

Complicaciones vasculares en el trasplante renal pediátrico: Diagnóstico ecográfico

Y. del Valle Sanz, R. M^a Lorente Ramos, T. Berrocal Frutos, C. Prieto Arellano, R. Rodríguez Lemos, M^a C. García-Messeguer¹

Resumen. *Objetivo:* Analizar la incidencia de complicaciones vasculares en el trasplante renal pediátrico y valorar la eficacia y limitaciones de la ecografía duplex-Doppler color para el diagnóstico de las mismas.

Material y métodos: Se revisaron las ecografías realizadas a 76 pacientes sometidos a trasplante renal (89 injertos), con edades comprendidas entre 11 meses y 23 años (media 13 años). Los estudios se efectuaron cada 24 horas durante la primera semana postrasplante, semanal durante la hospitalización y ante disfunción del injerto. Se valoró vascularización del injerto mediante Doppler color, y velocidad sistólica máxima, tiempo de aceleración sistólica, índice de resistencia y velocidad de flujo en la vena renal mediante Doppler pulsado. Se realizó arteriografía en todos los pacientes con sospecha de trombosis y en estenosis sintomáticas, así como en fístulas arteriovenosas con repercusión hemodinámica.

Resultados: Diecisiete injertos (15%) presentaron complicaciones vasculares que incluyeron 8 estenosis de la arteria renal, 4 trombosis de la arteria renal, 4 fístulas arteriovenosas y 1 trombosis de la vena renal. La ecografía diagnosticó 6 de las 8 estenosis (2 falsos negativos), 7 trombosis de la arteria renal (3 falsos positivos), todas las fístulas arteriovenosas y la trombosis de la vena renal.

Conclusiones: La ecografía tiene alta especificidad y sensibilidad para el diagnóstico de complicaciones vasculares, y debe ser la modalidad de estudio inicial en el diagnóstico de las mismas. La existencia de falsos positivos y negativos obliga a realizar arteriografía ante la sospecha de trombosis, fístulas arteriovenosas con repercusión hemodinámica y en estenosis sintomáticas.

An Esp pediatr 1999;50:263-268.

Palabras clave: Ecografía; Dúplex-Doppler color; Trasplante renal; Complicaciones vasculares; Edad pediátrica.

VASCULAR COMPLICATIONS IN PEDIATRIC RENAL TRANSPLANT: DIAGNOSIS BY ULTRASOUND

Abstract. *Objective:* The purpose of this study was to assess the incidence of vascular complications in pediatric renal transplant patients and to evaluate the accuracy and limitations of duplex-Doppler color ultrasound (US) in their diagnosis.

Patients and methods: The US studies of 89 transplants performed in 76 patients were reviewed. Ages of the patients ranged from 11 months to 23 years (mean 13 years). The US exams were performed every 24 hours during the first week post-transplantation, once a week during the hospital stay and whenever graft dysfunction occurred. A vascular map of the graft was performed with color Doppler and

maximum systolic velocity, systolic acceleration time, resistive index and flow velocity in the renal vein were determined with pulsed Doppler. An angiography was performed in all patients with US diagnosis of vascular thrombosis, stenosis or arteriovenous fistula.

Results: Seventeen grafts (15%) showed vascular complications including renal artery stenosis (8 cases), renal artery thrombosis (4 cases), arteriovenous fistula (4 cases) and one renal vein thrombosis. US studies were able to detect six renal artery stenosis (false negative results in two cases), seven renal artery thrombosis (false positive results in three grafts), all of the arteriovenous fistulas and one renal vein thrombosis.

Conclusions: Doppler-duplex color US has a high sensitivity and specificity in diagnosis of vascular complications and should be the first approach for their diagnosis. The presence of false positive and false negative results makes it necessary to perform angiography when symptomatic thrombosis, arteriovenous fistula or stenosis is suspected.

Key words: Ultra-sound. Duplex-Doppler color. Renal transplantation. Vascular complications. Pediatric age.

