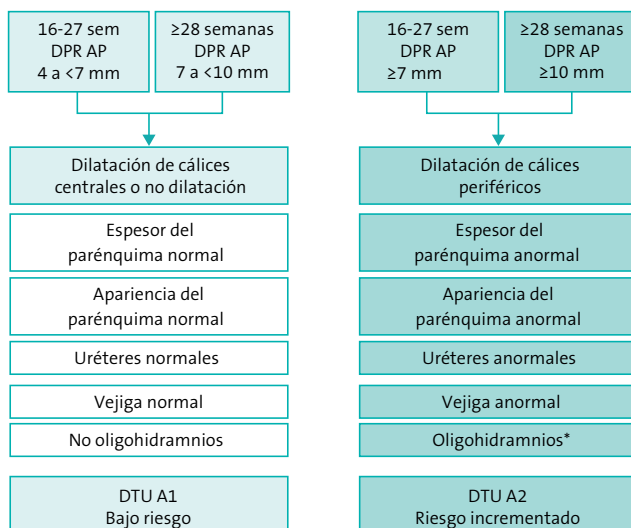
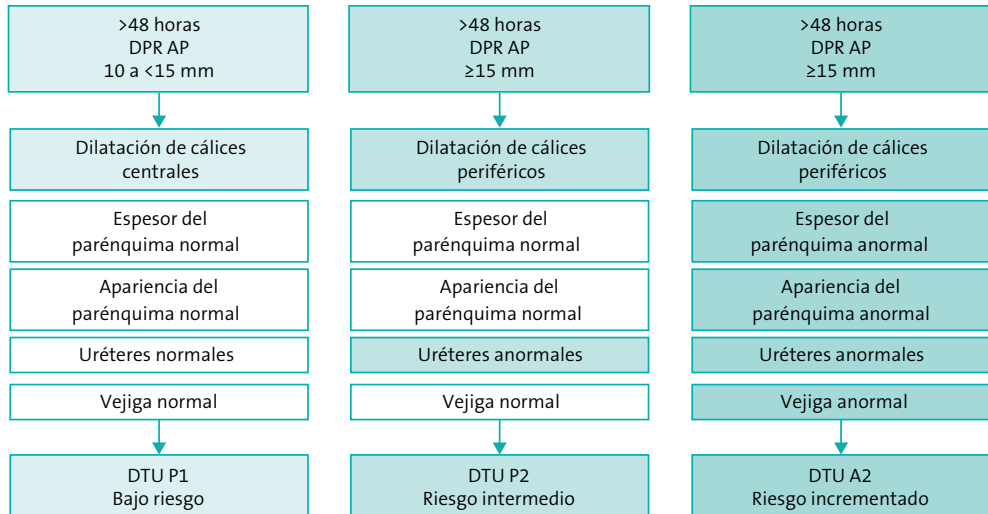


Figura 5. Presentación posnatal


5.1. Diagnóstico posnatal de los pacientes con diagnóstico de hidronefrosis congénita: pruebas de imagen y función renal

El objetivo del manejo posnatal de estos pacientes es, por un lado, detectar a aquellos que tienen una dilatación significativa que puede corresponder a una malformación y, por otro, evitar exploraciones innecesarias en aquellos casos que son transitorias o fisiológicas. Al igual que en la infección urinaria, no existe consenso en el manejo posnatal y la escasa implicación terapéutica y pronóstica que tiene actualmente el reflujo vesicoureteral tiende a limitar las exploraciones. Siempre se partirá de una ecografía posnatal que debería ser realizada no antes de las 48-72 horas de vida. En el documento de consenso se hace una propuesta de manejo posterior según la categoría. Las pruebas que pueden ayudarnos al diagnóstico son:

5.1.1. Ecografía

La ecografía es la prueba de elección para el diagnóstico y seguimiento de la hidronefrosis congénita. Ya desde la fase prenatal, mediante ecografía podemos valorar de forma fiable y reproducible la morfología y los diámetros del sistema excretor y la ecoestructura y ecogenicidad del parénquima renal. Hay que tener en cuenta que la ecografía realizada inmediatamente tras el nacimiento puede infravalorar la dilatación debido a la insuficiencia renal fisiológica del neonato. Por lo tanto, en caso de dilataciones leves o moderadas detectadas intraútero, deberá esperarse hasta el mes de edad para realizar una valoración adecuada de la vía y poder clasificar la dilatación de forma correcta. En el estudio de la hidronefrosis es necesario valorar mediante ecografía convencional los siguientes parámetros:

- La localización, tamaño y morfología renal, con especial atención a la existencia de dobles sistemas.
- La presencia o ausencia de hallazgos patológicos parenquimatosos, fundamentalmente cicatrices, alteraciones de la ecogenicidad del parénquima, calcificaciones y lesiones focales sólidas.
- La presencia de quistes, ya sean corticales o parapiélicos. En determinadas ocasiones es necesario diferenciar entre quistes y dilatación, fundamentalmente en casos de displasias multiquísticas. La clave la dará el hecho de que los quistes (ya sean de tipo malformativo o adquirido) no comunican entre sí, mientras que en un sistema dilatado hay continuidad entre cálices y pelvis.
- Los diámetros y la morfología del sistema excretor dilatado y la valoración de la extensión de la dilatación al uréter, su tortuosidad, etc.
- La morfología de los uréteres distales, la pared de la vejiga y las uniones ureterovesicales (valorando especialmente la existencia de ureterocele o desembocadura ureteral ectópica).
- Además, es necesario estudiar el resto del abdomen, para descartar otras alteraciones intra o retroperitoneales.

Además, la ecografía Doppler puede ser útil en el estudio de la hidronefrosis:

- Para valorar los vasos principales y descartar la presencia de patología arterial o venosa (Doppler convencional).

- En el estudio del jet ureteral hacia la vejiga. El Doppler lo pone de manifiesto de forma inequívoca y permite tener datos adicionales para la diferenciación entre obstrucción ureteral y megauréter no obstructivo.

