

LAS TÉCNICAS DE IMAGEN EN EL ESTUDIO DE LAS ENFERMEDADES NEFRÓLOGICAS

José Carmelo Albillos Merino⁽¹⁾, Mercedes Mitjavila Casanovas⁽²⁾, Mar Espino Hernández⁽³⁾

⁽¹⁾Radiodiagnóstico. Unidad Central de Radiodiagnóstico. Comunidad de Madrid.

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

⁽³⁾Unidad de Nefrología Pediátrica. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Alcorcón, Madrid

Albillos Merino JC, Mitjavila Casanovas M, Espino Hernández M.
Las técnicas de imagen en el estudio de las enfermedades nefrológicas.
Protoc diagn ter pediatri. 2014;1:241-69



RESUMEN

- La tecnología actual nos permite disponer de pruebas de imagen que proporcionan información anatómica y funcional muy precisa en el estudio de la patología nefrourológica.
- La ecografía, por su disponibilidad, bajo coste, e inocuidad, es la prueba de elección en la mayoría de patologías, la que se realiza en primer lugar y la única necesaria en muchas ocasiones.
- Las modalidades multiplanares (TC y RM) suponen una gran ayuda para la valoración de determinadas patologías, siendo necesario justificar adecuadamente su uso por el coste y los riesgos inherentes a la radiación ionizante (en el caso de la TC) y a los contrastes IV utilizados.
- Los estudios radiológicos tradicionales (CUMS, fundamentalmente) tienen su papel, aunque van siendo paulatinamente sustituidos por su equivalente ecográfico (la ecocistografía). Por último, diversas técnicas de imagen sirven de guía para procedimientos intervencionistas, tanto diagnósticos como terapéuticos.
- Las técnicas de Medicina Nuclear que nos ayudarán en el manejo de los pacientes que han padecido infecciones urinarias serán:
 - Episodio agudo y/o dudas diagnósticas: gammagrafía renal con DMSA.
 - Valoración de cicatrices: gammagrafía renal con DMSA.
 - Diagnóstico de RVU sin dilatación de uréteres en eco: cistogammagrafía directa.
 - Seguimiento de RVU: cistogammagrafía directa, y si se quiere valorar función renal también cistogammagrafía indirecta.
- En la hidronefrosis congénita, la prueba de elección para descartar la obstrucción es el renograma diurético con MAG3. Esta misma técnica será la utilizada en el estudio de la hipertensión arterial en niños utilizando el test de captopril y en el seguimiento renal de las posibles complicaciones en los pacientes con trasplante renal.

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 patología a la vez que se intenta disminuir sus efectos adversos, singularmente 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 radiología simple, 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 en los no dedicados específicamente a la Pediatría, de disponibilidad de estas pruebas y 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 las mismas 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

Aunque es la exploración de realización más sencilla, su uso está disminuyendo debido, por una parte, a que emplea radiaciones ionizantes y, por otra, a que la información que proporciona es limitada. Su uso fundamental es la detección y seguimiento de calcificaciones renales y de la vía urinaria, singularmente litiasis en zonas donde la ecografía no puede visualizarlas (uréter).

2.2. Ecografía

La ecografía, por su inocuidad y su coste reducido, es la exploración esencial en el estudio de la patología nefrourológica. Su uso comienza intraútero y se extiende durante toda la infancia. Su capacidad para valorar adecuadamente el parénquima renal, la vía urinaria, la vejiga y el resto de estructuras abdominales, todo ello en tiempo real, tiene una validez inigualable.

La ecografía se utiliza fundamentalmente para realizar una valoración anatómica. El tamaño y/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 y la valoración de la vejiga y los órganos pélvicos son, entre otros, datos de fácil visualización por esta técnica.

Adicionalmente, el uso de determinadas técnicas ecográficas aumenta su valor diagnóstico:

- Ecografía Doppler renal, para valorar los vasos y ramas principales tanto arteriales como venosas y las características de su flujo; de gran utilidad en la sospecha de trombosis arterial o venosa, estenosis arterial, etc. Mediante la técnica de power-Doppler también se valora la vascularización intrarrenal proporcionando información adicional para el estudio de tumores sólidos o áreas inflamatorias (nefronia lobar/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.

2.3. Cistouretrografía miccional seriada

Su utilidad es indiscutible para la valoración de la anatomía de la vía urinaria y del reflujo vesicoureteral. Aunque tiene como alternativa la ecocistografía, esta todavía 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

Tiene una utilidad muy limitada, 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 sea ecografía, uro-TC o uro-RM, que además proporcionan mejor información sobre los órganos adyacentes.

2.5. Tomografía computarizada

La 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, que permite la realización de reconstrucciones multiplanares y volumétricas. Su desventaja radica en que emplea radiación ionizante, por lo que su uso debe ser justificado y hay que emplear protocolos de imagen de baja dosis. En la mayor parte de los estudios, es necesario utilizar contrastes yodados por vía IV. Nos permite obtener imágenes con diferentes utilidades, que pueden adquirirse de forma aislada o combinada:

- TC convencional, para obtener información anatómica muy detallada, incluyendo la detección de calcificaciones (incluso las de baja atenuación, no visualizadas en la radiografía simple) y la valoración, cuando se utiliza contraste IV, de la captación del parénquima.
- 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.

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 menores de 60 ml/min/1,73 m², desaconsejándose su uso en aclaramientos menores de 30 ml/min/1,73 m².