Introducción

El trasplante renal es el tratamiento definitivo de los enfermos con insuficiencia renal crónica terminal, a los que proporciona una mejor calidad de vida. En los últimos años se ha producido un gran desarrollo de los trasplantes renales, tanto cualitativa, como cuantitativamente, con mejoras en las tasas de supervivencia de los injertos, asociado a una menor frecuencia de morbilidad⁽¹⁻³⁾. Las complicaciones vasculares del trasplante renal son infrecuentes, pero son una causa importante de disfunción del injerto, y además están asociadas a una alta morbilidad. Una vez identificada la lesión vascular, por lo general es fácilmente tratable, dando como resultado la función normal del injerto. El espectro de complicaciones vasculares incluye estenosis y trombosis arterial y venosa, pseudoaneurismas y fístulas arteriovenosas⁽⁴⁾.

El objetivo de este estudio es analizar la incidencia de las complicaciones vasculares en el trasplante renal en la edad pediátrica, así como la eficacia y limitaciones de la ecografía dúplex-Doppler color para el diagnóstico de las mismas. El diagnóstico de certeza de estas complicaciones sigue siendo la arteriografía, pero esta técnica es invasiva, cara e implica el uso de medios de contraste que pueden deteriorar la función renal o producir reacciones alérgicas. Más recientemente la angiografía magnética se ha postulado como una técnica fiable y definitiva para el diagnóstico de las complicaciones vasculares.

Departamentos de Radiología y ¹Nefrología. Hospital Infantil "La Paz". Madrid.

Correspondencia: Yolanda del Valle Sanz. c/ Vicedo, 2 - 5^oD.

San José de Valderas. 28925 Alcorcón (Madrid).

Recibido: Mayo 1998

Aceptado: Noviembre 1998

Tabla I Resultados

89 injertos: 17 complicaciones vasculares (15%)		
	Diagnóstico ecográfico	diagnóstico final
Estenosis de la arteria renal	6	8
Trombosis de la arteria renal	7	4
Fístulas arteriovenosas	4	4
Trombosis de la vena renal	1	1

No utiliza contraste nefrotóxico, pero es una técnica cara y precisa anestesia del paciente pediátrico.

Ante una disfunción del injerto, para el clínico a menudo es difícil diferenciar entre complicación médica, de la vía excretora o vascular. La ecografía permite hacer el despistaje inicial, pudiendo realizarse la exploración "a la cabecera" del enfermo en la unidad de cuidados intensivos, sin radiación ni sedación del niño. Las causas postquirúrgicas de disfunción del injerto (coleciones de líquido perinéfrico e hidronefrosis), se detectan fácilmente mediante ecografía en modo B. La ecografía dúplex-Doppler color permite la visualización morfológica del injerto renal, de las zonas adyacentes, así como una valoración fisiológica del flujo renal. La visualización en tiempo real de la vascularización renal facilita la identificación de la arteria renal y permite un análisis directo de los cambios hemodinámicos⁽⁵⁾. Es útil en el estudio previo al trasplante del receptor y del donante, en la valoración inicial del estado del injerto postransplante y en identificar posibles causas de mal funcionamiento o complicaciones del mismo^(6,7).

Material y métodos

Se revisaron los estudios ecográficos dúplex-Doppler color de 76 niños sometidos a trasplante renal (89 injertos) (se denomina dúplex-Doppler a la combinación de Doppler pulsado con ecografía en modo B. El Doppler aporta información fisiológica y la imagen información anatómica). Las edades de los pacientes estaban comprendidas entre 11 meses y 23 años (media 13 años). El tiempo del estudio fue de 6 años (desde enero de 1991 hasta diciembre de 1996). Se utilizaron sondas de 3,5 y 7,5 megaherzios (Mhz) (TOSHIBA 270 SSA). Las exploraciones se realizaron con los pacientes en decúbito supino, sin necesidad de ayuno o anestesia, con la siguiente pauta: cada 24 horas durante la primera semana postransplante, semanal durante la hospitalización, y siempre que existiera disfunción del injerto (alteraciones clínicas o analíticas). Si el injerto era de donante vivo, se realizó ecografía previa a la extracción.

En el donante cadáver la anastomosis vascular fue término-terminal entre la arteria ilíaca interna y la arteria renal del donante. En el injerto procedente de donante vivo la anastomosis fue término-lateral entre arteria renal y arteria ilíaca externa. La anastomosis de la vena renal fue siempre término-lateral a la vena ilíaca externa.