5.1.2. Cistouretrografía miccional seriada (CUMS) y ecocistografía

La CUMS radiológica o la ecocistografía/ecouretrografía valoran en el contexto de hidronefrosis:

- Las uniones ureterovesicales, fundamentalmente la existencia de lesiones obstructivas (ureterocele ortotópico o ectópico).
- La presencia o ausencia de RVU.
- La morfología de la pared vesical, detectando la presencia de hipertrofia de esta en caso de obstrucción baja.
- La morfología del cuello vesical y su comportamiento durante la micción, para detectar anomalías funcionales.
- La morfología de la uretra en el varón, fundamentalmente para descartar la presencia de válvulas de uretra posterior.

5.1.3. Modalidades multiplanares (TC/RM)

Su uso no está indicado de rutina. El estudio de TC convencional o uro-TC no aporta en general información adicional a la de la ecografía, por lo que no son de utilidad para el diagnóstico y seguimiento de la hidronefrosis. La RM sin contraste, con secuencias de tipo colangiográfico (sensibles al líquido) ayuda a realizar una

delimitación anatómica fina de la morfología de los sistemas excretores en caso de dudas en la ecografía, además de contribuir a valorar malformaciones asociadas, ya sean del tracto urinario, de órganos reproductores, etc. En la pelvis, también pueden ayudar en el estudio de desembocaduras ectópicas de los uréteres y malformaciones genitourinarias complejas. Puede realizarse a cualquier edad y requiere habitualmente sedación. En niños >2 años con función renal normal pueden realizarse estudios de uro-RM con contraste IV (gadolinio) para realizar una valoración cuantitativa de la captación y excreción renal de contraste en múltiples fases que permite la obtención de curvas en cada unidad renal con las que inferimos función renal y excreción. Por lo tanto, podría obtenerse con ellas información similar al renograma diurético sin los inconvenientes de la radiación ionizante. No obstante, requieren sedación en niños pequeños o no colaboradores, el tiempo del estudio es largo y están en fase de análisis los protocolos más adecuados para su realización. Además, como se ha comentado, no está autorizada la administración de gadolinio en <2 años. No obstante, es una técnica en desarrollo.

5.1.4. Renograma diurético

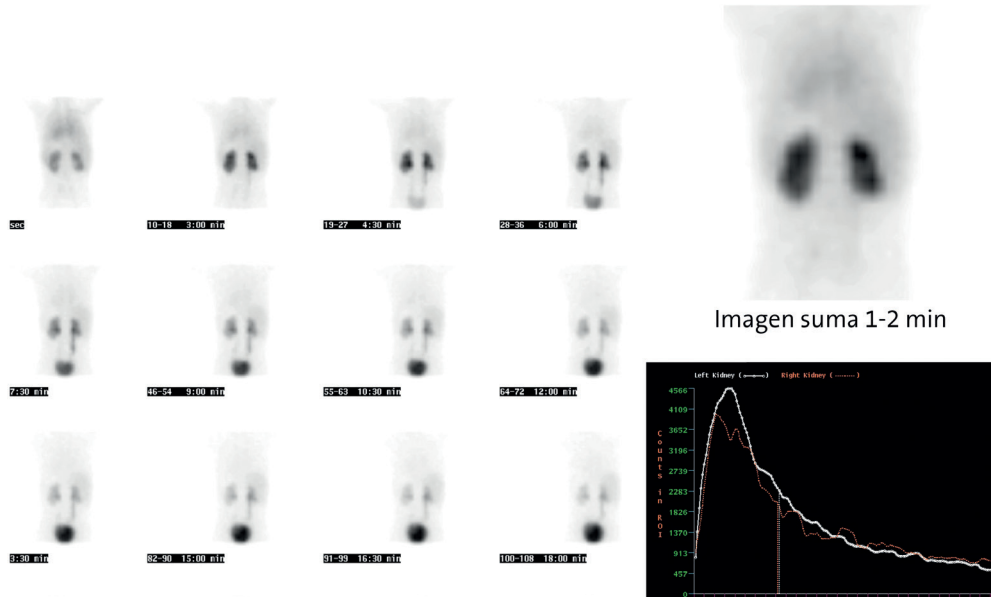
No todos los niños con hidronefrosis congénita requieren de la realización de un renograma. Se reserva para aquellos con dilataciones moderadas a graves (>12 mm en diámetro anteroposterior) y dilatación calicial. Para bebés, un tiempo de al menos 6 semanas de vida es razonable para la realización del primer renograma.

El renograma diurético proporciona información simultánea sobre la función renal, principalmente sobre la función renal relativa (FRR),

y sobre el drenaje del tracto urinario. El drenaje puede valorarse mediante el análisis visual de la forma de la curva funcional del renograma (Figuras 6 y 7), en la que un ascenso brusco de la curva seguido de un rápido descenso de esta es típico de una eliminación normal, mientras que una alteración importante en la eliminación del radiotrazador se caracteriza por una curva con una pendiente progresivamente ascendente. Además, se han propuesto diferentes técnicas para cuantificar el paso del radiotrazador a través del riñón como el $T_{máx}$, el T medio, el *output efficiency* (OE) o el *normalised residual activity* (NORA). El OE es la cantidad de radiotrazador que abandona el riñón en el tiempo T en relación con la cantidad de radiotrazador extraído de la sangre por el riñón. Mientras que NORA es la cantidad de radiotrazador que permanece en el riñón en el tiempo T expresada como índice entre actividad en tiempo T y tiempo 1-2 min.