2.6. Resonancia magnética

La 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 las TC más modernas. 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 menores de dos 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.
- 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.

- 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 están autorizados para su uso en menores de dos años, y por otra, por la función renal, ya que no se aconseja su administración con aclaramientos de creatinina menores de 30 ml/min/m² por el riesgo de padecer fibrosis sistémica nefrogénica. 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 o radioscopia 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, 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, pudiendo en ocasiones obtenerse imágenes a las 24 horas si se sospecha patología 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. 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 entre el 45 y el 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 del riñón izquierdo (en su borde anterolateral), puede aparecer aplanado, debido a la impronta esplénica.

La gammagrafía renal resulta de utilidad en:

- 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 observa 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.
- Nefropatía cicatricial: 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 y/o riñones cicatriciales o displásicos: se observa un riñón pequeño con afectación difusa de todo el parénquima.

- Lesiones ocupantes de espacio: diferencia tejido renal funcionando 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 enzima convertidora de angiotensina (IECA).

3.2. Renograma

Para realizar un renograma se utilizan radio-trazadores glomerulares, como el ^{99m}Tc -ácido dietil-triamino-pentacético (DTPA), o tubulares, como el ^{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, principalmente 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 lo 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.

Tras la administración del radiotrazador vía endovenosa en bolo y bajo la gammacámara, se obtienen imágenes secuenciales 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. El momento de administrar el estímulo diurético durante la exploración es motivo de controversia; 15 minutos antes de la administración 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 F0 resulta de utilidad principalmente en niños, en los que la canalización venosa resulta difícil 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 juega 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 dilatación de la vía urinaria, permite determinar si su comportamiento es obstructivo, así como la funcionalidad de ese

riñón, siendo de ayuda para la indicación quirúrgica. Así mismo, permite realizar el seguimiento tras la cirugía, valorando la persistencia o no de la 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 posible. Las imágenes obtenidas y las 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 administración de IECA (captopril).

El fundamento fisiopatológico de los estudios con IECA reside en la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona cuando la perfusión está comprometida como consecuencia de la estenosis de una arteria renal, produciéndose un aumento de la presión arterial sistémica, dilatación de las arteriolas preglomerulares, vasoconstricción postglomerular y posiblemente otros mecanismos que ayudan a mantener la filtración glomerular. La inhibición de la enzima convertidora mediante IECA, al interferir en la formación de angiotensina II, produce una dilatación de las arteriolas postglomerulares que conduce a una drástica disminución o incluso anulación del filtrado glomerular, pudiendo ocasionar una insuficiencia renal en pacientes con hipertensión vascularrenal bilateral o con riñón único estenótico.

Estas alteraciones tras la administración del IECA condicionan una disminución en la cap-

tación de radiotrazadores glomerulares (^{99m}Tc -DTPA) en los estudios gammagráficos, así como una disminución de los valores de función renal unilateral. Además, se ha podido comprobar que aunque el flujo sanguíneo al riñón isquémico no se reduce de manera significativa tras el IECA, sí 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 los mismos (^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DMSA).

La conferencia de consenso de la utilización del renograma con IECA para la detección de hipertensión vascularrenal establece que, para ser coste/eficiente, el test debe ser utilizado en pacientes con un riesgo moderado/alto de hipertensión vascularrenal. En primer lugar se realizaría el renograma tras IECA, considerando el test negativo para hipertensión vascularrenal si el estudio es normal y evitando en este caso la realización del estudio basal. En cambio, si el resultado es anormal o equivoco, debe realizarse 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, según el radiotrazador se introduzca directamente en la vejiga mediante una sonda (cistogammagrafía directa [CD]) o sea administrado 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 y/o 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 CUMS seriada ha sido negativa.

Cistogammagrafía directa

Se basa en la observación continua de las fases de llenado y vaciado vesical tras la instilación del radiotrazador directamente en la vejiga a través de un catéter. Se utiliza preferiblemente un coloide o DTPA marcados con ^{99m}Tc , en una dosis de 18,8-37 MBq, que se introduce en la vejiga vía catéter, y posteriormente se rellena la vejiga con suero fisiológico a temperatura corporal hasta su capacidad máxima (volumen de llenado = 10 cc/kg) y de forma lenta. Posteriormente, se registra la fase miccional espontánea y se obtiene también una imagen postmiccional. 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 el tracto urinario que indicaría la presencia de RVU, si el RVU se produce en la fase de llenado o de vaciado, el volumen vesical al que aparece el RVU, el carácter uni- o bilateral, y la intensidad del RVU (leve, I de la CUMS; moderado, II-III de la CUMS y grave, IV-V de la CUMS).

Cistogammagrafía indirecta

Tras la realización del renograma hay que esperar al llenado vesical de forma fisiológica hasta que el paciente experimente la necesi-

dad 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 menores de tres 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 existe un acuerdo universal sobre el mejor protocolo de estudio del tracto urinario en los pacientes que han tenido una infección urinaria. 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 corresponden a defectos displásicos congénitos producidos por el efecto del RVU sobre el parénquima renal en el desarrollo. Igualmente, se ha demostrado que el RVU de bajo grado tiende a la corrección espontáneamente y que el tratamiento profiláctico no siempre disminuye el número de infecciones ni de nuevas cicatrices. Si nos basamos en 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, sino por la repercusión que tiene sobre la calidad de vida de estos niños y sus familias. Por otro lado, buscaremos diagnosticar los niños con daño renal parenquimatoso producido por esta primera infec-

ción o por patología previa, ya que estos serán pacientes de riesgo nefrológico y las pruebas de imagen nos ayudaran en su seguimiento.

