

URORRESONANCIA EN 3 TESLA, TÉCNICA, APLICACIONES CLÍNICAS

Magnetic Resonance Urography (MRU) at 3 Tesla, Technique, Clinical Applications

Juana María Vallejo¹ / Catalina De Valencia² / Diana Rodríguez² / Catalina Barragón³

Resumen

Introducción: La ausencia de radiación ionizante y de medios de contraste yodados son las ventajas más grandes de la urografía por resonancia magnética (uroRM) frente a la urografía por escanografía (uroTAC). **Objetivo:** Informar la utilidad de la uroRM, sus ventajas y limitaciones mediante diferentes casos, así como las características imaginológicas propias de este estudio en el magneto de 3 Tesla (3T). **Métodos:** Se inició una recolección de los casos de uroRM desde agosto de 2013 hasta julio de 2014, realizados en resonador de 3T. **Conclusiones:** La uroRM en 3T proporciona una excelente definición del sistema urinario y permite establecer las etiologías de patología obstructiva y otras lesiones renales.

Summary

Introduction: The absence of ionizing radiation and iodinated contrast media are the biggest advantages of magnetic resonance urography (UroRM) against urography scans (UroCT). **Objective:** Inform the utility of UroRM, its advantages and limitations through different cases and imaging characteristics typical of this study in the 3 Tesla magneto (3T). **Methods:** A collection of cases of UroRM was started from August 2013 to July 2014, conducted in 3T resonator. **Conclusions:** 3T UroRM provides an excellent definition of the urinary system and allows for the etiologies of obstructive disease and other renal lesions.

Introducción

Así como la UroTAC, la UroRM tiene la utilidad de evaluar el parénquima renal, los sistemas colectores, uréteres y vejiga.

La mejor relación señal-ruido en el resonador de 3 Tesla (T), la excelente resolución de contraste y la ausencia de radiación ionizante, hacen que la UroRM sea un estudio prometedor para la evaluación no invasiva del tracto urinario (1). Sin embargo, no supera a la UroTAC en la resolución espacial. Las nuevas secuencias y la mejora en la resolución han hecho que el interés en esta técnica aumente, ya que compete con las imágenes obtenidas con otras técnicas, superando algunas de sus limitaciones (2).

Es importante familiarizarse con las imágenes obtenidas, conocer sus limitaciones y artefactos, así como continuar con los estudios en esta técnica que se considera en evolución.

La urografía por RM es un estudio con importantes utilidades que permite la evaluación del tracto urinario, su anatomía y sus anomalías, así como también ofrece grandes ventajas para ser empleada en niños y pacientes embarazadas.

Se han descrito dos técnicas de urografía por resonancia: estática y dinámica. En este estudio describiremos estas técnicas, el protocolo de imágenes de nuestra institución y resumiremos brevemente las aplicaciones más importantes de la urorresonancia, usando casos de nuestra práctica diaria (3,4).

Técnica de urografía por resonancia

Urografía estática

Es también llamada *uroresonancia en T2* o *hidrografía*. Se realiza con base en secuencias fuertemente ponderadas en T2, que aprovechan los tiempos largos de relajación de la orina, con lo que se logra ver alta intensidad de señal y permite ver el tracto urinario como una columna

estática de líquido (5,6). Estas secuencias pueden repetirse para observar los uréteres en su totalidad y para caracterizar las estenosis fijas. La urorresonancia estática tiene mayor rendimiento diagnóstico en los sistemas colectores dilatados u obstruidos y es útil en pacientes con pobre excreción renal o disminución de esta, así como en las pacientes embarazadas (3,4,6-8).

La valoración del tracto urinario con esta técnica no requiere de la utilización de medio de contraste y por lo tanto no depende de la función excretora renal, sino, únicamente, de la presencia de orina en los sistemas colectores y uréteres (9).

La hidratación, el uso de diuréticos y la compresión pueden mejorar la calidad de las imágenes en pacientes con sistemas colectores no dilatados (3). La hidratación intravenosa se prefiere a la oral, para evitar que otras estructuras llenas de líquido fuera del tracto urinario interfieran en la imagen. En caso tal de que lo hagan, es posible adquirir secuencias adicionales o realizar un posproceso en la consola para eliminar estos elementos de la imagen (3,7).

Secuencias

- T2 con SG-FSE, se realizan en apnea con disparo único (1-2 seg).
- 3D, son útiles para tomar información de secciones delgadas o proyecciones en MIP de todo el sistema urinario.
- T2 pesada, se utiliza para identificar el sitio de estenosis (aunque se pueden requerir secuencias adicionales)
- Cineurorresonancia, es útil para confirmar la presencia de estenosis; deben tomarse 10 a 15 secuencias con un intervalo de tiempo entre cada una de 5-10 seg para prevenir la saturación de radiofrecuencia de los tejidos, lo que provoca la pérdida progresiva de la intensidad de señal en las imágenes.



Palabras clave (DeCS)

Urografía
Imagen por resonancia magnética
Sistema urinario

Key words (MeSH)

Urography
Magnetic resonance imaging
Urinary tract



¹Radióloga, Docente de Radiología, Hospital Universitario San Ignacio, Bogotá, Colombia.

²Radióloga, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

³Residente de cuarto año de Radiología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- T1 en fase y fuera de fase, se utiliza para detectar masas suprarrenales incidentales, carcinomas de células claras de riñón y caracterización de angiomiolipomas.

Urografía dinámica

Es también llamada *urorresonancia excretora* o *urorresonancia en T1*. A diferencia de la urografía estática, la técnica dinámica se adquiere después de la administración de medio de contraste endovenoso y depende de la función renal del paciente. Esto con el fin de obtener información acerca del sistema urinario completo, es decir, evaluando el parénquima renal, el urotelio, los uréteres y la vejiga. Por lo tanto, el paciente debe tener la función renal suficiente para permitir la excreción y la distribución uniforme del material de contraste (3,5,8,10).

Para evaluar el parénquima renal y la vasculatura se realizan imágenes precontraste, en fase arterial temprana y fase nefrográfica. Las secuencias usadas en esta técnica son eco de gradiente en 3D con supresión de grasa. Inmediatamente después, se realizan imágenes a través de la vejiga para documentar el realce de sus paredes y la presencia de posibles lesiones uroteliales, mientras que la orina permanece de baja señal (5).

Lo mismo que la urografía excretora convencional o por escanografía, se realizan imágenes durante la fase excretora, después de la administración intravenosa de medio de contraste. La presencia del medio de contraste paramagnético en la orina acorta el tiempo de relajación de esta en las secuencias ponderadas en T1, lo que permite que se vea de alta señal. Posteriormente, se realiza una secuencia eco de gradiente en 3D en el plano coronal durante una apnea. Esta secuencia debe adquirirse con supresión de grasa, ya que aumenta la visibilidad de los uréteres. En los pacientes que no pueden suspender la respiración se pueden adquirir imágenes por segmentos. Para la realización de esta técnica, la dosis recomendada de gadolinio endovenoso es de 0,1 mmol/kg (3,5).

El uso de diuréticos es un complemento que puede mejorar la excreción del medio de contraste y obtener una mayor dilución de este. Adicionalmente, aumenta el tiempo disponible para toma de imágenes poscontraste (10). Se debe usar en sistemas colectores no dilatados, pues puede exacerbar los síntomas obstructivos. Las contraindicaciones para su uso incluyen anuria, hipersensibilidad al medicamento, desequilibrio electrolítico o hipotensión y se debe tener precaución en pacientes alérgicos a las sulfonamidas. La dosis estándar recomendada en la literatura es de 0,1 mg/kg, (5-10 mg para adultos) (11).

Esta técnica puede realizarse en conjunto con la RM convencional para la evaluación integral de la vía urinaria. No se recomienda su uso en pacientes con función renal gravemente comprometida y requiere la adquisición de imágenes tardías en pacientes con obstrucción (3).

Secuencias

- T1 con medio de contraste en 3D con SG, permite la valoración de las arterias renales; después de tomar dos imágenes poscontraste, se toman imágenes de la vejiga para ver el realce de la pared y para valorar los tumores vesicales (5).
- Las imágenes en fase excretora se podrán tomar 5 minutos después de la inyección del medio de contraste, en pacientes no obstruidos, con función renal normal o levemente afectada en axial y coronal.
- La urorresonancia toma, aproximadamente, 30 minutos en completarse (12).