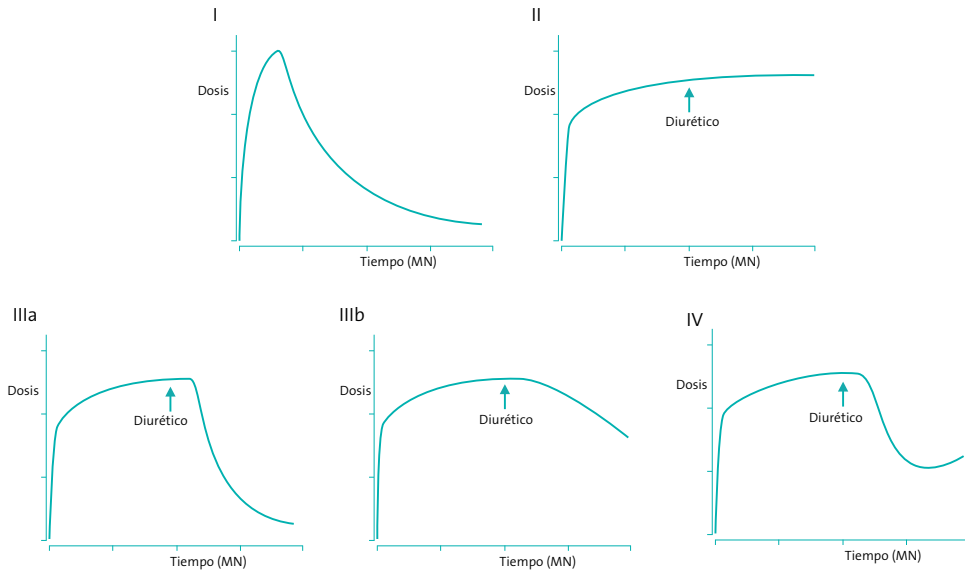
La interpretación del drenaje del tracto urinario en estos pacientes puede originar falsos diagnósticos de obstrucción cuando en ellos se utilizan los mismos criterios que para los riñones adultos. Entre las causas de falsa interpretación de estenosis de la unión pieloureteral se encuentran factores controlables que se evitan mediante la realización de una técnica adecuada con una correcta hidratación del paciente, obtención de imágenes posmicionales, tipo y dosis de radiotrazador y de diurético empleados y correcto procesado de los datos adquiridos. Otras causas se deben a factores no controlables que afectan a la condición del paciente; estos incluyen la disminución del filtrado glomerular y la inmadurez tubular fisiológica del recién nacido, que pueden originar una curva prolongada o en meseta y a una respuesta insuficiente a la furosemida en au-

Figura 6. Renograma diurético con MAG3



Proyección posterior: imágenes secuenciales y curvas funcionales. Riñón izquierdo sin alteraciones. Riñón derecho con visualización persistente de uréter y curva de eliminación sin alteraciones.

Figura 7. Respuesta al estímulo diurético



sencia de obstrucción, por lo que se recomienda realizar el renograma diurético no antes del mes de vida. Las pelvis renales muy distensibles pueden dilatarse en respuesta al estímulo diurético sin aumento de la presión hasta niveles suficientes para vencer la resistencia a la eliminación originando una curva prolongada en ausencia de obstrucción. Por ello, el patrón de eliminación prolongado puede no ser indicativo de obstrucción en los niños y no debe utilizarse de forma aislada en estos pacientes para la toma de decisiones terapéuticas. El patrón de eliminación en el recién nacido se considera diagnóstico cuando muestra una correcta eliminación del radiotrazador, haciendo poco probable la existencia de obstrucción debido a su elevado valor predictivo negativo. Debido a que lo que se pretende en estos pacientes es la conservación de la función renal, la FRR es uno de los parámetros más importantes para decidir la actitud terapéutica: cuando se produce el descenso de la FRR se asume el comienzo del deterioro renal y la necesidad de una actitud terapéutica más agresiva.

Otra propuesta de estudio en los pacientes con hidronefrosis congénita compatible con la presentada en el capítulo 15 sería la que exponemos en la **Figura 8**.

6. TÉCNICAS DE IMAGEN EN LAS ANOMALÍAS CONGÉNITAS DEL RIÑÓN Y TRACTO URINARIO (COMPLEJO CAKUT)

El objetivo del manejo posnatal de estos pacientes, al igual que en las DTU (en muchas ocasiones van asociadas), es diagnosticar aquellas anomalías que puedan beneficiarse de un tratamiento que minimice el daño renal, prevenga o retrase el desarrollo de enfermedad

renal crónica y controle las posibles comorbilidades; evitando igualmente, exploraciones innecesarias (**Tabla 1**).

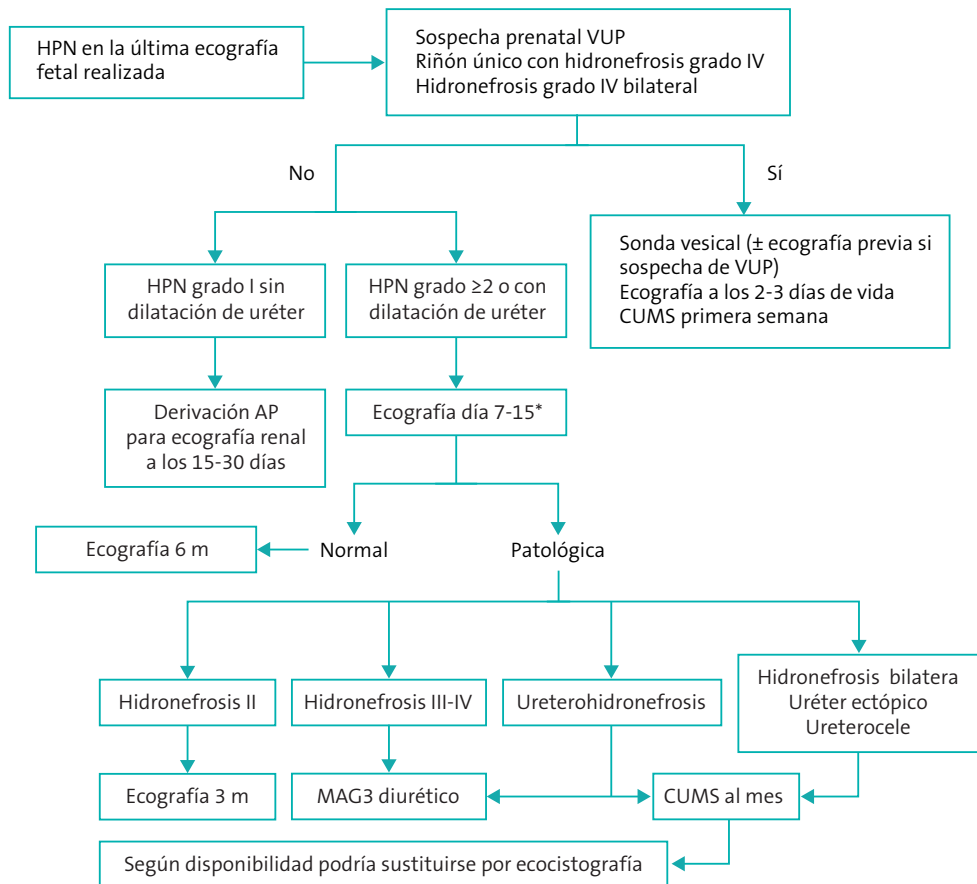
El complejo CAKUT abarca un gran número de anomalías que pueden clasificarse en tres grupos:

