

Dinámica renal: comparación entre el renograma diurético y la resonancia magnética

F. Cáceres, J. Rodó Salas, A. Capdevila*, J. Lerena, L. García

*Urología Pediátrica. Cirugía Pediátrica. *Diagnóstico por la Imagen. Agrupación Sanitaria Hospital Sant Joan de Déu-Clínic. Universidad de Barcelona.*

RESUMEN

Introducción. El objetivo del trabajo es comparar los datos obtenidos en el estudio funcional renal realizado mediante la resonancia magnética con gadolinio y carga diurética (RM-Gd-D) respecto a los parámetros obtenidos en el renograma diurético (RD) clásico (función renal diferencial –FRD– y curva renográfica –CR–).

Material y Método. Fueron estudiados 10 pacientes de ambos sexos, 6 hombres y 4 mujeres, entre 1 mes y 6 años de edad. A todos los pacientes se les practicó una RM-Gd-D y un RD. En ambos casos se empleó la furosemida como sobrecarga. Las patologías observadas fueron síndrome de la unión pieloureteral, vaso polar, válvula de uréter, uréter ectópico, sistema doble, displasia renal, ectasia renal, riñón pélvico y riñón en herradura. Fue comparado el porcentaje de captación de gadolinio versus la FRD, y la curva de la RM versus la CR. Para describir el patrón de las curvas de RM-Gd-D fue adaptado un patrón similar al descrito por O'Reilly para la CR. En 5 casos fue necesario el tratamiento quirúrgico y en 3 se adoptó una conducta expectante. En los pacientes intervenidos, la sospecha diagnóstica fue confirmada en la cirugía y en el estudio patológico. El Chi-2 fue utilizado para el análisis estadístico.

Resultados. Se encontró un 80% de concordancia entre el porcentaje de captación de gadolinio y la FRD, y hay 90% de correlación entre la curva de la RM-Gd-D y la CR. En dos casos, la RM-Gd-D hizo modificar el criterio quirúrgico basado previamente en la RD, y se adoptó una conducta expectante. La sospecha diagnóstica obtenida en la RM-Gd-D coincidió en el 90% de los casos intervenidos con los hallazgos quirúrgicos y del patólogo, y solo en el 60% de los casos estudiados por el RD ($p > 0,0008$).

Conclusiones. La RM ofrece un estudio en tiempo real: anatómico, vascular y funcional. Hay buena correlación entre el RD y al RM respecto al % FRD y % de Gd con curva diurética. La RM demuestra tener gran precisión diagnóstica. La RM puede modificar el criterio de conducta a seguir respecto al hallazgo de un vaso polar no obstructivo.

PALABRAS CLAVE: RM; Renograma diurético; Dinámica renal.

Correspondencia: Freud Cáceres Aucatoma. Hospital Sant Joan de Déu. Passeig Sant Joan de Déu, 2. 08950 Esplugues de Llobregat. E-mail: fcaceres@hsjdbcn.org

Oral presentation II World Congress of the World Federation of Associations of Pediatric Surgeons-WOFAPS, Bueno Aires, Argentina, Septiembre, 2007. Presentación oral XLVI Congreso de la SECP, La Coruña, Mayo, 2007.

Recibido: Mayo 2008

Aceptado: Diciembre 2009

RENAL DYNAMICS: COMPARISON BETWEEN DIURETIC RENOGAM AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING

ABSTRACT

Objective. This study aimed to establish a comparison between the data obtained in the renal functional study through magnetic resonance using gadolinium with diuretic (furosemide) charge (MR-Gd/F), on the one hand, and the parameters obtained with the classical diuretic renogram (DR) (differential renal function –DRF– and renographic curve –RC–), on the other hand.