En resumen, la técnica empleada incluye lo siguiente:

1. Imágenes simples

- Coronal y axial potenciadas en T2, con y sin supresión grasa (secuencias de disparo único).
- En fase y fuera de fase en axial en riñones.
- Secuencia radial (en paralelo), en coronal y sagital (con la orientación de cada uréter).
- Secuencia en 3D (como la usada en la colangiurorresonancia).

2. Imágenes con medio de contraste

- Axial, potenciada en T1, simple y con medio de contraste en fase arterial.
- Coronal, potenciada en T1 simple y con con medio de contraste en fase de eliminación.
- Reconstrucción 3D.

Preparación del paciente

La preparación del paciente es crucial para lograr un examen exitoso, debe informarse al paciente acerca de la finalidad del examen y el procedimiento (12).

Debe iniciarse con la vejiga completamente vacía para no interrumpir el examen por urgencia miccional y aumentar la comodidad (8,13); luego, se le aplicarán 250 ml de solución salina normal (SSN) por vía intravenosa al inicio de la adquisición, siempre que no haya contraindicación, posteriormente se acostará al paciente en supino, con los brazos tras la cabeza para evitar el artefacto envolvente (12). En algunos pacientes es posible administrar furosema intravenosa.

Ventajas de la urorresonancia en 3T

Son pocos los estudios que hasta la fecha se han hecho en equipos de 3 Tesla (3T), la mayoría se han llevado a cabo en equipos de 1.5T (13).

Las ventajas que ofrece el 3T son la mejora de la relación señal-ruido que, teóricamente, mejora la resolución temporoespacial y la obtención de imágenes de todo el tracto urinario sin tener que cambiar las configuraciones de bobina utilizando cortes de 2 mm (3,5).

Adicionalmente, se observa que en los sistemas urinarios evaluados es posible ver, aproximadamente, el 75 % de la anatomía de forma adecuada (13) y llevar cabo una valoración de cada riñón (12,14); esto aumenta la probabilidad de que esta técnica reemplace la gammagrafía renal en la evaluación de trastornos del tracto urinario en niños, en un futuro cercano (14).

Hay que tener en cuenta que potencialmente todos los estudios podrían presentar artefactos, los más comunes son los de susceptibilidad, movimiento del paciente (no relacionado con el 3T), la falta de homogeneidad de la señal, la peristalsis y acentuación en el desplazamiento químico. Son más frecuentes en la vejiga (15 %), donde prevalece el de susceptibilidad; seguido de los sistemas colectores (5 %), en los que es más común la falta de homogeneidad, y es más pronunciado en pacientes obesos; en tercer lugar, en los uréteres (3 %). Se conoce que la acentuación en el desplazamiento químico no tiene impacto en el diagnóstico (8,13).

No se sabe aún si hay ventajas significativas de la urorresonancia realizada en equipos 3T respecto a los de 1,5T (5), pero sí, que hay posibles limitaciones de la imagen del abdomen y la pelvis cuando se realizan en equipos con mayor intensidad de campo magnético, debido a la prolongación del tiempo de relajación en T1. Este hecho puede tener un impacto negativo en el contraste de la imagen y en la posibilidad de ver lesiones, así como la acentuación en los artefactos de susceptibilidad, de desplazamiento químico y aumento del ritmo de absorción específico, que son llamados "artefactos exacerbados 3T" (3,13).

La onda estacionaria y los artefactos de conductividad también se pueden ver en 3T, en secuencias comunes de la urorresonancia (eco de espín rápido).

Las figuras 1 y 2 ilustran los hallazgos normales en la urorresonancia magnética simple y dinámica con gadolinio.

Indicaciones de urorresonancia

La urorresonancia magnética es útil en la detección y seguimiento del carcinoma urotelial, la obstrucción urinaria, la litiasis obstructiva, la evaluación del trasplante renal y la caracterización de anomalías congénitas (5, 6,15).

Litiasis

La TAC sigue siendo el examen ideal para el diagnóstico de ureterolitiasis, en razón a que la urorresonancia tiene una sensibilidad para calcificaciones del 69 % y su identificación depende, significativamente, de signos secundarios de obstrucción o de defectos de llenamiento (3,5,16, 17).

Sin embargo, los defectos de llenamiento no son específicos de cálculos; también pueden ocurrir por coágulos y masas tumorales. Los coágulos se diferencian por tener zonas de alta señal en T1, no realzan con el medio de contraste paramagnético y desaparecen en semanas, mientras que las neoplasias realzan con el medio de contraste y pueden generar defectos de llenamiento irregulares, con dilatación del uréter distal (18).

Los signos típicos de urolitiasis son edema renal y perirrenal (los que la diferencian de la obstrucción crónica), dilatación ureteral proximal al cálculo, asociada con un defecto de llenamiento en secuencias con información T2 o en la uroresonancia excretora, todo esto sumado a una historia de dolor agudo (3). La uroresonancia excretora en secuencias con información T2

tiene una mayor sensibilidad, 96-100 %, para el diagnóstico de cálculos. El 92 % de pacientes con cálculos presentan edemaperirrenal en secuencias con información T2 (3,19). Es típico que los cálculos obstruyan las estrecheces fisiológicas, como la unión pieloureteral, la unión ureterovesical, el sitio donde el uréter cruza el sacro y los vasos ilíacos (figura 3) (18).

En comparación con la radiografía y la escanografía simple, la urografía por resonancia es más sensible a los cambios secundarios de la obstrucción (edema perirrenal y dilatación ureteral), pero, aunque se combine con la radiografía, solo muestra el 72 % de los cálculos respecto a la tomografía; aunque es superior a esta en el diagnóstico de estenosis ureterales y obstrucciones neoplásicas. En general, permite diagnosticar más ureterolitiasis que la urografía IV (3,8,10,11).

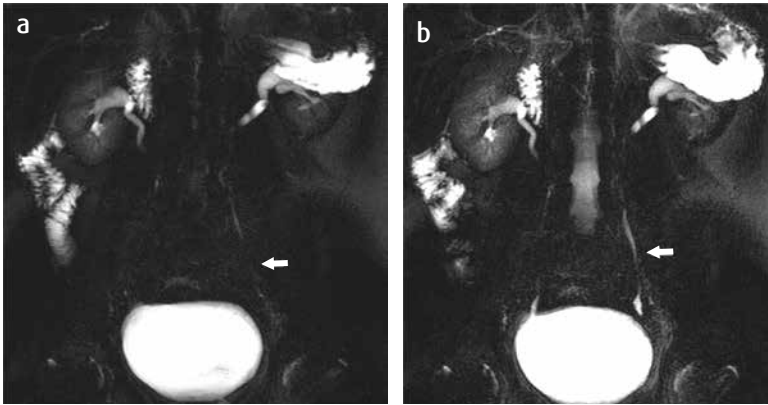


Figura 1. a) Peristaltismo normal. Reconstrucciones 3D de una urografía por RM 3T; b) del mismo paciente 5 minutos después. Hay aparente ausencia de llenamiento en el tercio medio y distal del uréter izquierdo (flecha en a), secundario al peristaltismo ureteral normal, como se comprueba en la imagen de control con adecuado llenamiento de esta porción del uréter (flecha en b).