- Malformaciones del parénquima renal que incluye la displasia renal, agenesia renal, disgenesias tubulares y las displasias quísticas.
- Alteraciones en la migración y fusión, como son, por ejemplo, el riñón ectópico y los riñones en herradura.
- Anomalías del sistema colector urinario, donde se encuentran, entre otras, la estenosis de la unión pieloureteral, el uréter ectópico, el megauréter, el reflujo vesicoureteral o las válvulas de uretra posterior.

En la gran mayoría de las ocasiones se realiza un diagnóstico prenatal. El complejo CAKUT representa el 15-20% de todas las anomalías congénitas detectadas prenatalmente. El estudio posnatal partirá siempre de una **ecografía abdominal posnatal** que será completa, evaluando otras posibles malformaciones y los genitales internos en lo posible.

Dado que las CAKUT presentan con mucha frecuencia DTU, nos referiremos al algoritmo diagnóstico de las dilataciones en todos sus grados de gravedad y que se aplica a las dos patologías (**Figura 8**). Es importante tener presente que no existe consenso sobre cuál es el mejor algoritmo que puede aplicarse; va a depender de las posibilidades diagnósticas y terapéuticas de cada centro. El objetivo para

Figura 8. Algoritmo de actuación en la hidronefrosis congénita



los nefrólogos infantiles será detectar los pacientes con indicación quirúrgica para hacer una adecuada derivación. La urología pediátrica no está disponible en todos los centros y con frecuencia nos encontramos pacientes con patología urológica, pero, en muchos de esos casos, la opción terapéutica no es la quirúrgica, y es posible entonces un seguimiento por el nefrólogo infantil.

La **ecografía prenatal** es el punto de partida del estudio. Si nos basamos en la clasificación de

la SUF combinado con el diámetro anteroposterior de la pelvis, a los pacientes con hidronefrosis grado I o II de la SUF o dilataciones leves, pelvis inferiores a 10 mm, con afectación uni- o bilateral se les realizará la ecografía entre la primera y cuarta semana de vida. Si la pelvis es <7 mm, no son necesarias más exploraciones. Si se confirma el diagnóstico, se darán de alta, en general, sin profilaxis antibiótica, ya que en estos pacientes la sospecha de reflujo vesicoureteral de alto grado será baja y la **CUMS/ecocistografía** no se realizará de forma rutinaria.

Tabla 1. Pruebas complementarias según hallazgos en el manejo posnatal del complejo CAKUT

Si existe hidronefrosis se realizará el algoritmo (Figura 8)

• Exploración física

- Fenotipo peculiar o sospecha de síndrome: cariotipo o estudio de mutación genética
- Sopló: ecocardiografía
- Anomalías en miembros: serie ósea
- Anomalías en tracto digestivo / ano: Rx columna lumbar

• Ecografía

- Presencia de quistes: estudio genético, estudio oftalmológico, ecografía transfontanelar, valoración función hepática, función renal y tubular
- Anomalías en el ascenso renal: gammagrafía, valorar CUMS
- Anomalías en el desarrollo sistema colector: CUMS, renograma diurético; si complejidad anatómica o ectopia ureteral, RM

• Criterios de derivación a Urología Pediátrica

- Obstrucción demostrada en renograma diurético
- Curva de eliminación con un patrón dudoso en renograma diurético
- Ectopias renales y ureteroceles
- Sistemas dobles complejos
- Megauréteres obstructivos
- Reflujos de alto grado con mala evolución
- Válvulas de uretra posterior
- Extrofias vesicales
- Aumento de la hidronefrosis en ecografía, previo o no a renograma diurético

Se realizará seguimiento ecográfico entre los 6 y los 9 meses y, si la situación es estable o ha disminuido, se repetirá al año. Si ha aumentado el grado de hidronefrosis, se procederá de acuerdo con la gravedad que presente. A los pacientes con hidronefrosis grado III y IV de la SUF o con dilataciones moderadas-graves, pelvis >10-15 mm unilaterales, se les realizará la ecografía pasadas las 48 horas de vida. Si el diagnóstico es el mismo, se instaurará profilaxis antibiótica por riesgo elevado de reflujo vesicoureteral de alto grado y se programará la cistografía radiológica o ecográfica que se puede posponer más allá de los 7 días de vida. Si el paciente no tiene reflujo vesicoureteral,

realizaremos un **renograma diurético** en torno al mes de vida. No debe realizarse antes de los 20 días de vida ya que la inmadurez renal puede hacer que el resultado no sea fiable. Si el renograma no es obstructivo, se suspenderá la profilaxis y se realizará seguimiento ecográfico entre los 3 y 6 meses ya que el filtrado glomerular de los lactantes se incrementa exponencialmente durante este periodo. Si el renograma es obstructivo, el paciente ha de ser evaluado por un urólogo pediátrico, ya que la indicación quirúrgica es casi segura. Si el tipo de curva en el renograma es dudoso, o tenemos duda del manejo del paciente, se derivará para valoración urológica. Si el paciente tiene reflujo,

habrá que descartar la presencia de una displasia renal asociada. Si el paciente tiene una hidronefrosis grado IV bilateral o grado III o IV unilateral (pelvis >15 mm) con riñón único, realizaremos la ecografía urgente (antes de las 48 horas de vida), procediendo de la misma forma en el resto de los pasos. En estos pacientes se debe evaluar la normalidad de la función renal y tubular.