Material and Method. 10 patients were studied, 6 male and 4 female, aged between 1 month and 6 year-old. All the patients were submitted to a MR-Gd/F and a DR. In both cases, furosemide was used as overload. The pathologies observed included syndrome of the pyeloureteral junction, polar vessel, ureter valve, ectopic ureter, duplex kidney, renal dysplasia, renal ectasy, pelvic kidney and horseshoe kidney. The percentage of gadolinium uptake was compared versus the DRF, and the MR curve was compared versus the RC. Surgical treatment was required in 5 cases and an expectancy behaviour was taken in 3 cases. Among the operated patients, the diagnosis accuracy was confirmed by the surgery and the pathological study.

Results. A 80% consistency was found between the gadolinium uptake and the DRF. There was a 90% correlation between the MR-Gd/F curve and the RC. In two cases, the MR-Gd/F required to modify the surgical criterion –previously based on the DR– and an expectancy behaviour was taken. In 90% of the operated cases, the diagnostic assumption obtained through the MR-Gd/F coincided with the surgical and pathological findings, whereas there was a coincidence in just 60% of the cases studied through the DR ($p > 0,0008$).

Conclusions. The MR offers a real time study: anatomical, vascular and functional. Good correlation between DR and MR with respect to: (% DRF, %Gd MR and diuretic curve). The MR demonstrates greater precision in diagnosis. The MR allows recognition of non obstructive polar vessels that can then be conservatively managed.

KEY WORDS: MR; Diuretic renogram; Renal dynamics.

INTRODUCCIÓN

La resonancia magnética (RM) se caracteriza por combinar una alta resolución espacial en tiempo real. Permite observar la morfología del tracto urinario, la dinámica del paso

Tabla I Descripción de patrones de la curva renográfica.

Curva diurética (RD)	Patrón de curva*
I	Normal
II	Obstructiva
III a	Parcialmente obstructiva con respuesta a diurético
III b	Parcialmente obstructiva sin respuesta a diurético
IV	Plana. Riñón hipofuncionante.

**Patrón de curva descritos por O'Reilly mide el tiempo/actividad cuantificable en respuesta a un diurético. Se refiere al cálculo del tiempo requerido para disminuir en un 50% la actividad pielocalicial.*

Tabla II Descripción de la curva de la RM.

Curva diurética (RM)	Patrón de curva*
I	Normal
II	Obstructiva. Retrazo del contraste a nivel medular
III	Retrazo de contraste a nivel cortical o vaciamiento prolongado
IV	Plana. Riñón hipofuncionante

**Patrón de curva se define con el tiempo/intensidad de tránsito renal (TTR) que requiere el contraste para pasar de la corteza-médula renal al uréter sometido a una carga diurética. Para la interpretación de esta variable hay que considerar la función renal, el volumen, la distensión del sistema excretor y la anatomía de la unión pieloureteral. En nuestro trabajo, el TTR solo registró información cualitativa*

de contraste (Gadolinio) y el efecto de sobrecarga que ejerce la furosemida sobre este último, tanto en la fase de concentración como de excreción renal⁽¹⁾.

La aplicación clínica más común de la RM en neonatos y lactantes es la evaluación de hidronefrosis. Cuando nos encontramos con un sistema hidronefrótico, separar los riñones en obstructivos y no obstructivos es irreal y artificial⁽²⁾. Por lo tanto, aún no se ha encontrado una técnica de imagen ideal que permita pronosticar el riesgo de una lesión renal progresiva⁽³⁻⁵⁾.

El objetivo del trabajo es comparar algunos de los datos funcionales obtenidos por renograma diurético (RD) como: función renal diferencial (FRD) y curvas renográficas respecto a los valorados por la RM como: captación de contraste y curvas de tiempo/intensidad. Y sí, el resultado de la RM modificará el tratamiento elegido inicialmente.

MATERIAL Y MÉTODO

Fueron estudiados 10 pacientes, 6 varones y 4 mujeres, de edades comprendidas entre 1 y 80 meses (media = 26,3 meses) que habían sido diagnosticados previamente por ecografía de hidronefrosis (9 casos) o de ureterohidronefrosis (1 caso).