A continuación, se exponen las pruebas que nos pueden ayudar a conseguir estos objetivos:

4.1. Ecografía

La ecografía es la prueba inicial y, en muchas ocasiones también la única, que se realiza para el estudio de la infección urinaria. Su accesibilidad, inocuidad, reproductibilidad y 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 cráneo-caudal, 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) o 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 nefronia lobar (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, que permite la detección

de alteraciones patológicas en otros órganos intra y retroperitoneales.

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

Además del estudio convencional, la **ecografía Doppler** puede ser de gran utilidad en determinadas situaciones:

- Para valorar los vasos principales y descartar la presencia de trombosis arterial o venosa (Doppler convencional).
- Para valorar la vascularización parenquimatosa (power Doppler). 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 color más patente.
- Para valorar la presencia de lesiones focales inflamatorias (power Doppler). En la nefronia lobar el flujo está aumentado, visualizándose más señal de color en la zona. Si aparece abscesificación, el flujo desaparece en las áreas de necrosis, mientras que persiste en su periferia.

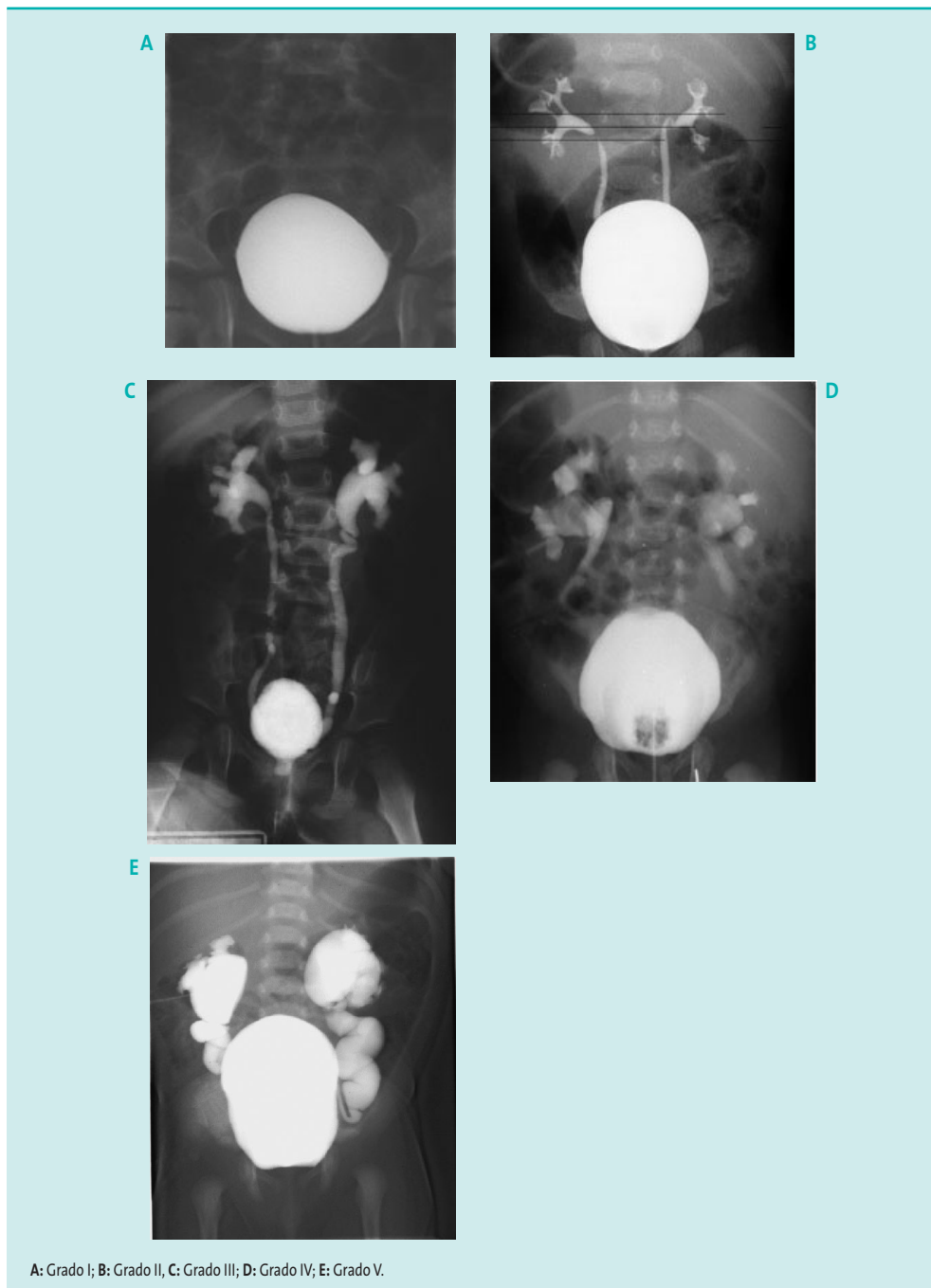
La ecografía puede además servir de guía para el diagnóstico y/o tratamiento de abscesos mediante punción percutánea con obtención de muestra para microbiología o con colocación de un catéter de drenaje en su interior.