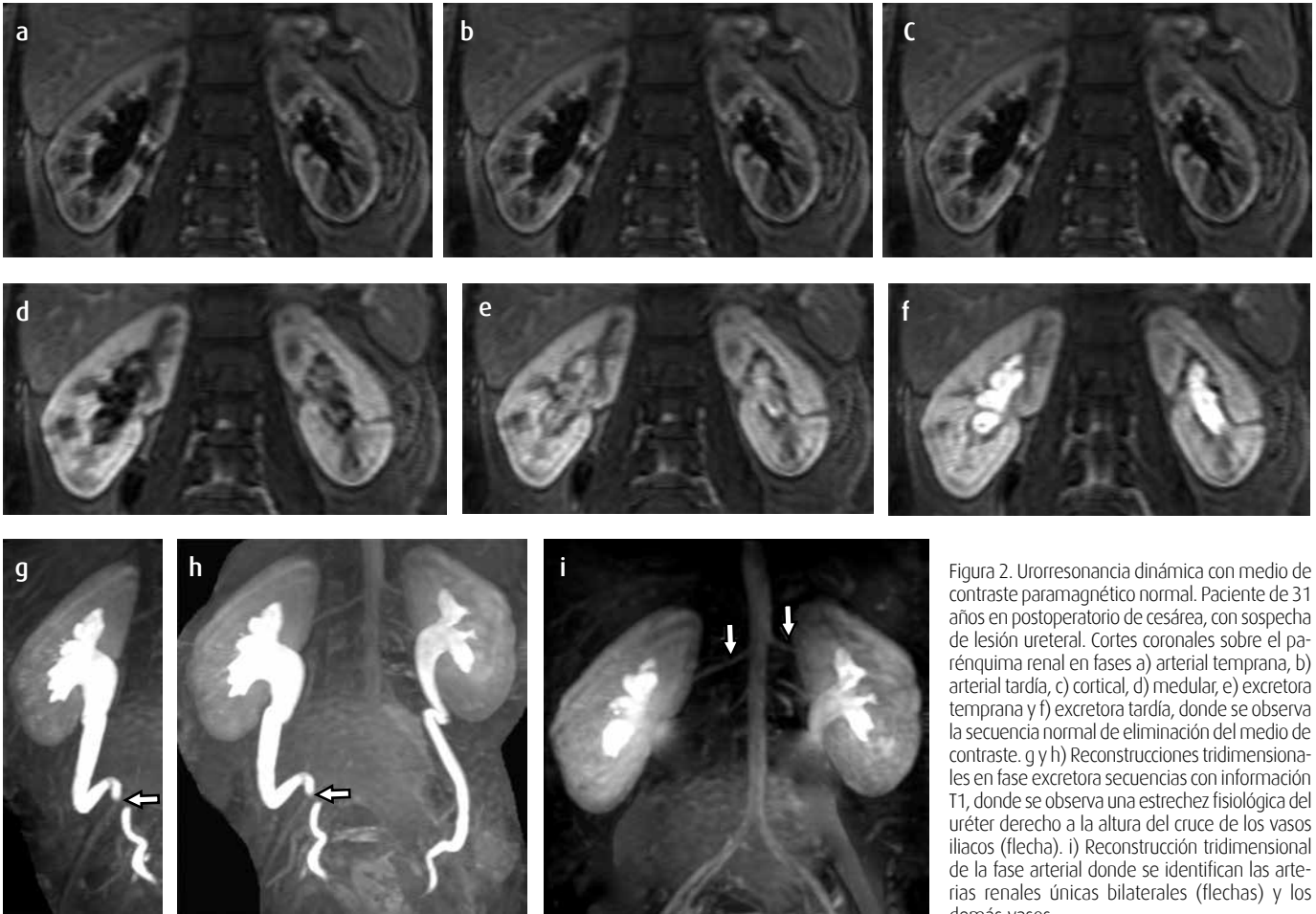


Figura 2. Uroresonancia dinámica con medio de contraste paramagnético normal. Paciente de 31 años en postoperatorio de cesárea, con sospecha de lesión ureteral. Cortes coronales sobre el parénquima renal en fases a) arterial temprana, b) arterial tardía, c) cortical, d) medular, e) excretora temprana y f) excretora tardía, donde se observa la secuencia normal de eliminación del medio de contraste. g y h) Reconstrucciones tridimensionales en fase excretora secuencias con información T1, donde se observa una estrechez fisiológica del uréter derecho a la altura del cruce de los vasos ilíacos (flecha). i) Reconstrucción tridimensional de la fase arterial donde se identifican las arterias renales únicas bilaterales (flechas) y los demás vasos.

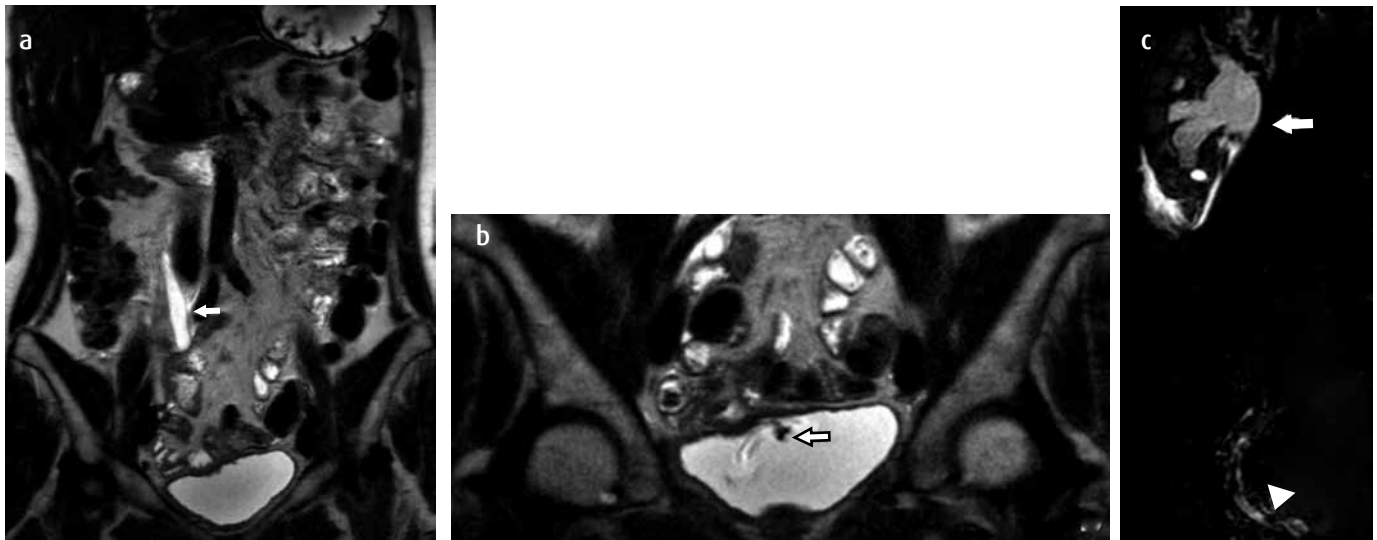


Figura 3. Urolitiasis distal en una mujer con dolor en la fosa iliaca derecha y sospecha de apendicitis. Urografía por RM en cortes coronales potenciados en T2, a) abdomen y pelvis; b) vejiga. Existe dilatación del uréter derecho con pérdida de la estenosis fisiológica en el cruce de los vasos iliacos (flecha en a). Se observa protrusión de la mucosa ureteral en la pared lateral derecha de la vejiga, secundaria a la obstrucción por el cálculo (flecha en b). c) Reconstrucción 3D, de la misma paciente, que demuestra hidroureteronefrosis derecha (flecha), con líquido perirrenal secundario a la nefropatía obstructiva y un defecto de llenamiento en el tercio distal del uréter correspondiente a un cálculo (cabeza de flecha).

Otras causas de obstrucción

La urorresonancia ha demostrado una alta precisión en la evaluación de la morfología de la obstrucción del tracto urinario superior, constituyéndose en el estudio más completo y definitivo para la evaluación de la obstrucción del tracto urinario (12).

Las obstrucciones neoplásicas pueden ser benignas o malignas (20,21). La patología benigna está representada por los pólipos fibroepiteliales (3), mientras que la patología maligna está dada por carcinomas uroteliales, metástasis, ganglios linfáticos tumorales y la infiltración directa (3,5). Otras causas de obstrucción pueden ser intra o extraureterales. Las intraureterales están representadas por coágulos, papilas desprendidas (en el contexto de necrosis), infecciones, cambios posradioterapia (figura 4) y endometriosis. Las causas extrínsecas son la fibrosis retroperitoneal, la compresión o invasión por malignidad adyacente (figura 5) o enfermedades inflamatorias (4,9,18,22,23).

El carcinoma urotelial es una de las neoplasias más frecuentes encontradas en la urografía (24). Este puede ser uni o multifocal y se observa en la urorresonancia como defecto de llenamiento sésil o de morfología polipoide (25). También puede presentarse, únicamente, como engrosamiento focal de la pared, o como una interface tumor/orina en forma de menisco, o puede haber un cambio abrupto en el calibre ureteral. Hay que tener especial cuidado cuando exista un engrosamiento concéntrico del urotelio con realce, ya que puede ser difícil diferenciarlo de procesos inflamatorios o infecciosos (11).