Como ya se ha comentado en el apartado 4, el documento de consenso publicado en 2014 propone un manejo de seguimiento según el grupo de riesgo. Con una ecografía posnatal que clasifica al paciente en bajo riesgo (DTU P1) se realizará otro control ecográfico entre 1 y 6 meses después, sin necesidad en principio de más pruebas (no se estudia reflujo vesicoureteral ni gammagrafía renal). A los pacientes en riesgo alto (DTU P3) se les vigila estrechamente con ecografía al mes, se estudiará la existencia de reflujo vesicoureteral, se indicará profilaxis antibiótica y estudio gammagráfico para valorar funcionalidad. En aquellos pacientes con riesgo moderado (DTU P2), será el clínico responsable el que decida qué pruebas hacer, siempre con una vigilancia ecográfica estrecha. En esta publicación hacen también referencia al manejo distinto que debe realizarse sobre los pacientes con dilataciones prenatales bilaterales graves o sospecha de válvulas de uretra posterior.

En un gran porcentaje de pacientes con anomalías CAKUT se asocia reflujo vesicoureteral, por lo que la realización de la CUMS/ecocistografía ha sido justificada durante mucho tiempo y actualmente es un tema controvertido en la literatura. En la última década, se ha ido cambiando hacia una actitud más conservadora y múltiples publicaciones defien-

den que en los pacientes con baja sospecha de RVU de alto grado, se podría obviar. Este es el caso de la displasia multiquística y la agenesia renal; si el riñón único funcionando no tiene ninguna anomalía ecográfica, es decir, no se encuentra dilatado, tiene buena diferenciación corticomedular y su tamaño y ecogenicidad son normales, se puede hacer un seguimiento clínico, reservando la cistografía para aquellos que presenten infecciones urinarias.

La **resonancia magnética (RM)** tiene utilidad en aquellos casos en los que mediante ecografía no logra realizarse una valoración adecuada de todas las estructuras genitourinarias. El estudio anatómico no requiere habitualmente de la administración de gadolinio IV, por lo que puede realizarse la exploración a cualquier edad, utilizando sedación en los niños pequeños o no colaboradores. Mediante RM podemos delimitar las estructuras abdominales y pélvicas, valorando de forma adecuada las vísceras macizas intraperitoneales, los órganos retroperitoneales y las vísceras pélvicas, además de la columna y médula, todo ello con capacidad multiplanar y la posibilidad de realizar secuencias 3D. De esta forma, la delimitación de malformaciones complejas es más completa, permitiendo diagnósticos más certeros en estos casos.

La **tomografía axial computarizada (TC)** habitualmente no se utiliza, a no ser que no haya disponibilidad de RM o esté indicada la administración de CIV para la valoración por imagen de la vía excretora renal (especialmente en pacientes <2 años en los que no puede utilizarse gadolinio IV), en casos de uréteres ectópicos no claramente delimitados, fístulas urinarias no aclaradas, etc.

7. TÉCNICAS DE IMAGEN EN LAS ENFERMEDADES GLOMERULARES

La mayoría de los protocolos de estudio de las enfermedades glomerulares incluyen la realización de una ecografía. La ecografía es una técnica sensible para la detección de patología difusa parenquimatosa pero su especificidad es baja, por lo que es necesaria la realización de biopsia para la caracterización anatomopatológica de la afectación.

Mediante esta técnica podemos valorar en la **ecografía convencional**:

- La localización, morfología y el tamaño renales. En las enfermedades difusas, el tamaño puede estar aumentado, normal o disminuido. En general, en las fases iniciales el tamaño renal será o normal o ligeramente aumentado. La afectación crónica conlleva habitualmente disminución del tamaño renal con atrofia de la corteza.
- La ecoestructura y ecogenicidad corticales. En general, las enfermedades glomerulares cursan con aumento de la ecogenicidad cortical y disminución de la diferenciación corticomedular. Puede haber o no atrofia de la corteza, que será mayor cuanto más avanzada sea la enfermedad.
- La presencia de quistes. Los quistes macroscópicos son típicos de la enfermedad poliquística autosómica dominante (AD), mientras que en la poliquistosis autosómica recesiva (AR) puede haber quistes milimétricos o afectación parenquimatosa difusa con hiperecogenicidad.
- Otros hallazgos sobreañadidos del tracto urinario o del resto de vísceras abdominales.

En los casos de poliquistosis hereditaria, la afectación hepática podrá diferenciar entre la forma AD (donde suelen aparecer quistes) y la AR (con afectación difusa del parénquima hepático con aumento de su ecogenicidad debido a la presencia de fibrosis).

En el **estudio Doppler** valoramos:

- La macrovascularización, para detectar alteraciones arteriales o venosas (fundamentalmente trombosis venosa) que puedan producir afectación parenquimatosa difusa.
- La vascularización parenquimatosa, que en general disminuye a medida que avanza la enfermedad glomerular.

La **biopsia ecodirigida** es la técnica de elección para la toma de muestras renales. Permiten elegir la zona de biopsia más adecuada, fundamentalmente el polo inferior, evitando las estructuras del hilio y el pedículo vascular. Detecta asimismo la aparición de complicaciones posbiopsia, con el sangrado como la más frecuente.

La **RM** y la **TC** no son habitualmente de utilidad para la valoración de la enfermedad difusa parenquimatosa renal.

8. TÉCNICAS DE IMAGEN EN LA HTA

El estudio de los pacientes pediátricos con hipertensión arterial y exploración física normal se debe iniciar con una prueba de imagen abdominal y la valoración de la función renal. Esto es debido a que, en la infancia, a diferencia del adulto, la hipertensión arterial es con más frecuencia secundaria.