4.2. Cistouretrografía miccional seriada

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

- Al inicio de la exploración, debe estudiarse con la vejiga todavía con escasa repleción la zona de las uniones ureterovesicales, para descartar fundamentalmente la presencia de ureterocele (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 placas miccionales valorarán la morfología del cuello vesical para descartar disfunciones del mismo y la uretra, fundamentalmente en el varón. El residuo postmiccional 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 del mismo (**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.

Figura 1. Clasificación internacional del reflujo

4.3. 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 los protocolos admiten la realización de ecocistografía 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 dificultosa con la ecografía. Sin embargo, la realización de uretrografía ecográfica actualmente está adecuadamente protocolizada, si bien requiere un cierto entrenamiento por parte del ecografista.

4.4. 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 quiere delimitar nefronía lobar o abscesos no claramente visualizados en ecografía o cuando hay extensión extrarrenal de la infección a retroperitoneo o estructuras vecinas.

4.5. Gammagrafía renal

El DMSA es más sensible que la ecografía con 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, por tanto, 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 cicatrices renales durante el seguimiento. Algunos autores defienden la realización del DMSA pasados un mínimo de seis 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 ante dudas diagnósticas de la presencia de pielonefritis y/o ante pielonefritis atípica y/o cambio en el manejo del paciente.

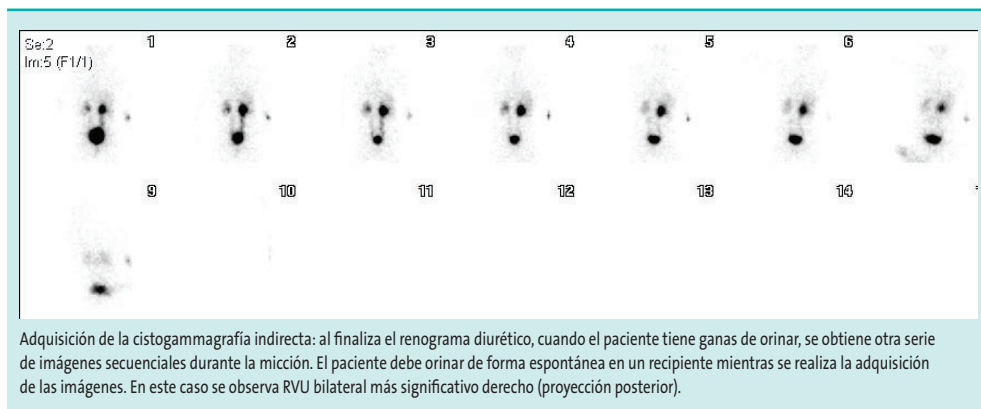
4.6. Cistogammagrafía directa

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.

4.7. Renograma diurético con cistogammagrafía indirecta

La cistogammagrafía indirecta (**Figura 2**) sería el complemento del renograma, que nos aporta información funcional renal y nos permite

Figura 2. Cistogammagrafía indirecta



valorar en fase parenquimatosa la presencia de posibles cicatrices, aunque con una menor sensibilidad que la gammagrafía renal (DMSA). Una vez llena 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, con mayor dificultad en la interpretación de las imágenes y necesitando la colaboración del paciente (debe controlar esfínteres). La cistogammagrafía indirecta cuenta con 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 de estos pacientes.

5. TÉCNICAS DE IMAGEN EN LA DILATACIÓN DE LA VÍA URINARIA PRENATAL

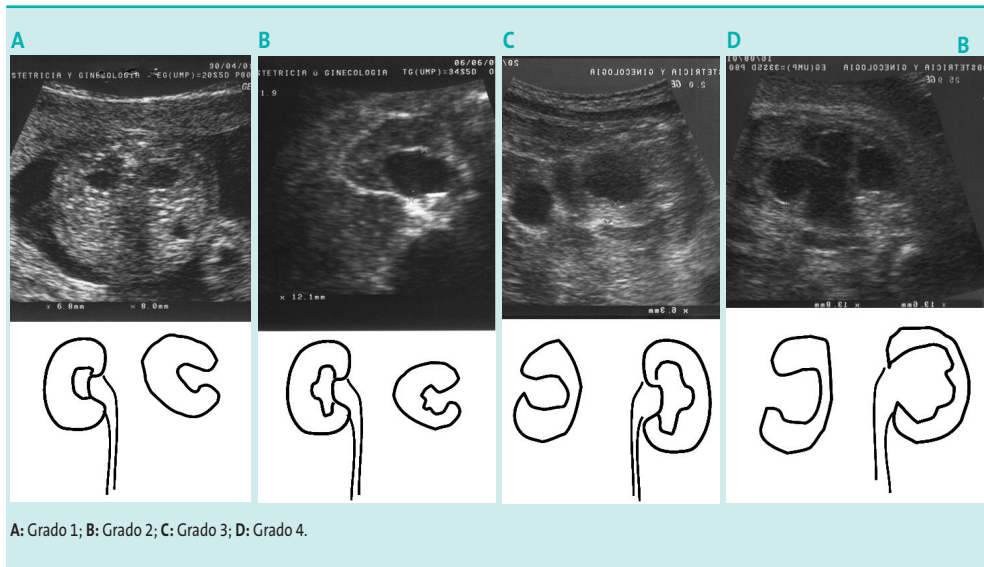
La dilatación de la vía urinaria (DVU) es la anomalía prenatal del tracto urinario detectada con más frecuencia. Puede formar parte del complejo de las anomalías del riñón y tracto urinario (CAKUT) o tratarse de un hallazgo aislado. El reflujo vesicoureteral y la obstrucción del tracto urinario pueden ser la causa, aunque en muchos casos es un trastorno transitorio y fisiológico, sobre todo en las dilataciones inferiores a 15 mm. Algunos autores consideran DVU cuando el diámetro anteroposterior de la pelvis en la ecografía realizada en el segundo trimestre, semana 20 de edad gestacional, es mayor de 4 mm, y otros cuando es mayor de 5 mm. Si la DVU se detecta en el tercer trimestre, después de la semana 32 de edad gestacional, se considera patológico cuando es mayor de 7 mm. Tampoco existe consenso en las clasificaciones de la DVU prenatal. A continuación, se exponen las dos 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 mayor de 4 mm antes de la semana 32 y más de 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.
- Grado IV: Dilatación extrema de la pelvis y los cálices (pueden tener aspecto convexo); parénquima adelgazado.
- **Clasificación según el diámetro anteroposterior de la pelvis renal**
 - Dilatación piélica leve de 4 a 10 mm.
 - Dilatación piélica moderada de 10 a 15 mm asociadas a CAKUT.
 - Dilatación piélica severa más de 15 mm, gran riesgo de CAKUT.