La urorresonancia es más sensible que el TAC en la caracterización de las obstrucciones no relacionadas con urolitiasis (23,26,27). Las estenosis benignas son típicamente de bordes lisos (3) y no se asocian a masas de tejidos blandos, mientras que las malignas pueden ser de bordes irregulares y realzan con el medio de contraste. La urorresonancia excretora es útil para cuantificar la gravedad de la estenosis. Si esta es parcial, en la cineuroresonancia habrá distensión intermitente y colapso del uréter por debajo del estrechamiento, y en la excretora, habrá realce del uréter distal a él. La obstrucción de alto grado mostrará retardo en la excreción del medio de contraste en el lado afectado (3).

Las obstrucciones extrínsecas generan desviación del uréter (unilateral), generalmente son parciales y se identifican como un estrechamiento liso. Las causas más frecuentes de obstrucción extrínseca son los fibromas uterinos, las colecciones líquidas, la fibrosis retroperitoneal y algunas anomalías vasculares (3).

El papel de la uroresonancia en pacientes con riesgo de cáncer urotelial aún no se ha definido. Los cánceres de vejiga, el de cérvix y el de próstata

son causas frecuentes de obstrucción maligna. En el estudio de los carcinomas de células transicionales, es importante la valoración de todo el tracto urinario ya que es frecuente la afección multifocal (3).

Hematuria

La presencia de hematuria sin asociación con infección urinaria, puede requerir también de la realización de una urorresonancia de rutina para descartar lesiones parenquimatosas y vasculares renales (12). Esta no tiene la misma resolución espacial que la TAC, pero puede ser útil en la detección, caracterización y estadificación de los procesos neoplásicos (28). La sensibilidad para el diagnóstico de tumores de pequeño tamaño aún no está definida (3,8).



Figura 4. Estenosis ureteral bilateral posterior a tratamiento con radioterapia por un carcinoma de recto en un hombre de 62 años de edad. Reconstrucciones 3D de urografía por resonancia magnética 3T, a) del lado izquierdo, y b) bilateral, en donde se evidencia la estrechez distal de ambos uréteres (flechas), con hidronefrosis bilateral y tortuosidad proximal de ambos uréteres.

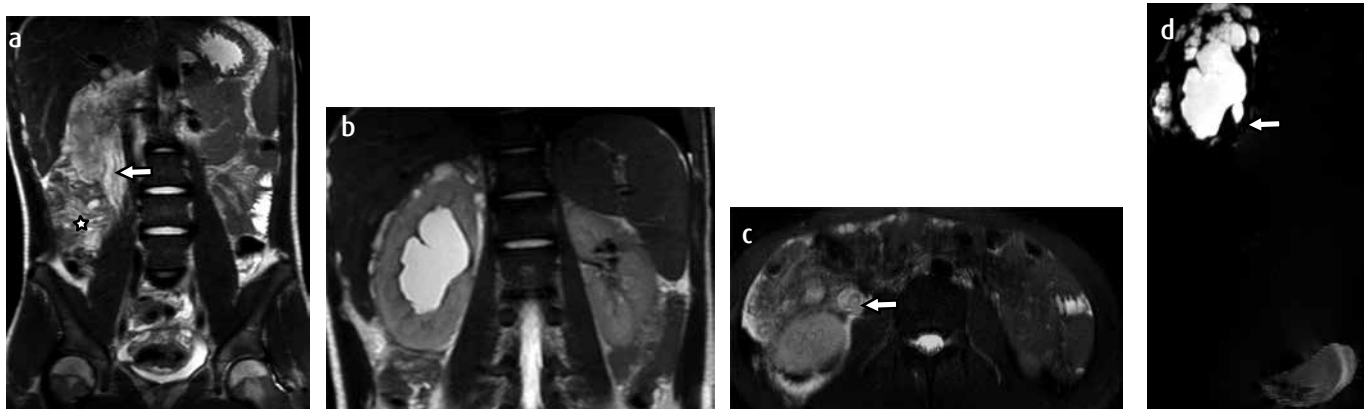


Figura 5. Metástasis peritoneales con infiltración al uréter derecho en un paciente de 17 años de edad con carcinoma de colon familiar. Urografía por RM 3T. a) Corte coronal potenciado en T2 de abdomen y pelvis, que demuestra infiltración directa del uréter derecho (flecha hueca) y aumento en la intensidad de señal del mesenterio por compromiso metastásico (asterisco). b) Secuencia potenciada en T2 del hemiabdomen superior en corte coronal, con hidronefrosis derecha secundaria a obstrucción ureteral por invasión tumoral. c) Corte axial en STIR en donde hay evidencia de aumento en el tamaño y en la intensidad de señal del uréter derecho (flecha). d) Reconstrucción 3D, con hidronefrosis derecha secundaria al compromiso ureteral en la unión pieloureteral (flecha).

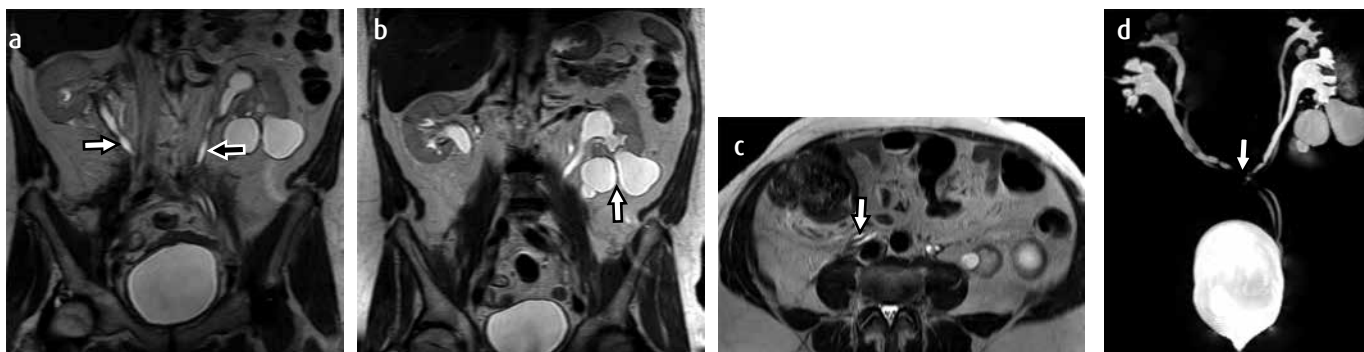


Figura 6. Paciente con antecedente de doble sistema colector bilateral, con lesión inadvertida de uno de los uréteres derechos durante una linfadenectomía pélvica ampliada para un tratamiento o de adenocarcinoma de próstata. El paciente requirió transureteroureterostomía de los uréteres derechos a los izquierdos por imposibilidad de un reimplante ureterovesical. Urografía por resonancia magnética en 3T. a y b) Cortes coronales potenciados en T2, donde se identifica una ligera dilatación de los sistemas colectores y uréteres de ambos lados (flechas), así como múltiples quistes corticales simples en el polo inferior del riñón izquierdo (flecha). c) Corte axial potenciado en T2, donde se visualiza la orientación horizontalizada de los uréteres derechos antes de su anastomosis con los contralaterales (flecha hueca). d) reconstrucción 3D, que demuestra el doble sistema colector bilateral, con los sistemas colectores y uréteres inferiores con mayor grado de dilatación y los uréteres derechos anastomosados a los uréteres izquierdos en la línea media (flecha).