A 7 de estos pacientes se les había practicado una cistografía, la cual demostró reflujo vésico-ureteral grado II en un caso. Todos los pacientes se les practicó RD y RM con gadolinio más sobrecarga diurética de furosemida (RM-Gd/F).

La información obtenida en ambos estudios fue comparada en cuanto a: función renal, tipo de curva renal y número de coincidencias diagnósticas.

Para valorar la función renal se comparó el porcentaje de FRD obtenido en el RD con el porcentaje de captación de contraste obtenido en la RM. Para comparar el tipo de curva renal se utilizaron los patrones renográficos descritos por O'Reilly^(6,7) respecto a las curvas de tiempo/intensidad obtenidas en la RM-Gd/F (Tabla I). Para comparar el número de coincidencias diagnósticas entre el RD y la RM-Gd/F se valoró la corre-

lación entre el diagnóstico inicial con el hallazgo quirúrgico o anatomopatológico.

La curva tiempo/intensidad se define como los cambios de la intensidad de la señal, tanto en la corteza como en la médula renal durante un tiempo de tránsito renal (TTR): antes, durante y después de la administración de furosemida. Este registro dio como resultado patrones de curvas de tiempo/intensidad expresados en unidades RM sobre tiempo para cada región (Tabla II). El protocolo de imagen incluyó, adicionalmente, cortes coronales y axiales en T₂. Las imágenes obtenidas fueron analizadas por Advantage Windows 4.2 (General Electric Medical System, Milwaukee, WI), usando el "func-tool[®]" para análisis del método.

Los datos fueron procesados por el programa SPSS de Windows. Las características generales se expresaron en porcentaje, mediana y se calculó la Chi-2. El nivel de significancia estadística fue $P < 0,05$.

RESULTADOS

La concordancia obtenida entre el porcentaje de FRD del RD con el porcentaje de captación de contraste de la RM-Gd/F fue total en el 50% de los casos y parcial en el 30%. En el 20% restante no existió concordancia (Tabla III).

Respecto al tipo de curva renal, en 9 de los 10 casos el resultado coincidió entre ambos estudios. Tanto el RD como la RM-Gd/F identificaron un caso de curva renal normal o tipo I respectivamente (Fig. 1). El RD valoró 6 casos como curva obstructiva o tipo II, en tanto que la RM-Gd/F coincidió 5 casos (Fig. 2). Y por último, el RD valoró 3 casos como curva obstructiva con respuesta parcial al diurético o tipo III mientras que la RM-Gd/F este hallazgo lo identificó en 4 casos (Fig. 3).

Al contrastar el diagnóstico obtenido por el RD y la RM-Gd/F respecto a los hallazgos quirúrgicos o anatomopatológicos, se encontró significancia estadística ($p < 0,0008$) en el número de coincidencias. El RD encontró signos de esteno-

Tabla III Resultados de porcentaje (%) de la función renal diferencial (FRD) del RD y del porcentaje (%) de captación de Gadolinio (Gd) de la RM

Caso Nº	RD: FDR (%)		RM % Gd	
1	RD: 53	RI: 47	RD: 100	RI: >70
2	RD: 55,2	RI: 44,8	RD: >50	RI: 100
3	RD: 65	RI: 35	RD: >90	RI: >90
4	RD: 48	RI: 52	RD: >90	RI: 100
5	RD: 54	RI: 46	RD: 100	RI: 80
6	RD: 52,13	RI: 47,87	RD: >90	RI: >90
7	RD: 100	RI sup: 39,2 RI inf: 60,8	RD: 100	RI sup: 50 RI inf: 50
8	RD: 64	RI: 36	RD: 95	RI: 100
9	RD: 38	RI: 62	RD: 100	RI: 60-70
10	RD: 54,48	RI: 45,52	RD: 100	RI: 100

sis pieloureteral (EPU) en 6 casos, signos no concluyentes de EPU en 3 y ausencia de EPU en 1. Mientras que la RM-Gd/F encontró signos de EPU en 3 casos, signos de EPU sin com-

promiso de la unión pieloureteral secundarios a vaso polar en 4, estenosis central del uréter (válvula) con uréter ectópico vaginal en un sistema doble en 1 caso, dilatación proximal del uréter por una válvula en 1 caso y riñón en herradura con ectasia piélica en 1 caso (Fig. 4).