5.1. Diagnóstico postnatal de los pacientes con diagnóstico de DVU prenatal: pruebas de imagen y función renal

El objetivo del manejo postnatal de estos pacientes es detectar los pacientes que tienen

Figura 3. Clasificación DVU de la Sociedad de Urología Fetal



una dilatación significativa que puede corresponder a una malformación y evitar exploraciones innecesarias en aquellos casos en los que son transitorias o fisiológicas. Al igual que en la infección urinaria, no existe consenso en el manejo postnatal, y la escasa implicación terapéutica y pronóstica que tiene actualmente el reflujo vesicoureteral tiende a limitar las exploraciones. La mayoría de los autores se basan en los factores predictivos prenatales mencionados anteriormente.

Las pruebas que pueden ayudarnos al diagnóstico son:

Ecografía

La ecografía es la prueba de elección para el diagnóstico y seguimiento de la DVU prenatal. 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 oliguria fisiológica del neonato. Por lo tanto, en caso de dilataciones leves o moderadas detectadas intraútero, deberá esperarse entre una y cuatro semanas 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 y morfología renal, así como, el tamaño. Con especial atención a la existencia de dobles sistemas.
- La presencia o ausencia de hallazgos patológicos parenquimatosos, fundamental-

mente 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 origen 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 (especialmente valorando la existencia de ureterocele y/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 DVU:

- 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.

Cistouretrografía miccional seriada

La CUMS radiológica o la ecocistografía valoran en el contexto de la DVU:

- 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 la misma 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.

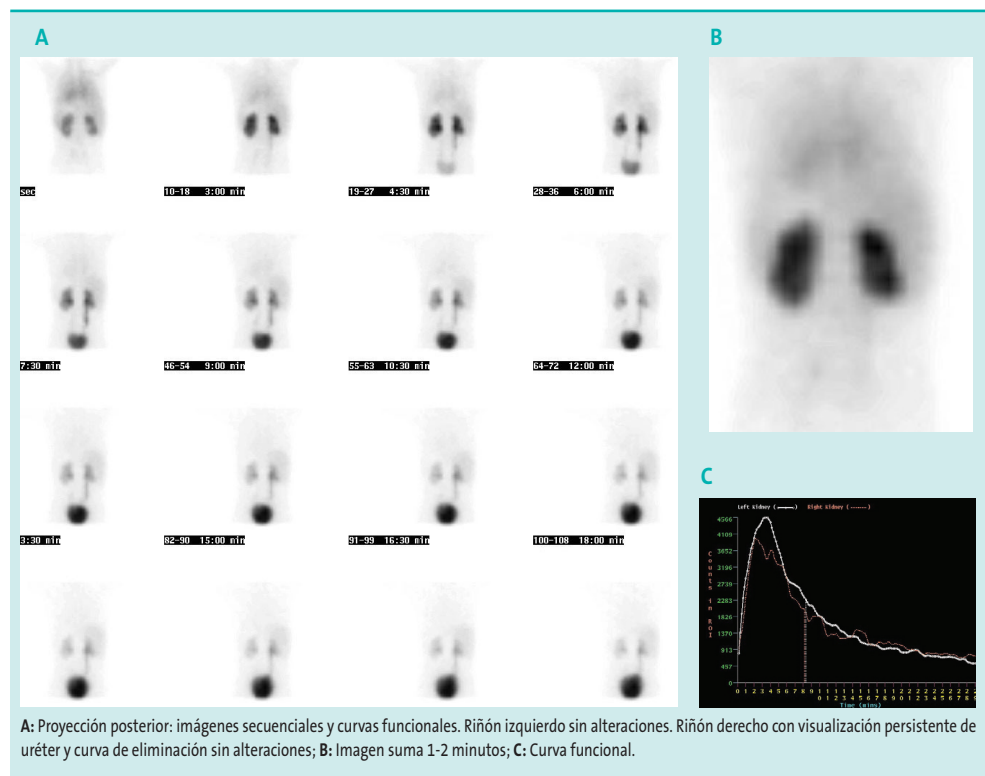
Modalidades multiplanares (TC/RM)

El uso de las mismas 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 DVU. 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 mayores de dos 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 estudio los protocolos más adecuados para su realización. Además, como se ha comentado, no está autorizada la administración de contraste en menores de dos años. No obstante, es una técnica prometedora con mayor implantación en los últimos años.