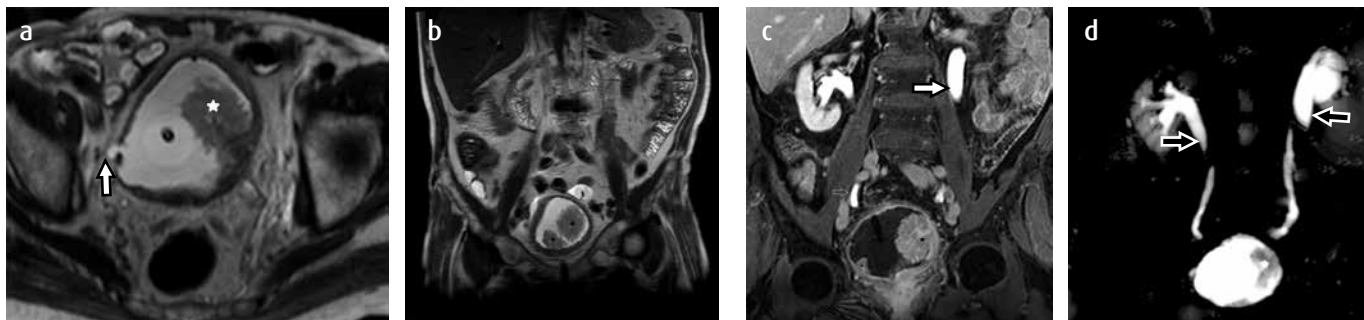


Figura 7. Paciente con carcinoma urotelial multifocal de vejiga. Urografía por resonancia magnética en 3T. Secuencias potenciadas en T2, en un corte axial a) y coronal b) que demuestran un engrosamiento de las paredes de la vejiga con una masa polipoides de intensidad de señal intermedia en la pared lateral izquierda de la vejiga (asterisco). También se observa un divertículo en la pared posterolateral derecha de la vejiga (flecha). En el interior de la vejiga se observa una sonda vesical. c) Corte coronal potenciado en T1 con supresión grasa y medio de contraste que demuestra intenso realce de la masa de mayor tamaño, así como de otra lesión polipoides (asterisco) y ligera dilatación del sistema colector derecho y ambos uréteres (flechas). d) reconstrucción 3D, con un defecto de llenamiento de la vejiga por el carcinoma que se origina en la pared lateral izquierda de la vejiga (asterisco) con dilatación de ambos sistemas colectores (flechas).

Valoración pre y postoperatoria

La uorrresonancia ha demostrado ser útil en la evaluación postoperatoria de procedimientos como la ureteroiliostomía, la ureterosigmoidostomía, ureterostomía a piel, reconstrucción de neovejiga ortotópica y del trasplante renal (figura 6). Esta técnica permite la valoración de las complicaciones posquirúrgicas como la estenosis de la anastomosis, compresiones ureterales por linfocelos o hematomas, fugas de orina, fistulas e infección. Se debe tener en cuenta que en el postoperatorio los falsos positivos se pueden presentar por coágulos, burbujas de aire o material quirúrgico metálico (18,29).

La angiografía y la uorrresonancia pueden combinarse para la evaluación preoperatoria de la anatomía vascular, del sistema colector y del parénquima renal en potenciales donantes renales (30). Así mismo, en los pacientes receptores del trasplante, estos estudios complementan la ecografía, que sigue siendo el examen de primera línea en pacientes candidatos a trasplante renal. Sin embargo, algunos autores aseguran que el uso de la urografía por resonancia es superior comparado con la ecografía, para una evaluación completa de los injertos, ya sean vasculares o del sistema colector y especialmente para evaluar patologías del parénquima renal que pueden contribuir al diagnóstico de rechazo (31). Puede resultar útil la realización de la técnica estática y la dinámica en estos pacientes (3,32).

Lesiones vesicales

Los defectos de llenamiento en la vejiga pueden ser secundarios a cálculos, coágulos, burbujas de aire, neoplasias, ureteroceles, agrandamiento de la próstata o cuerpos extraños. En la uorrresonancia las neoplasias, característicamente, están adheridas a la pared, o, simplemente, pueden observarse como un engrosamiento focal que es de señal intermedia en la pared de la vejiga en secuencias con información T1 y de alta señal en secuencias con información T2 (figura 7) (3,5).

Los coágulos son frecuentes en pacientes en estudio de hematuria, característicamente, son de alta señal en secuencias con información T1 y no realzan con el medio de contraste (18).

Lesiones renales

La uorrresonancia puede detectar los carcinomas uroteliales intrarenales. Es importante aclarar que la detección de lesiones de pequeño tamaño con este método aún es desconocida. Permite hacer un tamizaje inicial de otras lesiones en el sistema urinario. En los casos en los que la lesión este rodeada por orina se podrá identificar como un defecto de llenamiento de baja señal en las secuencias con información T2, pero aquellos que no estén rodeados por orina serán menos evidentes y pueden ser observados solo con la inyección endovenosa de medio de contraste intravenoso (16,23).

Anomalías congénitas

La uorrresonancia es útil en la evaluación de anomalías congénitas como la agenesia renal, malrotación renal, displasias, uréteres ectópicos, uréteres retrocavos, megauréteres primarios, duplicaciones y obstrucción de la unión pieloureteral (las dos indicaciones más frecuentes) (3,4,9,12,22,33-37).

La duplicación ureteral es una de las anomalías congénitas más frecuentes del tracto urinario (3,5,36,37) puede ser parcial, cuando los uréteres se unen antes de llegar a la vejiga; o completa, cuando se insertan por separado. La duplicación completa es más frecuente en mujeres y la uorrresonancia ofrece mejores resultados que otros estudios, para su valoración (figura 8) (3,36). Frecuentemente, en estos casos el uréter del polo superior se inserta más inferior y medial al uréter del polo inferior (5). Este es más propenso a la obstrucción, puede formar un ureteroceles o desembocar fuera de la vejiga. El uréter del polo inferior tiene más frecuentemente reflujo, el cual es difícil de evaluar en la uorrresonancia estática. Sin embargo, esta es suficiente para el diagnóstico anatómico (38-40). Adicionalmente, permite la valoración de las complicaciones asociadas al doble sistema colector (3,36).

La unión pieloureteral es el sitio más frecuente de obstrucción del sistema colector en niños. La uorrresonancia permite la valoración anatómica y en muchos casos funcional, si se asocia con el *software* usado en las UR funcionales. Este tipo de uorrresonancia permite cuantificar independientemente la función de cada riñón sin el uso de radiación ionizante (41-43).

Las teorías de la etiología de la estenosis pielocalicial incluyen una disposición anormal de las fibras de músculo liso, una innervación anormal del uréter, estenosis secundaria al cruce de vasos o la presencia de cicatrices fibróticas. En los pacientes con deterioro de la función renal está indicada la corrección quirúrgica y, en el 50 % de estos pacientes, la causa es vascular. Este diagnóstico cambia el abordaje quirúrgico y por esta razón se recomienda que la fase arterial de la uorrresonancia con medio de contraste se haga con secuencia angiográfica (3,43,44).

Este estudio es también útil en la evaluación de uréteres ectópicos en la vagina y en diferentes puntos del sistema genitourinario (figura 9).

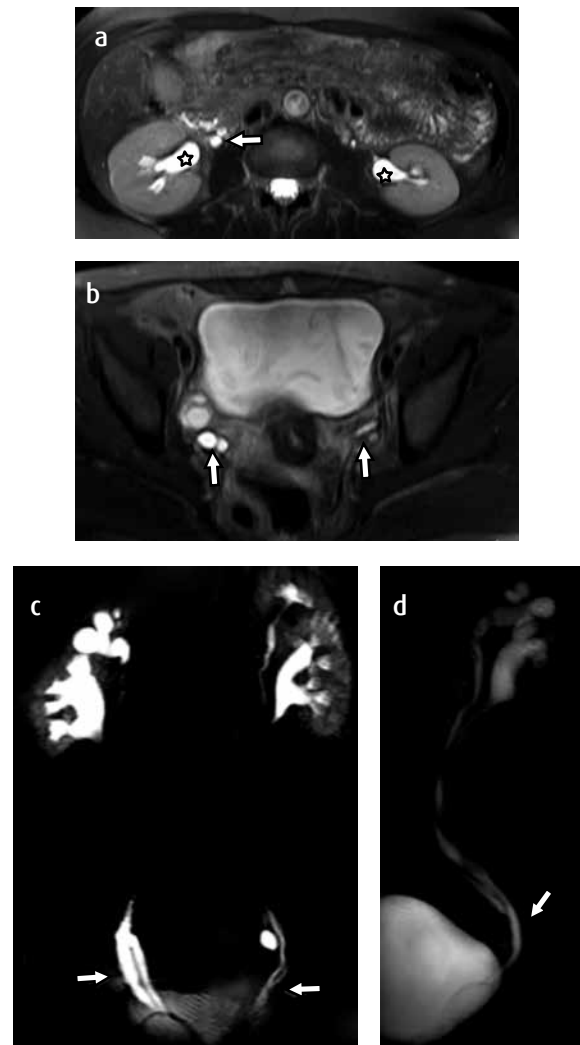


Figura 8. Paciente con doble sistema colector bilateral, en quien se cumple la ley de Weidert-Myer, (el uréter del sistema colector superior drena en una posición más caudal y medial, mientras que el inferior drena en una porción más craneal y lateral). Urografía por RM 3T. a) Corte axial potenciado en T2 con supresión grasa que demuestra la dilatación de ambos sistemas colectores superiores (asteriscos) y los dos uréteres del lado derecho (flecha). b) La misma secuencia, en un corte a través de la vejiga con dos uréteres a cada lado. c) Reconstrucción 3D bilateral y d) del lado derecho, donde se visualizan dilatados los dos sistemas colectores a cada lado (flecha). Existe un divertículo en el tercio inferior de uno de los uréteres izquierdos.