En 7 casos, el tratamiento fue quirúrgico y en 3 casos se decidió mantener una conducta expectante. En los 7 casos tratados quirúrgicamente ambos estudios de imagen coincidieron en la indicación (Tabla IV). De los tres casos que se optó por tratamiento conservador, la RM-Gd/F sugirió modificar la indicación quirúrgica inicial: 2 pacientes con vaso polar sin compromiso de la unión y 1 con ectasia piélica sin compromiso de la unión en un riñón en herradura.

DISCUSIÓN

La FRD obtenida mediante el RD es uno de los parámetros funcionales más utilizados para valorar el estado del parénquima renal por ser lo más semejante al filtrado glomerular renal (FGR). No obstante, la información obtenida median-

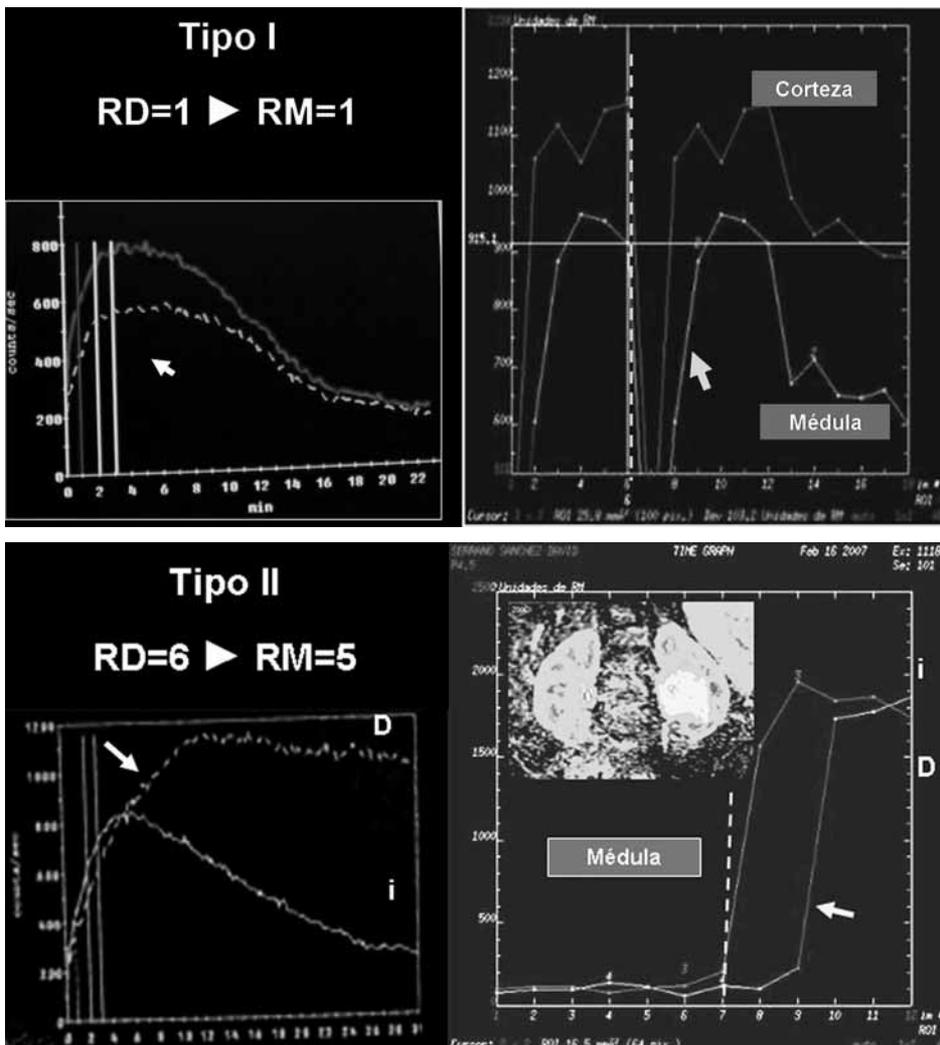


Figura 1. Comparación de la curva renográfica tipo I (normal) frente a la curva (→) de la RM tipo I (normal). Se observa en la RM aumento simétrico en ambos riñones de intensidad de señal en los primeros segundos posterior a la carga diurética, segundo 6. (D) Riñón derecho. (i) Riñón izquierdo.