Renograma diurético

El renograma diurético proporciona información simultánea sobre la función renal, principalmente sobre la función renal relativa (FRR) y el drenaje del tracto urinario. El drenaje puede valorarse mediante el análisis visual de la forma de la curva funcional del renograma (Figuras 4 y 5), en la que un ascenso brusco de la curva seguido de un rápido descenso de la misma 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 radio-

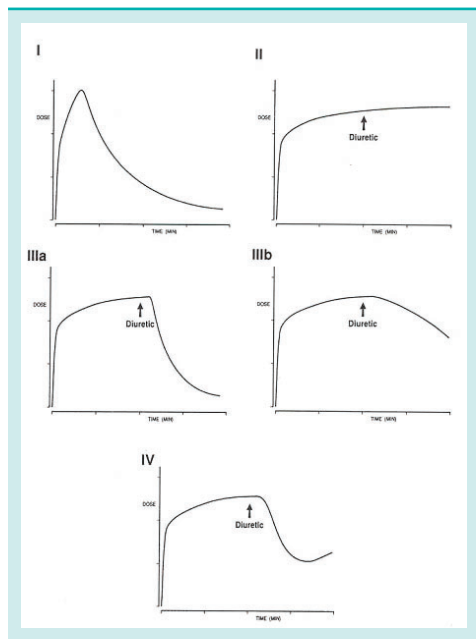
Figura 4. Renograma diurético con MAG3


trazador 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 postmicionales, 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 fisiológicas del recién nacido, que pueden originar una curva prolongada o en meseta, y a una respuesta insuficiente a la furosemida en ausencia de obstrucción, por lo que se recomienda realizar el renograma diurético no antes del mes de vida. Las pelvis re-

Figura 5. Respuesta al estímulo diurético



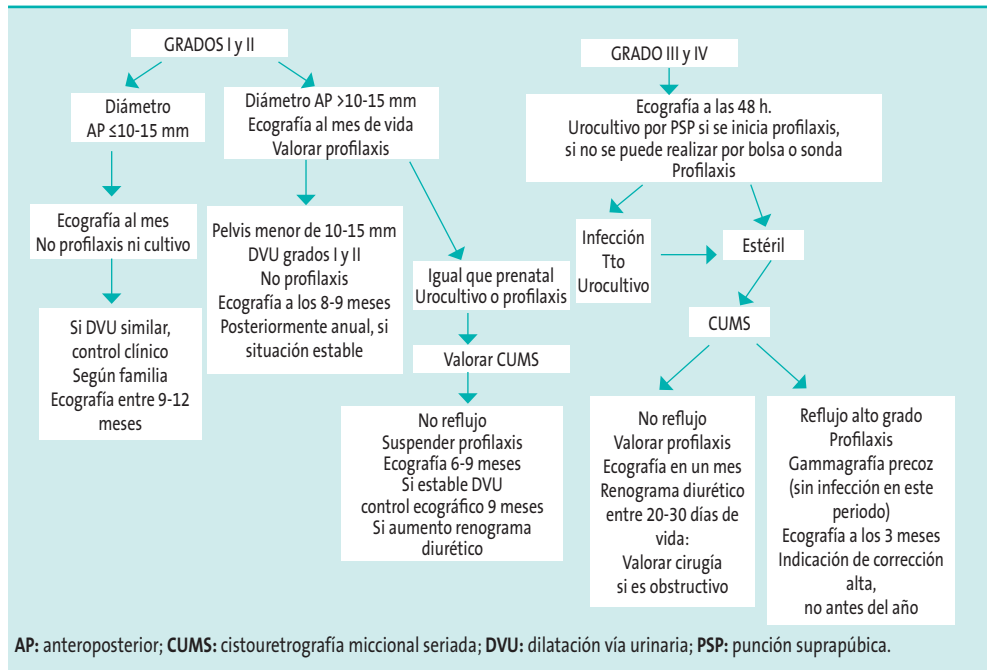
nales muy distensibles pueden dilatarse en respuesta al estímulo diurético sin aumento de la presión hasta niveles suficientes para vencer la resistencia a la eliminación originando una curva prolongada en ausencia de obstrucción. Por ello, el patrón de eliminación prolongado puede no ser indicativo 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 DVU prenatal, compatible con la presentada en el capítulo correspondiente, se expone en el **Algoritmo 1**.