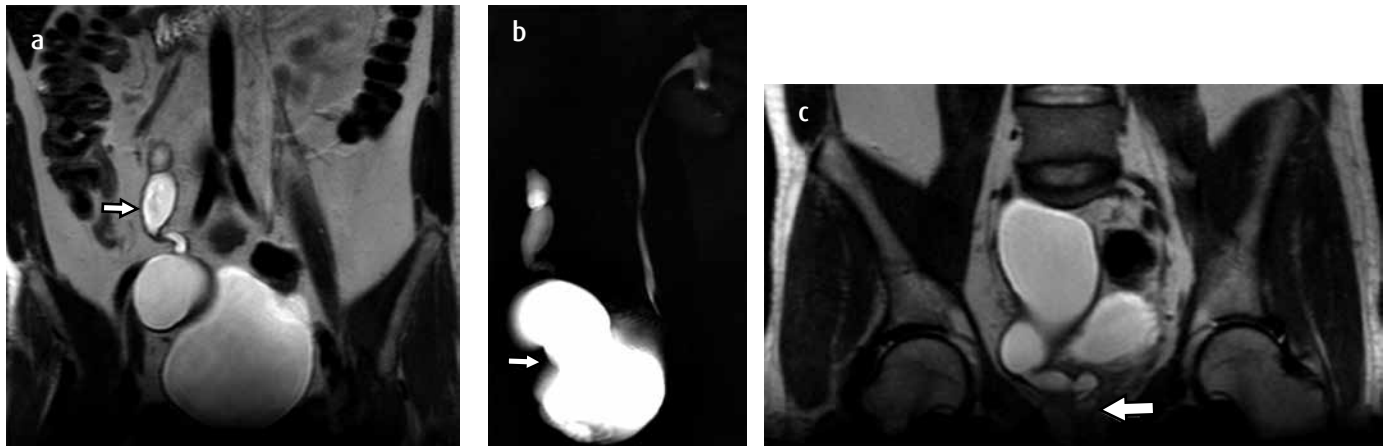


Figura 9. Ureter ectópico que drena en un utrículo prostático: hombre de 35 años de edad, con infección de vías urinarias a repetición. La ecografía inicial mostró una estructura tubular en la pelvis comunicada con una lesión quística en la próstata. Urografía por RM en 3T. a) Corte coronal potenciado en T2 con dilatación y tortuosidad del tercio medio y distal del uréter derecho (flecha), sin parénquima renal evidente de este lado. b) Reconstrucción 3D coronal, con el sistema colector izquierdo normal y un uréter derecho dilatado sin riñón aparente (flecha). c) Corte coronal potenciado en T2 de pelvis, que demuestra un uréter dilatado ectópico drenando a un utrículo prostático (flecha).

Fetos y mujeres embarazadas

Se realiza solo urografía estática en T2 y cineurorresonancia. La importancia en estas pacientes es diferenciar la dilatación ureteral fisiológica de la patológica (45-47).

Se debe tener en cuenta que la dilatación fisiológica se da en el tercer trimestre de gestación, secundario a compresión del uréter entre el psoas y el útero grávido. Se considera dilatación fisiológica del sistema urinario si hay compresión de la mitad del uréter con disminución gradual hacia el borde de la pelvis, sin ningún defecto de llenamiento, con llenado intermitente. Si hay afilamiento a otro nivel o una columna permanente de orina entre el sitio de la compresión fisiológica y la unión ureterovesical, o defectos de llenamiento asociados con cambios inflamatorios renales y perirenales, se sugiere el diagnóstico de cálculo distal obstructivo agudo (figura 10) (48,49).

El gadolinio (Gd) se considera un medicamento clase C según la FDA, pues no se ha probado su seguridad en humanos aún, pero se han informado efectos teratogénicos en animales, en dosis altas y repetidas (50,51). Hasta el momento no se han documentado indicaciones reales para el uso de RM con medio de contraste para valoración urológica fetal, pero sí en ocasiones está indicado en evaluación de alguna patología materna (51).

El Gd pasa la barrera placentaria y entra a la circulación fetal, donde es filtrado por los riñones del feto y excretado al líquido amniótico. En esta localización las moléculas de Gd se quelan y permanecen en cantidad y tiempo indeterminado, antes de ser reabsorbidos y eliminados. Entre más tiempo permanezca la molécula de Gd quelado, existe mayor probabilidad de que haya una disociación del ion potencialmente tóxico de la molécula quelada (51).

La evaluación de patología placentaria y fetal está siendo ampliamente evaluada con imágenes de RM. Sin embargo, es importante tener en cuenta el riesgo-beneficio de la exposición del feto a energía electromagnética. Para esto, organizaciones públicas han establecido valores regulatorios de la tasa específica de absorción para restringir la exposición (52).

Un aumento de la temperatura corporal mayor de 1,5 °C y una exposición mayor a 40 minutos son los valores a partir de los cuales se estima que se pueden producir efectos adversos en el desarrollo embrionario o fetal (52,53). El mantenimiento de una temperatura fetal por debajo de 38 °C y un aumento menor de 0,5 °C en la temperatura materna, son factores que se han sugerido que pueden evitar estos efectos teratogénicos (54).

Hasta la fecha, la literatura no ha reportado ningún efecto deletéreo reproducible en madres y fetos que se exponen a campos magnéticos de 3 Tesla o menores. Claro está, que muchos investigadores han informado también, que es incierto el riesgo de daño por la RM a las madres y fetos y, por lo tanto, aún es necesaria más evidencia para elaborar conclusiones sólidas (52,55).

Trasplante renal

Las complicaciones del trasplante renal están clasificadas en prerrenal (vascular), renal (enfermedad del parénquima) y posrenal (obstrucción). La uroresonancia permite evaluar y determinar qué tipo de lesión está sufriendo el riñón trasplantado, ya que el uso de medio de contraste permite valorar las estructuras vasculares (3) y detectar una posible estenosis de la arteria renal o alteraciones del parénquima renal, en las secuencias con información T2, en las cuales, igualmente, se podrá visualizar hidronefrosis, estenosis ureterales, linfocelos y urinomas, y proporciona información funcional del injerto, lo que disminuye, potencialmente, la necesidad de biopsia (12).

Contraindicaciones

- Pacientes con restricción de líquidos (como aquellos con insuficiencia cardíaca congestiva) (12).
- La uroresonancia dinámica no debe realizarse en pacientes con insuficiencia renal moderada o grave, por riesgo de fibrosis nefrogénica (5,12,39).

Desventajas de la uroresonancia

La baja sensibilidad para determinar la histología o composición de los cálculos renales y lesiones uroteliales sutiles, constituyen las mayores limitaciones actuales de la uroresonancia magnética.

Otra limitante es el largo tiempo de adquisición de las imágenes (5,37) y la alta sensibilidad al movimiento (12). La uroresonancia presenta una resolución espacial más baja en comparación con la TC y la urografía intravenosa (3,11).

La uroresonancia dinámica está contraindicada en pacientes con mala función renal por riesgo de fibrosis nefrogénica (5).