La prueba de imagen principal es siempre la ecografía. En función de la dificultad en el diagnóstico, puede ser necesaria la realización de estudios de RM, TC o vasculares.

Ecografía convencional

El estudio de ecografía en modo B nos permite valorar el parénquima renal y la existencia o no de patología en el mismo, así como asimetrías en el tamaño que hagan sospechar la existencia de patología vasculorrenal, que deberá ser confirmada mediante otros métodos, como la ecografía Doppler. El estudio completo abdominal descartará causas secundarias.

Ecografía Doppler

La ecografía en modo Doppler es el estudio de elección en primera instancia ante la sospecha de hipertensión vasculorrenal. Dicha prueba se efectúa con respiración sostenida, y en niños pequeños o no colaboradores puede ser necesaria la sedación superficial, habitualmente con hidrato de cloral.

Mediante esta ecografía se valoran de forma comparativa en ambos riñones:

- **La vascularización intrarrenal.** Habitualmente el flujo intrarrenal es de baja resistencia, con morfología de la onda con ascenso sistólico rápido y flujo diastólico positivo. En los casos de enfermedad vasculorrenal, la onda adopta una morfología *tardus-parvus*, con tiempos de aceleración aumentados y pico sistólico bajo.
- **Las arterias renales principales y lobares.** Mediante la ecografía Doppler es posible valorar las arterias renales principales y de-

tectar estenosis caracterizadas por aumento de la velocidad pico sistólica en la estenosis y la existencia de flujo turbulento en las áreas posestenóticas. No obstante, la técnica ecográfica tiene cerca de un 20% de estudios no satisfactorios en los que no es posible la visualización adecuada y directa de las estenosis y que deben ser estudiados por otros métodos. Aún en los casos en que la exploración primaria no es satisfactoria, puede tener un papel importante en el seguimiento de pacientes con estenosis tratadas.

Angio-RM y angio-TC

Actualmente, las técnicas multiplanares sustituyen con ventaja a la angiografía convencional en el estudio de sospecha de HTA vasculorrenal. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes y hay que valorar su utilización según la disponibilidad y experiencia en cada centro y según el tipo de paciente.

En general, las ventajas de la angio-RM son:

- Ausencia de riesgo por radiación.
- Buena resolución espacial, aunque menor que la del TC.
- Pueden obtenerse secuencias vasculares sin uso y con uso de contraste. Habitualmente las que no utilizan CIV (gadolinio) tienen peor resolución y más ruido.
- En las secuencias con CIV es posible obtener información multifase tanto para valoración vascular como de la captación parenquimatosas a lo largo del tiempo, con obtención de curvas que permiten la cuantificación de la función renal.

Respecto a las ventajas de la angio-TC:

- Mayor resolución espacial con adquisiciones isotrópicas que permiten reconstrucciones multiplanares y vasculares 3D con resolución de hasta 0,5 mm.
- Solo es necesaria la sedación en niños de corta edad o no colaboradores.
- Puede utilizarse el contraste yodado IV a cualquier edad.

Angiografía

Como se ha comentado, la angiografía no se utiliza habitualmente con fines meramente diagnósticos, ya que la información obtenida, bien con el Doppler renal o con los estudios de angio-RM o angio-TC, es adecuada para detectar la existencia de estenosis arteriales. Su principal papel es terapéutico, ya que mediante angioplastia pueden solucionarse estenosis en ramas principales o lobares cuyo diámetro sea suficiente para la introducción de un balón dilatador con colocación o no de endoprótesis.

Adicionalmente, en casos de HTA grave resistente al tratamiento, con resto de estudios normales y en los que no es posible llegar a un diagnóstico etiológico claro, puede ser necesario recurrir a la toma de muestras de renina en venas renales principales o lobares para detectar alteraciones en sus niveles locales.

Renograma poscaptopril

El renograma con captopril ha demostrado una elevada sensibilidad (68-94%) y especificidad (70-98%) en la detección de hipertensión de origen renovascular en población adulta adecua-

damente seleccionada, con una probabilidad intermedia/alta de padecer la enfermedad. La etiología y la distribución anatómica de la estenosis de arterias renales en niños es diferente, con una afectación frecuentemente bilateral y afectando a vasos secundarios intrarrenales. Esta característica hace a la técnica menos sensible en la población infantil, por lo que está en debate su utilidad. Con el incremento en la población infantil del fenotipo de síndrome metabólico, podría ser de utilidad el renograma con captopril, reservando las técnicas invasivas para pacientes con elevada sospecha clínica de padecer hipertensión de origen vasculorrenal.

9. TÉCNICAS DE IMAGEN EN EL FRACASO RENAL

Las pruebas de imagen en el fracaso renal tienen como objetivo ayudar a encontrar la etiología de este. El enfoque diagnóstico parte de confirmar la presencia de una anatomía normal de los riñones.

La **ecografía convencional y la ecografía Doppler** son técnicas de elección para el estudio inicial del fracaso renal. Mediante la técnica convencional valoramos el parénquima y la vía, descartando fundamentalmente la causa obstructiva. Con el Doppler se valora la posible existencia de patología vascular como posible causa, especialmente trombosis arterial o venosa. El fracaso renal de origen parenquimatoso tiene características de imagen que ya se han descrito en el apartado correspondiente a las enfermedades glomerulares.

La **biopsia con guía ecográfica** será necesaria en aquellos casos de afectación parenquimatosa no filiada.

Los estudios de **angio-RM y angio-TC** no aportan información adicional para detectar la etiología del fallo renal. Sí pueden ser necesarios para la valoración de la anatomía vascular pretrasplante. Es necesario valorar, en caso de insuficiencia renal, la necesidad de utilización de CIV. Los contrastes yodados están contraindicados por su potencial nefrotóxico en casos de insuficiencia renal moderada o grave y deben ser administrados con hidratación abundante y fármacos renoprotectores (N-acetilcisteína) en caso de insuficiencia renal leve.