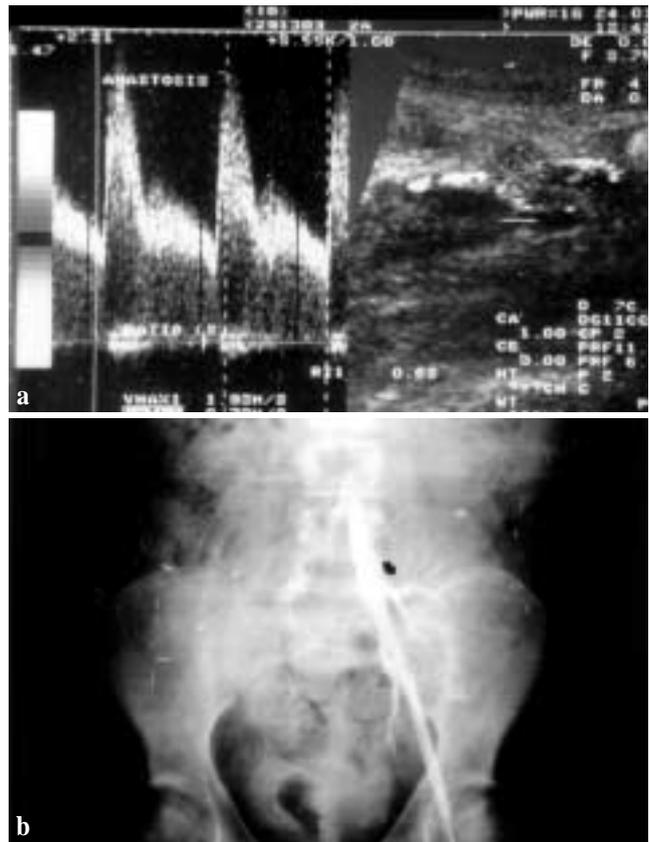


Figura 1. Estenosis de la arteria renal. **a)** Estudio ecográfico dúplex-Doppler color que muestra una velocidad sistólica máxima de 1,93 m/s próxima a la anastomosis. **b)** Angiografía que confirma la estenosis (flecha).

Con la ecografía dúplex-Doppler color se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos, ajustando los parámetros a los valores mínimos necesarios para el diagnóstico. El análisis cualitativo del flujo renal se valoró mediante Doppler color en los vasos intrarrenales y en las anastomosis estudiando permeabilidad vascular del injerto, distribución del flujo sanguíneo (trombosis polar, fístulas arteriovenosas, etc.) y turbulencias en la anastomosis arterial. Mediante Doppler pulsado se realizó análisis cuantitativo en al menos 2 vasos intrarrenales de los tercios superior, medio e inferior del injerto, así como en la arteria y vena renales próximas a la anastomosis y cuando fue posible en la región postanastomótica. Se valoraron los siguientes parámetros: velocidad sistólica máxima en el lugar de la anastomosis (normal < 1,7 m/s), rango de velocidades entre la zona estenótica y la preestenótica, (para que estas medidas sean fiables el ángulo Doppler debe estar entre 30° y 60°), índice de resistencia de Pourcelot (normal entre 0,5-0,7) que es el resultado de dividir la diferencia de la velocidad sistólica máxima y diastólica mínima entre la velocidad sistólica máxima ($IR = \frac{VSM - VDM}{VSM}$), y tiempo de aceleración sistólica si existía sospecha de estenosis de la arteria renal (normal < 70 ms). El tiempo de aceleración sistólica (TAS) viene definido como el tiempo que se tarda en alcanzar el pico sistólico máximo desde el fi-