Figura 2. Comparación de la curva renográfica tipo II (obstruccion) frente a la curva (→) de la RM tipo II (retrazo del contraste a nivel médula). Se observa en la RM, que después de aplicar la carga diurética en el segundo 7, la señal correspondiente al riñón derecho sufre un retraso de 2 segundos en la médula iniciando en el segundo 9 la captación de intensidad de señal. (D) Riñón derecho. (i) Riñón izquierdo.

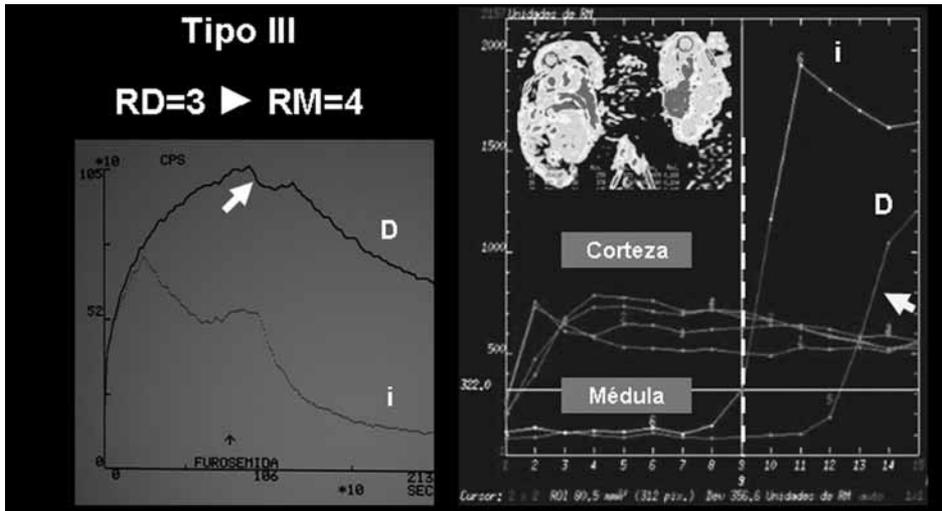


Figura 3. Comparación de la curva renográfica tipo III (obstruiva con respuesta parcial a diurético) frente a la curva (→) de la RM tipo III (retrazo de contraste a nivel cortical o vaciamiento prolongado). Se observa en la RM, que después de aplicar la carga diurética en el segundo 9, la señal correspondiente al riñón derecho sufre un retrazo de 3 segundos en la corteza iniciando en el segundo 12 la captación de la intensidad de señal. (D) Riñón derecho. (i) Riñón izquierdo.

te este estudio tiene limitaciones debidas a la edad (neonatos), los grandes sistemas hidronefróticos⁽⁸⁾ y la escasa capacidad de resolución espacial⁽¹⁾. En los últimos años se han desarrollado trabajos sobre RM-Gd/F que valoran la resolución espacial de la prueba (volumen), el registro de perfusión, la captación, la excreción de contraste⁽³⁾ y el registro de una curva “tiempo/intensidad” cuya finalidad es correlacionarse con la FDR⁽⁹⁾ y el FGR⁽¹⁾.