Renograma

La disminución del filtrado glomerular es patognomónica de la insuficiencia renal. Los mecanismos que surgen como responsables de la hipofiltración involucran procesos interdependientes, que incluyen una marcada disminución de la permeabilidad glomerular, bloqueo tubular celular o edema intersticial y difusión del ultrafiltrado a través del epitelio dañado. El tiempo que transcurre en la instalación del síndrome establece la diferenciación en aguda (días), subaguda (semanas) o crónica (meses a años). La insuficiencia renal aguda es un síndrome clínico que se divide clásicamente en prerrenal, renal y posrenal. La insuficiencia renal aguda prerrenal es debida a una disminución de la perfusión renal en situaciones de hipovolemia que reducen la vascularización renal y consecuentemente la filtración glomerular. La insuficiencia renal aguda de causa renal incluye a un conjunto de patologías que afectan difusamente el parénquima desarrollando un rápido deterioro funcional. La insuficiencia renal aguda posrenal es causada por una obstrucción grave de la vía excretora con compromiso renal bilateral o compresión extrínseca. En oligoanuria, la reducción del filtrado glomerular es importante y la concentración de DTPA por el riñón es es-

casa. Las curvas obtenidas son planas, levemente superiores al nivel de fondo, con una pobre o nula definición en las imágenes. No obstante, el flujo durante el primer paso del trazador nos brinda información sobre la aorta y la vascularización renal, aunque no tiene resolución para la valoración de las arterias renales. En fase poliúrica, la reducción del filtrado glomerular es moderada, resultando un tránsito tubular lento, con prolongación del tiempo intraparenquimatoso y consecuente retardo en la eliminación.

Los radiofármacos que se eliminan por secreción tubular (MAG3) tienen un mejor índice de extracción con buenas imágenes, pero el descenso del filtrado glomerular provoca una disminución del ultrafiltrado que atraviesa la luz tubular y se evidencia en una retención intraparenquimatoso y tardía excreción hacia el sistema pielocalicial. El análisis de las imágenes secuenciales nos permite la evaluación del drenaje renal y en los casos de insuficiencia renal aguda posrenal puede detectarse el lugar de la obstrucción. Las glomerulonefritis, las nefropatías intersticiales infecciosas, las enfermedades sistémicas, las nefropatías tóxicas y hereditarias se encuentran entre las causas más frecuentes de nefropatías crónicas; a menudo son asintomáticas y se llega al diagnóstico cuando la función está gravemente comprometida. La valoración clínica del filtrado glomerular mediante la depuración de creatinina endógena en pacientes con lesión renal tiene errores de estimación y no es segura para evaluar la progresión de la enfermedad. La relación entre cambios de la creatinina y de la función glomerular renal no son lineales, sino exponenciales, y un aumento en la creatinina no va a ser evidente clínicamente hasta que la FG disminuya a menos del 50%. En la insuficiencia renal crónica compensada, el renograma puede mantener su morfología, presentando las fases

de llegada y parenquimatosa conservadas y una tercera fase con disminución en el gradiente de eliminación, pudiendo interpretarse erróneamente como obstructivo, error que se puede subsanar valorando de forma conjunta las imágenes secuenciales y las curvas funcionales que nos permiten diferenciar el componente obstructivo o dificultad en la eliminación del daño parenquimatoso. El renograma con estímulo farmacológico, con diuréticos y con inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, para establecer el diagnóstico etiológico de la insuficiencia renal, están indicadas en el estadio inicial. A pesar del daño establecido, el tratamiento de la causa (uropatía obstructiva o hipertensión renovascular) puede estabilizar o enlentecer su desarrollo en una etapa temprana, llegando a recuperar la función deteriorada. En insuficiencia renal crónica los radiotrazadores que se eliminan por secreción tubular, MAG3, son los indicados por su alta eficiencia de extracción, y la retención cortical es el parámetro más importante. El renograma podría tener su indicación para valorar la función renal relativa de cada riñón y controles evolutivos ante situaciones de descompensación. Su indicación en la población pediátrica no está claramente establecida, pero en casos de insuficiencia renal establecida no es una prueba indicada para el seguimiento de estos pacientes. Si fuera necesario determinar la función renal diferencial, se podría realizar con una gammagrafía con DMSA.

10. TÉCNICAS DE IMAGEN EN EL TRASPLANTE RENAL

El riñón trasplantado puede valorarse en morfología y función por diferentes técnicas, fundamentalmente, como en el resto de la patología aquí discutida, mediante ecografía.

La **ecografía convencional** valora el grosor y la ecogenicidad del parénquima a la vez que detecta la existencia o no de dilatación de la vía. En el caso de rechazo, los signos ecográficos van desde la fase aguda en la que hay un aumento de tamaño del riñón e hipocogenicidad parenquimatosa a la atrofia progresiva y la desdiferenciación corticomedular a medida que se cronifica. También puede detectar complicaciones postrasplante (abscesos, linfocitos, fugas urinarias).

- La **ecografía Doppler** valora el flujo arterial, detectando signos directos o indirectos de estenosis arteriales, que fundamentalmente suelen ocurrir en la anastomosis y que pueden conducir a hipertensión o fallo del injerto.
- También puede ser necesaria la realización de **biopsia ecodirigida** para valorar la existencia de rechazo. En casos de colecciones o fugas urinarias, también pueden realizarse drenajes u otros intervencionismos guiados por ecografía.
- La vascularización también puede valorarse mediante **angio-RM** o **angio-TC**. Su utilidad fuera de este contexto es menor.
- Mediante **angiografía** podemos realizar angioplastia para tratar estenosis arteriales anastomóticas o en otras localizaciones.
- El **renograma** puede desempeñar un rol importante en el estudio del riñón trasplantado, en especial en etapas precoces. Evalúa en primer lugar la perfusión renal, lo que se facilita por la mayor cercanía a la superficie del injerto y por la pérdida del mecanismo neurovascular por sección de las fibras autonómicas.

cas. También es posible evaluar la función y excreción. La ausencia absoluta de perfusión puede ser causada por trombosis de la arteria renal o de la vena renal y por rechazo hiperagudo, situaciones que normalmente pueden ser discriminadas por la presencia de un riñón pequeño en la obstrucción arterial o voluminoso y sensible en las otras dos situaciones, cuya diferenciación puede hacerse en base otros elementos clínicos y de laboratorio. El deterioro de la perfusión y de la función (que puede ser objetivado por parámetros como el índice de perfusión, filtración glomerular o FPRE) indica la posibilidad de rechazo agudo. En contraste, la necrosis tubular aguda cursa con deterioro funcional, pero sin compromiso preponderante de la perfusión. Otra complicación es la fuga urinaria, alteración fácilmente detectable por el renograma. Por último, la alta tasa de extracción del MAG3 posibilita ver el riñón aun en situaciones de compromiso funcional muy grave y podría ser el único indicio de existencia de vitalidad en el injerto.