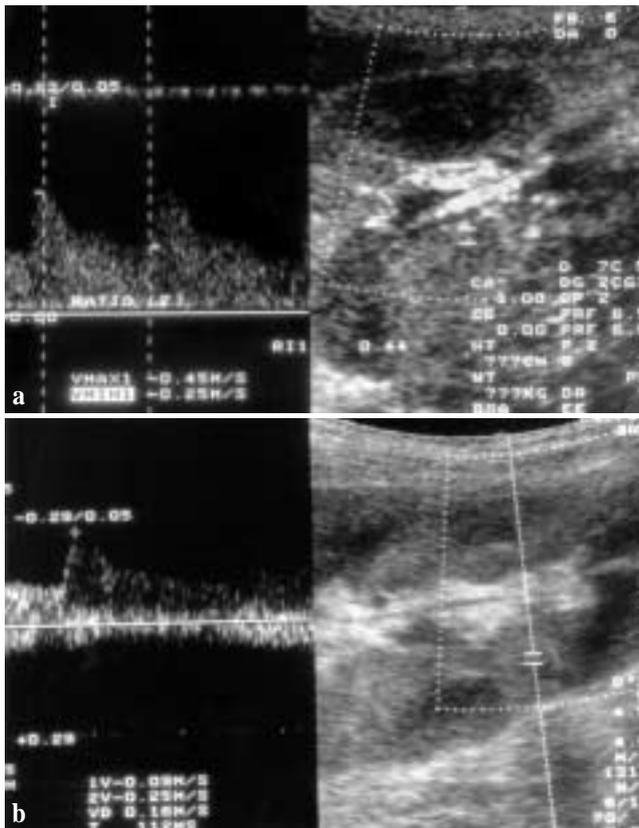


Figura 2. Estenosis de la arteria renal. Onda patológica de un vaso intrarenal en un paciente con estenosis de la arteria renal. **a)** Índice de resistencia bajo de 0,44. **b)** Tiempo de aceleración sistólica de 112 ms (morfología "parvus-tardus").

nal de la diástole. También se evaluó la velocidad del flujo en la vena renal. La arteriografía se realizó en todos los pacientes en los que se sospechó trombosis vascular mediante ecografía y en las estenosis sintomáticas. Así mismo en las fístulas arteriovenosas de gran tamaño con repercusión hemodinámica.

Resultados

Diecisiete trasplantes (15%) presentaron complicaciones vasculares (Tabla I), que incluyeron: 8 estenosis de la arteria renal (7%), 4 trombosis de la arteria renal (3,5%), 4 fístulas arteriovenosas (3,5%) y 1 trombosis de la vena renal (0,9%).

Seis de las ocho estenosis de la arteria renal se diagnosticaron por ecografía. Hubo dos falsos negativos debidos fundamentalmente a factores técnicos. El examen ecográfico mediante Doppler color en la zona estenótica de la arteria renal principal mostró "aliasing" (o ensanchamiento del espectro de velocidades en la gráfica Doppler) y el Doppler pulsado mostró alta velocidad sistólica en el segmento estenótico ($>1,7$ m/s) (Figs. 1A y 1B), rango de velocidades entre el area estenótica y la preestenótica de 2:1 y turbulencia distal a la estenosis. En las ramas intrarrenales la onda presentó morfología "parvus-tardus", índice de resistencia $<0,5$ (Fig. 2A) y tiempo de aceleración sis-



Figura 3. Trombosis de la arteria renal. Falso positivo de trombosis de la arteria renal en un trasplante "en bloque". **a)** Doppler color que muestra una buena vascularización. **b)** Una semana más tarde hay ausencia de color en el estudio ecográfico. En la cirugía se encontró torsión del pedículo vascular.

tólica >70 msg (Fig. 2B). Todas las estenosis aparecieron en el lugar de la anastomosis quirúrgica.

Siete pacientes mostraron hallazgos ecográficos sugestivos de trombosis de la arteria renal (ausencia de flujo arterial y venoso tanto en Doppler color como pulsado). La arteriografía confirmó el diagnóstico en 4 de ellos y demostró permeabilidad de la arteria en los 3 restantes (falsos positivos). En dos casos el error diagnóstico se debió a rechazo agudo severo que condicionó la pérdida de los injertos. El tercer falso positivo se debió a torsión del pedículo vascular en un trasplante "en bloque" (Figs. 3A y 3B). En los casos de trombosis de ramas polares (Fig. 4A) se detectó ausencia de flujo en el área irrigada por el vaso, con el consiguiente infarto (Fig. 4B).