Artefactos

Se ven, aproximadamente, en la mitad de los pacientes y son más frecuentes en las imágenes axiales. Generalmente, estos son de tamaños pequeños y centrales, rodeados de líquido (artefactos de flujo) (2,56). Los artefactos por flujo son comunes en las secuencias turbo *spin* eco de disparo único, ya que el líquido en movimiento tendrá pérdida de la señal y simulará defectos de llenamiento central en el sistema colector (figura 11). Estos artificios, característicamente, son transitorios y cambian su apariencia en secuencias consecutivas, además de que no son visualizados en la uroresonancia dinámica (3).

Pequeños defectos de llenado pueden quedar ocultos al ser rodeados por la orina que es de alta señal en T2. Los cortes gruesos también pueden enmascarar defectos de llenado.

El artefacto de susceptibilidad dado por elementos metálicos puede limitar la visualización de segmentos ureterales o crear apariencia de estenosis ureteral, se recomienda siempre comparar con otros tipos de estudio (3,56).

El aire después de una intervención, los cálculos y los tubos de nefrostomía pueden aparentar cálculos.

Los quistes del seno renal pueden simular dilatación del sistema colector y se diferencian de la hidronefrosis en las fases excretoras poscontraste (3). Un gran cálculo puede imitar una dilatación del sistema colector en las secuencias con información T1, pero claramente puede diferenciarse en las secuencias con información T2 (3).

Puntos clave en la interpretación de la uorresonancia (56)

La hemorragia en los sistemas colectores disminuye la intensidad de señal de la orina (3).

El peristaltismo y el espasmo ureteral, pueden anular la imagen de segmentos del uréter en las secuencias eco gradiente 3D (3).

Lo vasos pueden generar impresiones en el uréter simulando áreas de estenosis (18).

El movimiento del paciente puede generar imágenes que no son reales (13).

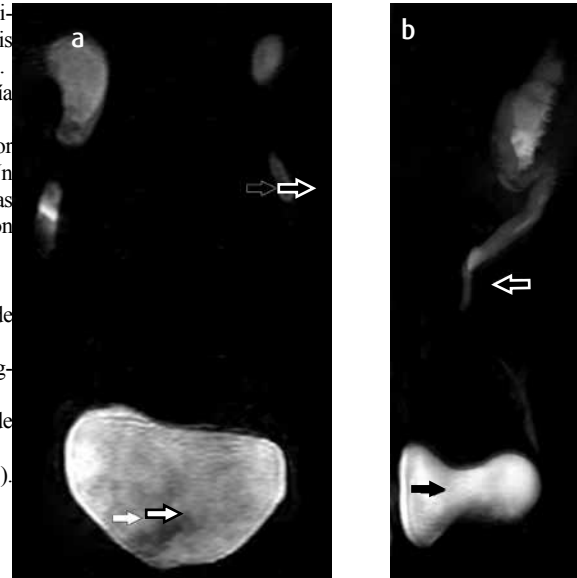


Figura 11. Reconstrucciones tridimensionales de uorresonancia magnética dinámica con gadolinio en fase excretora. a y b) Se observan defectos de llenamiento en la vejiga (flechas blanca y negra) y el uréter derecho (flechas huecas) secundarios a artefacto por flujo.

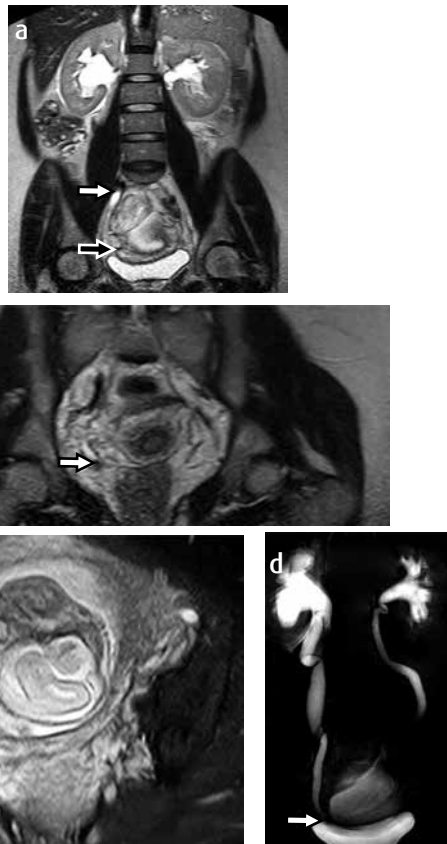


Figura 10. Paciente de 31 años de edad con embarazo de 27 semanas. Consulta al servicio de urgencias por dolor en la fosa iliaca derecha. Le practican una uorresonancia magnética por hidronefrosis bilateral de predominio derecho encontrada en una ecografía extrahospitalaria. a y b) Imágenes potenciadas en T2 sin supresión grasa, corte coronal de la pelvis y el riñón derechos a) donde se observa una hidronefrosis derecha con dilatación del uréter distal. b) A nivel de la pelvis se identifica un cálculo en la unión ureterovesical de este lado (estructura hipotensa redondeada, [flecha]). c) Imagen axial en STIR de la pelvis ósea, demuestra el feto, con el uréter derecho dilatado en el cruce con los vasos ilíacos (flecha). d) Reconstrucción de uorresonancia en 3D, donde se observa la dilatación bilateral de los sistemas colectores, predominantemente del derecho. El uréter distal de este lado presenta una terminación abrupta, con configuración de menisco debido a la presencia de un cálculo en esta zona (flecha).

Conclusiones

Las dos técnicas de uorresonancia (estática y dinámica) son estudios complementarios para la evaluación morfológica y funcional del sistema urinario con algunas ventajas sobre la urografía intravenosa, la TAC y la ecografía. Estas ventajas son la ausencia de radiación ionizante y de medio de contraste yodado, por lo cual puede ser de gran utilidad en pacientes con riñones trasplantados, niños y mujeres embarazadas. Adicionalmente, tiene la capacidad de proporcionar la misma información que muchos estudios que se realizan por separado.

Los artefactos se observan frecuentemente, por esto las secuencias en crudo, junto con las reconstrucciones y las secuencias básicas, deben usarse para la interpretación global de esta modalidad de imagen.

Referencias

- Leyendecker JR, Gianini JW. Magnetic resonance urography. *Abdom Imaging*. 2009;34: 527-40.
- Guardiola A, Cánovas JA, Nicolás JA, et al. Magnetic resonance urogram as alternative to i.v. urography. Report of 3 cases. Review of the literature. *Arch Esp Urol*. 2003;56:1139-43.
- Leyendecker JR, Barnes CE, Zagoria RJ. MR Urography: Techniques and clinical applications. *Radiographics*. 2008;28:23-48.
- Nolte-Ernsting CC, Adam GB, Günther RW. MR urography: examination techniques and clinical applications. *Eur Radiol*. 2001;11:355-72.
- Roy C, Saussine C, Jacqmin D. Magnetic resonance urography. *BJU Int*. 2000;86(Suppl 1):42-7.
- Jung P, Brauers A, Nolte-Ernsting CA, et al. Magnetic resonance urography enhanced by gadolinium and diuretics: a comparison with conventional urography in diagnosing the cause of ureteric obstruction. *BJU Int*. 2000;86:960-5.
- Karabacakoglu A, Karakose S, Ince O, et al. Diagnostic value of diuretic-enhanced excretory MR urography in patients with obstructive uropathy. *Eur J Radiol*. 2004;52:320-7.
- Colville JA, Killeen RP, Buckley O, et al. Does a full bladder aid upper tract visualization in magnetic resonance urography? *Australas Radiol*. 2007;51:362-4.
- Grattan-Smith JD. MR urography: anatomy and physiology. *Pediatr Radiol*. 2008;38(Suppl 2):S257-80.
- Roy C, Saussine C, Guth S, et al. MR urography in the evaluation of urinary tract obstruction. *Abdom Imag*. 1998;23:27-34.
- Sudh M, Vanninen R, Partanen K, et al. MR urography in evaluation of acute flank pain: T2-weighted sequences and gadolinium-enhanced three dimensional FLASH compared with urography. *AJR*. 2001;176:105-12.