Hasta ahora, el RD es el examen más usado en el manejo y seguimiento de la obstrucción urinaria alta, seguido muy de cerca y como novedad por la RM-Gd/F. La RM permite estudiar la dinámica de la corteza y médula renal mediante el registro de curvas de tiempo/intensidad para cada una de estas regiones^(4,10). La corteza registra menor intensidad de señal y la médula, mayor (Figs. 1, 2 y 3). En la primera imagen se observa cómo, después de la administración de furosemida, el tiempo de intensidad se eleva y el contraste es captado, perfundido y excretado por el riñón sin que exista retraso en el vaciamiento del contraste. Este registro es equivalente al patrón normal de la curva renográfica. En la segunda imagen se aprecia un retraso de la captación de contraste a nivel medular, que representa una dificultad en el paso a nivel de la unión pieloureteral. Este registro es equivalente al patrón obstructivo de la curva renográfica. En la tercera imagen, el retraso o vaciamiento prolongado del contraste, medido por la RM a nivel de la corteza, indica que el nivel de obstrucción está ubicado fuera de la unión pieloureteral. Este registro es equivalente al patrón obstructivo con respuesta parcial al diurético de la curva renográfica.

Grattan-Smith y Jones dicen que el tiempo de tránsito renal (TTR) se define como el tiempo que requiere el contraste para pasar de la corteza renal al uréter. Valores menores de 245 segundos son normales, mayores de 490 segundos probablemente sean obstructivos y entre 245-490 segundos suelen corresponder a una obstrucción parcial^(1,2). Para la interpretación de esta variable hay que considerar la función renal, el volumen, la distensión del sistema excretor y la anatomía de la unión pieloureteral⁽¹¹⁾. En nuestro trabajo, el TTR solo



Figura 4. A) Caso n°7, válvula de uréter central. B) Caso n°9, hidronefrosis causada por estenosis pieloureteral.

registró información cualitativa (Tabla II), aunque esta, sumada a la observación directa del obstáculo anatómico a nivel de la unión pieloureteral, el uréter o la unión vesicoureteral, permitió valorar los resultados con objetividad. En un futuro también seremos capaces de registrar el TTR de forma cuantitativa.

La precisión diagnóstica RM-Gd/F se puso de manifiesto al coincidir con la evidencia anatómica y funcional. En los dos casos de pacientes afectados de vaso polar que fueron operados se observó, y posteriormente se confirmó mediante la anatomía patológica, la ausencia de una verdadera estenosis de la unión pieloureteral. Con respecto a los dos pacientes con válvulas de uréter, la RD interpretó en un inicio como un patrón obstructivo de EPU. La RM-Gd/F, además de determinar un registro obstructivo, orientó la localización de las mismas (tercio proximal y medio del uréter) extrínsecas a la unión pieloureteral.

Adicionalmente, la interpretación de las imágenes de la RM influyó en la decisión final de dos pacientes afectados de hidronefrosis secundaria a vaso polar. En estos, el criterio quirúrgico inicial indicado por el RD fue sustituido por un crite-

Tabla IV Aciertos diagnósticos de la RM frente al RD al confrontar con los resultados

<i>Caso N°</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Diagnóstico definitivo</i>
3	Sección vaso polar	Vaso polar. Ausencia de EPU ^{1,3}
4	Pieloplastia	Vaso polar. Ausencia de EPU ^{1,2,3}
5	Pieloplastia	Síndrome unión pieloureteral ^{1,2,3,4}
7	Heminefrectomía superior + resección sistema inferior + exéresis uréter ectópico	Displasia renal?? ³ Válvula uréter a nivel central ^{1,2,3} Uréter ectópico vaginal ^{1,2,3}
8	Pieloplastia	Válvula uréter proximal ^{1,2,3}
9	Pieloplastia	Síndrome unión pieloureteral ^{1,2,3,4}
10	Pieloplastia	Síndrome unión pieloureteral ^{1,2,3,4}
<i>Caso N°</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Diagnóstico definitivo</i>
1	Observación	Vaso polar. Sin compromiso de la unión ³
2	Observación	Vaso polar. Sin compromiso de la unión ³
6	Observación	Riñón en herradura ^{3,4}

¹Diagnóstico Anatomía Patológica. ²Diagnóstico Quirúrgico. ³Diagnóstico RM. ⁴Diagnóstico RD

rio conservador. En ambos casos, mediante la RM-Gd/F se observó una función renal conservada y un adecuado paso del contraste por la unión pieloureteral.