4. Cakici EK, Aydog O, Eroglu FK, Yazilias F, Ozlu SG, Uner C, *et al.* Value of renal pelvic diameter and UTD classification in prediction of urinary tract anomalies. *Pediatr Int.* 2019;61(3):271-277.
5. Cara-Fuentes G, Gupta N, Garin EH. The RIVUR study: a review of its findings. *Pediatr Nephrol.* 2015;30:703-706.
6. Chow JS, Koning JL, Back SJ, Nguyen HT, Phelps A, Darge K. Classification of pediatric urinary tract dilation: the new language. *Pediatr Radiol.* 2017; 47:1109-1115.
7. Hassib N, Muhaned M, Asad AK, Abdulla A, Amar A. Renal tract abnormalities missed in a historical cohort of young children with UTI if the NICE and APP imaging guidelines were applied. *J Pediatr Urol.* 2015;11(5):252.e1-7.
8. Hoberman A, Chesney RW. The RIVUR trial investigators. Antimicrobial prophylaxis for children with vesicoureteral reflux. *N Engl Med J.* 2014; 370(25):2367-2376.
9. Hodhod A, Capolicchio JP, Jednak R, El-Sherif E, El-Doray AEA, El-Sherbiny M. Evaluation of urinary tract dilation classification system for grading post-natal hydronephrosis. *J Urol.* 2016;195:725-730.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ataei N, Madani A, Habibi R, Khorasani M. Evaluation of acute pyelonephritis with DMSA scans in children presenting after the age of 5 years. *Pediatr Nephrol.* 2005;20:1439-1444.
2. Balthazar A, Herndon A. Prenatal urinary tract dilatation. *Urol Clin N Am.* 2018;45:641-657.
3. Braga LH, McGrath M, Farrokhyar F, Jegatheeswaran K, Lorenzo AJ. Society for urology classification versus urinary tract dilation grading systems for prognostication in prenatal hydronephrosis: a time to resolution analysis. *J Urol.* 2018;199(6):1615-1621.
10. Jackson JN, Zee RS, Martin AN, Corbett ST, Herndon A. A practice pattern assessment of members of the Society of Pediatric Urology for evaluation and treatment of urinary tract dilation. *J Pediatr Urol.* 2017;13:602-607.
11. Karmazyn BK, Alazraki AL, Anupindi SA, Dempsey ME, Dillman JR; Expert Panel on Pediatric Imaging; *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Urinary Tract Infection-Child. *J Am Coll Radiol.* 2017;14(5S):S362-S371.
12. Nguyen HT, Benson CB, Bromley B, Campbell JB, Chow J, Coleman B, *et al.* Multidisciplinary con-

- sensus on the classification of prenatal and post-natal urinary tract dilation (UTD classification system). *J Pediatr Urol.* 2014;10:982-999.
13. Okarska-Napierala M, Wasilewska A, Kuchar E. Urinary tract infection in children: Diagnosis, treatment, imaging. Comparison of current guidelines. *J Pediatr Urol.* 2017;13:567-573.
 14. Ozen C, Ertan P, Aras F, Gumuser G, Ozkol M, Dinc GH. Evaluation of abnormal radiological findings in children aged 2 to 36 months followed by recurrent urinary tract infection: a retrospective study. *Renal Fail.* 2017;39(1):100-103.
 15. Riccabona M, Vivier PH, Ntoulia A, Darge K, Avni F; ESPR Uroradiology Task Force; *et al.* ESPR Uroradiology Task Force imaging recommendations in paediatric uroradiology, part VII: standardised terminology, impact of existing recommendations, and update on contrast-enhanced ultrasound of the paediatric urogenital tract. *Pediatr Radiol.* 2014;44:1478-1484.
 16. Rosenblum N. Evaluation of congenital anomalies of the kidney and urinary tract (CAKUT). En: UpToDate [en línea]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/evaluation-of-congenital-anomalies-of-the-kidney-and-urinary-tract-CAKUT>
 17. Rosenblum N. Overview of congenital anomalies of the kidney and urinary tract (CAKUT). En: UpToDate [en línea]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-congenital-anomalies-of-the-kidney-and-urinary-tract-CAKUT>
 18. Suson KD, Mathews R. Evaluation of children with urinary tract infection-Impact of the 2011 AAP guidelines on the diagnosis of vesicoureteral reflux using a historical series. *J Pediatr Urol.* 2014;10:182-185.
 19. Urisarri A, Gil M, Mandiá N, Aldamiz-Echevarría L, Iria R, González-Lamuño D, *et al.* Retrospective study to identify risk factors for chronic kidney disease in children with congenital solitary functioning kidney detected by neonatal renal ultrasound screening. *Medicine.* 2018;97(32):e11819.
 20. Yamamoto K, Kamei K, Sato M, Ogura M, Suzuki M, Hasegawa Y, *et al.* Necessity of performing voiding cystourethrography for children with unilateral multicystic dysplastic kidney. *Pediatr Nephrol.* 2019;34:295-299.
 21. Yulia A, Winyard P. Management of antenatally detected kidney malformations. *Early Hum Dev.* 2018;126:38-46.