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

El objetivo del manejo postnatal de estos pacientes, a diferencia del grupo de DVU prenatal, va a ser diagnosticar todas las malformaciones que pueden presentar y valorar la necesidad de tratamiento, evitando igualmente exploraciones innecesarias. En este grupo de pacientes, hay más acuerdo en la necesidad de estudios postnatales. En el capítulo correspondiente, se plantea un enfoque de las distintas situaciones clínicas posibles basado en la clasificación del diámetro anteroposterior de la pelvis. A continuación, se expone un algoritmo diagnóstico basado en los grados de DVU de acuerdo con la clasificación de la SUF en los pacientes con DVU prenatal y CAKUT; para simplificar el manejo, dado que las CAKUT presentan DVU con mucha frecuencia, nos referiremos al algoritmo diagnóstico en todos sus grados de gravedad y que es de aplicación a ambas situaciones (**Algoritmo 1**). Es importante tener presente que no existe consenso en el mejor algoritmo a aplicar; va a depender de las posibilidades diagnósticas y terapéuticas de cada centro. El objetivo para los nefrólogos infantiles será detectar los pacientes con indicación quirúrgica para hacer una adecuada derivación. La urología pediátrica no

Algoritmo 1. Manejo de la dilatación de la vía urinaria prenatal


está disponible en todos los centros y con frecuencia nos encontramos pacientes con patología urológica donde la opción terapéutica no es la quirúrgica, siendo posible un seguimiento por el nefrólogo infantil.

La **ecografía prenatal** es el punto de partida del estudio. Nos basaremos en la clasificación de la SUF combinado con el diámetro anteroposterior de la pelvis. A los pacientes con DVU grado I o II de la SUF o dilataciones leves, pelvis inferiores a 10-15 mm, con afectación uni o bilateral se les realizará la ecografía entre la primera y la cuarta semanas de vida. Si la pelvis es inferior a 7 mm no son necesarias más exploraciones. Si se confirma el diagnóstico, se darán de alta sin profilaxis antibiótica, ya que en estos pacientes la sospecha de reflujo

vesicoureteral de alto grado será baja y la **CUMS** no se realizará de forma rutinaria. Se realizará seguimiento ecográfico entre los seis y los nueve meses y, si la situación es estable o ha disminuido, se repetirá anualmente. Si ha aumentado el grado de DVU, se procederá de acuerdo a la gravedad que presente. A los pacientes con DVU grados III y IV de la SUF o con dilataciones moderadas-graves, pelvis mayores de 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 CUMS que se puede posponer más allá de los siete 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 tres y los seis 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 debe valorarse la indicación quirúrgica. Si el tipo de curva en el renograma es dudoso, o tenemos duda del manejo del paciente, se derivará igualmente para valoración urológica. Si el paciente tiene RVU, habrá que descartar la presencia de una displasia renal asociada. Si el paciente tiene una DVU grado IV bilateral o grado III o IV unilateral (pelvis superior a 15 mm) con riñón único, realizaremos la ecografía urgente (antes de las 48 horas de vida), procediendo de la misma forma el resto de los pasos. En estos pacientes se debe evaluar la normalidad de la función renal y tubular.

Los pacientes con diagnóstico compatible con CAKUT en los que se detecta DVU se someterán al mismo protocolo de estudio.

La **ecografía abdominal** será completa, evaluando otras posibles malformaciones y los genitales internos en lo posible. En este grupo de pacientes, la literatura actual todavía propone la realización de la **CUMS** a todos ellos por el gran porcentaje de reflujo asociado a esta patología y por la poca posibilidad, en muchos de estos casos, de una desaparición espontánea por ir asociado a uréteres ectópicos. Sin embargo, en los pacientes con baja sospecha de RVU de alto grado, se podría obviar. Este es el caso de la displasia multiquística

ca y agenesia renal; si el riñón único funcional no se encuentra dilatado, se puede hacer un seguimiento clínico, reservando la CUMS para aquellos que presenten infecciones urinarias.

La **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 intravenoso (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 la 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 **TC** no se utiliza habitualmente, a no ser que no haya disponibilidad de RM o esté indicada la administración de contraste intravenoso (CIV) para la valoración por imagen de la vía excretora renal, (especialmente en pacientes menores de dos años, en los que no puede utilizarse gadolinio IV) en casos de uréteres ectópicos no claramente delimitados, fistulas 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 reali-

zación de una ecografía. La ecografía es una técnica sensible para la detección de patología difusa parenquimatosa, pero su especificidad es baja, siendo 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 renal. 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 cortical. 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 macrocísticos 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 enfermedad renal poliquística, 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 a causa de 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 post-biopsia, siendo el sangrado 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 con hipertensión arterial en Pediatría, con exploración física normal por lo demás, se inicia con una prueba de imagen renal y una función renal, ya que en la infancia, a diferencia del adulto, la hipertensión arterial es con más frecuencia secundaria.

El diagnóstico por imagen se inicia siempre mediante ecografía. En función de la complejidad en el diagnóstico puede ser necesaria la

realización de estudios de RM o TC o estudios vasculares.

8.1. 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.

8.2. Ecografía Doppler

La ecografía en modo Doppler es el estudio de elección en primera instancia ante la sospecha de hipertensión renovascular. 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 detectar estenosis caracterizadas por aumento de la velocidad pico sistólica en la estenosis y la existencia de flujo turbulento en

las áreas postestenóticas. 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 jugar un papel importante en el seguimiento de pacientes con estenosis tratadas.

8.3. Angio-RM y angio-TC

Actualmente, las técnicas multiplanares sustituyen con ventaja a la angiografía convencional en el estudio de sospecha de HTA renovascular. 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 de la 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 parenquimatosa 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.

8.4. 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. Adicionalmente, en casos de HTA grave resistente al tratamiento, con el resto de los 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.

8.5. Renograma postcaptopril

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 adecuadamente 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, estando 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 en pacientes con elevada sospecha clínica de padecer hipertensión de origen renovascular.