Sin duda, se necesitan estudios multicéntricos que reproduzcan los protocolos y la información de la dinámica renal^(1,12). Nuestra experiencia⁽⁹⁾ de estos últimos 2 años ha demostrado que la RM constituye un complemento de valor añadido en el estudio de las uropatías^(1,5,13,14).

CONCLUSIONES

La RM permite un estudio anatómico, vascular y funcional en tiempo real. Existe correlación entre el RD y la RM respecto a la dinámica renal al comparar el porcentaje de función renal diferencial frente al porcentaje de captación de contraste y al valorar la curva renal. La RM demuestra mayor precisión diagnóstica en la hidronefrosis, ya que permite valorar en conjunto el proceso obstructivo (curva intensidad/tiempo) y el origen anatómico del mismo. La RM-Gd/F permite adoptar una conducta expectante en pacientes afectados de vaso polar, cuando se demuestra la ausencia de una auténtica obstrucción de la unión pieloureteral.

BIBLIOGRAFÍA

- Grattan-Smith JD, Jones RA. MR urography in children. *Pediatr Radiol.* 2006; 36: 1119-1132.
- Jones RA, Perez-Brayfield MR, Kirsch AJ, et al. Renal transit time with MR urography in children. *Radiology.* 2004; 233: 41-50.
- Huang AJ, Lee VS, Rusinek H. Functional Renal MR imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2004; 12: 469-486, vi.
- McDaniel BB, Jones RA, Scherz H, et al. Dynamic contrast-enhanced MR urography in the evaluation of pediatric hydronephrosis: part 2 anatomic and functional assessment of uteropelvic junction obstruction. *AJR.* 2005; 185: 1608-1614.
- Pope JC 4th, Broca JW 3rd, Adams MC, et al. How they begin and how they end: classic and new theories for the development and deterioration of congenital anomalies of the kidney and urinary tract, CAKUT. *J Am Soc Nephrol.* 1999; 10: 2018-2028.
- O'Reilly PH. Diuresis Renography 8 years later: an update. *J Urol.* 1986; 136: 993-999.
- Sepúlveda JC, Rodó Salas J, Mañe S, et al. Evolución de los parámetros renográficos pre y postoperatorios en la cirugía del síndrome de la unión pieloureteral. *Cir Pediatr.* 2004; 17: 179-184.
- Pippi Salle JL, Cook A, Papanicolaou F, et al. Artfactual Elevation of Differential Renal Function Measured by Nuclear Scintigraphy in large hydronephrotic Kidneys. AUA Publishing 754.
- Cáceres F, Rodó J, Capdevila A, et al. Análisis prospectivo y comparativo entre la resonancia magnética y las exploraciones tradicionales utilizadas en el estudio de las uropatías con afectación funcional del niño. *Cir Pediatr.* 2007; 20: 159-65.
- Grattan-Smith JD, Perez-Bayfield MR, Jones RA, et al. MR imaging of kidneys: functional evaluation using F-15 perfusion imaging. *Pediatr Radiol.* 2003; 33: 293-304.
- Koff SA, Binkovitz L, Coley B, et al. Renal pelvis volume during diuresis in children with hidronephrosis: implications for diagnosing obstruction with diuretic renography. *J Urol.* 2005; 174: 303-307.
- Cerwinka WH, Grattan-Smith JD, Kirsch AJ. Magnetic resonance urography in pediatric urology. *J Pediatr Urol.* 2008; 4: 74-83.
- 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.* 2008; 16(4): 643-60.
- Leyendecker JR, Barnes CE, Zagoria RJ. MR urography: techniques and clinical applications. *Radiographics.* 2008; 28(1): 23-46.