12. Khanna PC, Karnik ND, Jankharia BG, et al. Magnetic resonance urography (MRU) versus intravenous urography (IVU) in obstructive uropathy: a prospective study of 30 cases. *J Assoc Physicians India*. 2005;53:527-34.
13. Klein LT, Frager D, Subramaniam A, et al. Use of magnetic resonance urography. *Urology*. 1998;52:602-8.
14. Shokeir AA, El-Diasty T, Eassa W, et al. Diagnosis of ureteral obstruction in patients with compromised renal function: the role of noninvasive imaging modalities. *J Urol*. 2004;171: 2303-6.
15. Chahal R, Taylor K, Eardley I, et al. Patients at high risk for upper tract urothelial cancer: evaluation of hydronephrosis using high resolution magnetic resonance urography. *J Urol*. 2005;174:478-82.
16. Shokeir AA, El-Diasty T, Eassa W, et al. Diagnosis of noncalcareous hydronephrosis: role of magnetic resonance urography and noncontrast computed tomography. *Urology*. 2004; 63:225-9.
17. Muthusami P, Bhuvaneshwari V, Elangovan S, et al. The role of static magnetic resonance urography in the evaluation of obstructive uropathy. *Urology*. 2013;81:623-7 .
18. Martingano P, Cavallaro MF, Bertolotto M, et al. Magnetic resonance urography Vs computed tomography urography in the evaluation of patients with haematuria. *Radiol Med*. 2013;118:1184-98.
19. Cohnen M, Brause M, May P, et al. Contrast enhanced MR urography in the evaluation of renal transplants with urological complications. *Clin Nephrol*. 2002;58:111-7.
20. Low RN, Martínez AG, Steinberg SM, et al. Potential renal transplant donors: evaluation with gadolinium- enhanced MR angiography and MR urography. *Radiology*. 1998;207:165-72.
21. Browne RFJ, Tuite DJ. Imaging of the renal transplant: comparison of MRI with duplex sonography. *Abd Imaging*. 2006;31:461-82.
22. Dörsam J, Knopp MV, Carl S, et al. Ureteral complications after kidney transplantation--evaluation with functional magnetic resonance urography. *Transplant Proc*. 1997;29:132-5.
23. Avni FE, Nicaise N, Hall M, et al. The role of MR imaging for the assessment of complicated duplex kidneys in children: preliminary report. *Pediatr Radiol*. 2001;31:215- 23.
24. Slovis TL. Magnetic resonance urography (MRU) course introduction. *Pediatr Radiol*. 2008;38:S1-2.
25. Karaveli M, Katsanidis D, Kalaitzoglou I, et al. MR urography: anatomical and quantitative information on congenital malformations in children. *Niger Med J*. 2013;54:136-42.
26. Joshi MP, Shah HS, Parelkar SV, et al. Role of magnetic resonance urography in diagnosis of duplex renal system: Our initial experience at a tertiary care institute. *Indian J Urol*. 2009;25:52-5.
27. Payabvash S, Kajbafzadeh AM, Saedi P, et al. Application of magnetic resonance urography in diagnosis of congenital urogenital anomalies in children. *Pediatr Surg Int*. 2008;24:979-86.
28. Kibar Y, Avci A, Akay O, et al. Dribbling of urine due to ectopic vaginal insertion of an upper pole ureter diagnosed by magnetic resonance urography. *Int Urol Nephrol*. 2005;37:695-7.
29. Mostafavi MR, Prasad PV, Saltzman B. Magnetic resonance urography and angiography in the evaluation of a horseshoe kidney with ureteropelvic junction obstruction. *Urology*. 1998;51:484-6.
30. Cerwinka WH, Kirsch AJ. Magnetic resonance urography in pediatric urology. *Curr Opin Urol*. 2010;20:323-9.
31. Roy C, Saussine C, LeBras Y, et al. Assessment of painful ureterohydronephrosis during pregnancy. *Eur Radiol*. 1996;6:334-38.
32. Fradin JM, Regan F, Rodriguez R, et al. Hydronephrosis in pregnancy: simultaneous depiction of fetal and maternal hydronephrosis by magnetic resonance urography. *Urology*. 1999;53:825-7.
33. Mullins JK, Semins MJ, Hyams ES, et al. Half Fourier single-shot turbo spin-echo magnetic resonance urography for the evaluation of suspected renal colic in pregnancy. *Urology*. 2012;79:1252.
34. Spencer JA, Chahal R, Kelly A, et al. Evaluation of painful hydronephrosis in pregnancy: magnetic resonance urographic patterns in physiological dilatation versus calculous obstruction. *J Urol*. 2004;171:256-60.
35. Grenier N, Pariente JL, Trillaud H, et al. Dilatation of the collecting system during pregnancy: physiologic vs obstructive dilatation. *Eur Radiol*. 2000;10:271-9.
36. Shin DS, Poder L, Courtier J, et al. CT and MRI of early intrauterine pregnancy. *AJR*. 2011;196:325-30.
37. American College of Radiology. ACR-SPR Practice guideline for the safe and optimal performance of fetal magnetic resonance imaging (MRI). Washington: ACR; 2010.
38. Kikuchi S, Saito K, Takahashi M, et al. Temperature elevation in the fetus from electromagnetic exposure during magnetic resonance imaging. *Phys Med Biol*. 2010;55:2411-26.
39. Edwards MJ, Saunders RD, Shiota K. Effect of heat on embryos and fetuses. *Int J Hyperthermia*. 2003;19:295-324.
40. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients Health Phys. 2004;87:197-216.
41. Clements H, Duncan KR, Fielding K, et al. Infants exposed to MRI in utero have a normal paediatric assessment at 9 months of age. *Br J Radiol*. 2000;73:190-4.
42. Girish G, Chooi WK, Morcos SK. Filling defect artefacts in magnetic resonance Urography. *Eur Radiol*. 2004;14:145-50.
43. Claudon M, Durand E, Grenier N. Chronic urinary obstruction: Evaluation of dynamic contrast-enhanced MR urography for measurement of split renal function. *Radiology*. 2014;273:801-12.
44. Grattan-Smith JD, Jones RA. MR urography: Technique and results for the evaluation of urinary obstruction in the pediatric population. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2010;16:643-60.
45. Renjen P, Bellah R, Hellinger JC, et al. Advances in urologic imaging in children. *Radiol Clin N Am*. 2012;50:207-18.
46. Adeb M, Darge K, Dillman JR, et al. Magnetic resonance urography in evaluation of duplicated renal collecting systems. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2013;21:717-30.
47. Dickerson E, Dillman J, Smith E. Pediatric MR urography: Indications, techniques, and approach to review. *RadioGraphics*. 2015;35:1208-30.
48. O'Connor OJ, McLaughlin P, Maher MM. MR Urography. *AJR*. 2010;195:201-6.
49. Emad-Eldin S, Abdelaziz O, El Diasty T. Diagnostic value of combined static-excretory MR Urography in children with hydronephrosis. *J Advanc Res*. 2015;6:145-53.
50. Browne RF, Meehan CP, Colville J, et al. Transitional cell carcinoma of the upper urinary tract: spectrum of imaging findings. *Radiographics*. 2005;25:1609-27.
51. Childs DD, Leyendecker JR, Gianini J, et al. Contrast-enhanced magnetic resonance urography at 3T: clinical feasibility. *J Comput Assist Tomogr*. 2013;37:29-36.
52. Blandino A, Minutoli F, Scribano E, et al. Combined magnetic resonance urography and targeted helical CT in patients with renal colic: a new approach to reduce delivered dose. *J Magn Reson Imaging*. 2004;20:264-71.
53. Staatz G, Rohrmann D, Nolte-Ernsting CC, et al. Magnetic resonance urography in children: evaluation of suspected ureteral ectopia in duplex systems. *J Urol*. 2001;166:2346-50.
54. García R, García AI, Abascal F, et al. Magnetic resonance urography: a pictorial overview. *BJR*. 2006;79:614-26.
55. Roy C, Saussine C, Jahn C, et al. Evaluation of RARE-MR urography in the assessment of ureterohydronephrosis. *J Comput Assist Tomogr*. 1994;18:601-8.
56. Leppert A, Nadalin S, Schirg E, et al. Impact of magnetic resonance urography on preoperative diagnostic workup in children affected by hydronephrosis: should IVU be replaced? *J Pediatr Surg*. 2002;37:1441-5.

Correspondencia

Catalina De Valencia
Hospital Universitario San Ignacio
Carrera 7 # 40-62
catalina.devalencia@gmail.com

Recibido para evaluación: 9 de julio de 2014

Aceptado para publicación: 28 de diciembre de 2014