9. TÉCNICAS DE IMAGEN EN EL FRACASO RENAL

Las pruebas de imagen en el fracaso renal tienen como objetivo ayudar a encontrar la etiología del mismo. 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 causa de la misma, 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. No debe administrarse gadolinio con aclaramientos de creatinina menores de 30 ml/min/m² por su potencial complicación con fibrosis sistémica nefrogénica.

9.1. 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 postrenal. 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 postrenal es causada por una grave obstrucción 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 escasa. 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, las arterias renales y la vascularización renal. En la "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 intraparenquimatosa 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 postrenal puede detectarse el lugar de la obstrucción. Las glomerulonefritis, las nefropatías intersticiales, las enfermedades sistémicas, las nefropatías tóxicas y las hereditarias se encuentran entre las causas más frecuentes de neuropatías crónicas, siendo a menudo asintomáticas y llegando 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 (FG) renal no es lineal, sino exponencial, y un aumento en la creatinina no va a ser evidente clínicamente

hasta que la FG disminuya por debajo del 50%. En la insuficiencia renal crónica compensada, donde resulta relevante la determinación del filtrado glomerular, 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. 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 la insuficiencia renal crónica, los radiotrazadores que se eliminan por secreción tubular, MAG3, son los indicados por su alta eficiencia de extracción, siendo la retención cortical 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.

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 de-

tecta 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, linfocelos, 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 otras técnicas intervencionistas guiadas 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 jugar un rol importante en el estudio del riñón transplantado, 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. También es posible evaluar la función y excreción. La ausencia absoluta de perfusión puede ser causada por trombosis de la arteria renal, 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 objetivo 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.

Mención especial a la Dra. Antonia Peña Carrión, que ha realizado la revisión externa de este capítulo.

Los criterios y opiniones que aparecen en este capítulo son una ayuda a la toma de decisiones en la atención sanitaria, sin ser de obligado cumplimiento, y no sustituyen al juicio clínico del personal sanitario.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Baskin L, Ozcan T. Overview of antenatal hydronephrosis [en línea]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
- Baskin L. Postnatal management of antenatal hydronephrosis [en línea]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
- Darge K, Higgins M, Hwang TJ, Delgado J, Shukla A, Bellah R. Magnetic resonance and computed tomography in pediatric urology: an imaging overview for current and future daily practice. *Radiol Clin North Am.* 2013;51:583-98.
- Durán C, del Riego J, Riera L. Urosonografía miccional seriada: una técnica segura para el estudio de toda la vía urinaria en pediatría. *Radiología.* 2013;55:160-6.
- Gordon I, Piepsz A, Sixt R. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2011;38:1175-88.
- Grupo de trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre Infección del Tracto Urinario en la Población Pediátrica. Guía de Práctica Clínica sobre ITU en la Población Pediátrica. Plan de Calidad para el SNS del Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud: Guías de Práctica Clínica en el SNS: I+CS N.º 2009/01; 2011.
- Jaksic E, Bogdanovic R, Artiko V, Saranovic DS, Petrasinovic Z, Petrovic M, et al. Diagnostic role of initial renal cortical scintigraphy in children with the first episode of acute pyelonephritis. *Ann Nucl Med.* 2011;25:37-43.

- Juliano TM, Stephany HA, Clayton DB, Thomas JC, Pope IV JC, Adams MC, *et al.* Incidence of abnormal imaging and recurrent pyelonephritis after first febrile urinary tract infection in children 2 to 24 months old. *J Urol.* 2013;190:1505-10.
- Lim R. Vesicoureteral reflux and urinary tract infection: evolving practices and current controversies in pediatric imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;192:1197-208.
- Nagler EV, Williams G, Hodson EM, Craig JC. Interventions for primary vesicoureteric reflux. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;6:CD001532.
- Piepsz A, Colarinha P, Gordon I, Hahn K, Olivier P, Roca I, *et al.* Guidelines on 99mTc-DMSA scintigraphy in children, under the auspices of the paediatric committee of the European Association of Nuclear Medicine – update 2009. Issued: October 3, 2009
- Piepsz A. Antenatal detection of pelviureteric junction stenosis: main controversies. *Semin Nucl Med.* 2011;41:11-9.
- Reusz GS, Kis E, Cseprekál O, Szabó AJ. Captopril-enhanced renal scintigraphy in the diagnosis of pediatric hypertension. *Pediatr Nephrol.* 2010; 25:185-9.
- Riccabona M, Avni FE, Dacher JN, Damasio MB, Darge K, Lobo ML, *et al.*; ESPR uroradiology task force and ESUR paediatric working group. ESPR uroradiology task force and ESUR paediatric working group: imaging and procedural recommendations in paediatric uroradiology, part III. Minutes of the ESPR uroradiology task force minisymposium on intravenous urography, uro-CT and MR-urography in childhood. *Pediatr Radiol.* 2010;40:1315-20.
- Ringer SA. Hydronephrosis in the fetus and neonate: causes, management and outcome. *Neo Reviews.* 2010;11:e236-e242.
- Tullus K, Roebuck DJ, McLaren CA, Marks SD. Imaging in the evaluation of renovascular disease. *Pediatr Nephrol.* 2010;25:1049-56.
- Waters AM, Rosenblum ND. Overview of congenital anomalies of the kidney and urinary tract (CAKUT) [en línea]. Disponible: <http://www.up.todate.com>