Los cuatro casos de fístulas arteriovenosas, se produjeron después de biopsia. Las imágenes en Doppler color (Fig. 5) mostraron "mancha" de color debido a la vibración del tejido perifístula. Las características del análisis espectral incluyeron flujo turbulento con aceleración en el sitio del shunt, aumento de las velocidades diastólicas y sistólicas, disminución del índice de resistencia en los vasos de llenado (Fig. 6A) y aumento de la velocidad con flujo pulsátil "arterializado" en la vena de drena-



Figura 4. Trombosis de rama polar. **a)** Doppler color que demuestra ausencia de flujo en el polo superior del injerto (flecha). **b)** Seis semanas más tarde se ve el consiguiente infarto (flecha).

je (Fig. 6B). Las fístulas arteriovenosas mostraron “fenómeno de robo” en el resto del parénquima (Fig. 7A), el cual reflejó una baja velocidad sistólica (Fig. 7B). La angiografía confirmó el diagnóstico en los 4 casos (Fig. 7C).

La única trombosis de la vena renal se produjo en el postoperatorio inmediato. Los hallazgos ecográficos fueron ausencia del flujo venoso renal y flujo diastólico invertido en las ramas intrarenales. La confirmación diagnóstica se hizo mediante cirugía.

Discusión

La aplicación de nuevas técnicas y tratamientos en el trasplante renal ha determinado un mayor índice de supervivencia injerto-receptor, pero sigue existiendo un elevado número de complicaciones urológicas postrasplante⁽⁸⁾. La ecografía dúplex-Doppler color se utiliza para el diagnóstico y evaluación de las complicaciones postquirúrgicas del trasplante renal. Los efectos de la necrosis tubular aguda y el rechazo agudo en las ondas Doppler durante el período precoz postrasplante están bien documentados^(9,10), y aunque el diagnóstico específico no se puede hacer, la disfunción renal sí se puede evaluar^(11,12). Las complicaciones vasculares, aunque infrecuentes, son importantes, ya



Figura 5. Fístula arteriovenosa. Estudio Doppler color que muestra la “mancha” de color debida a la vibración del tejido perifístula (flecha).

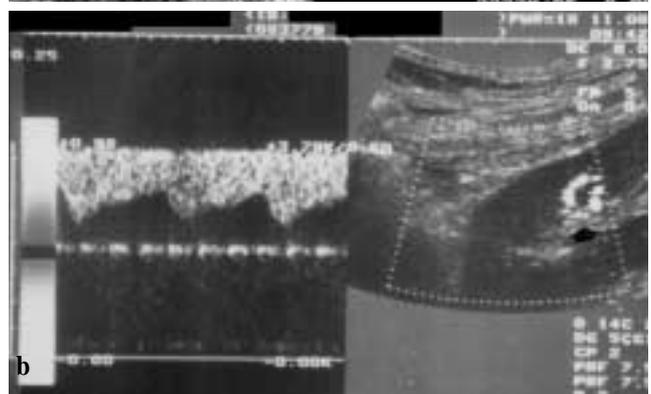
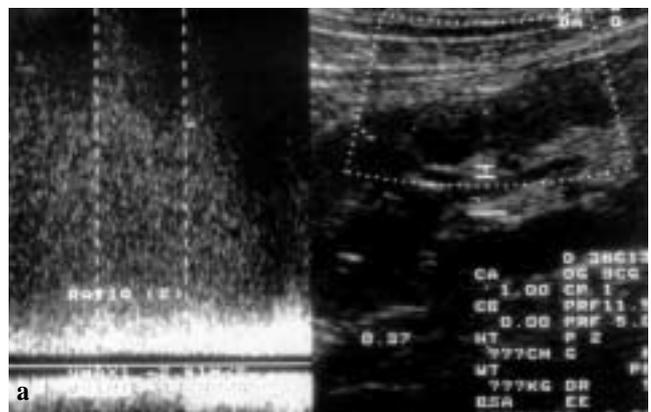


Figura 6. Fístula arteriovenosa. **a)** Velocidades diastólicas y sistólicas elevadas (2,41 m/s) en la arteria de llenado con un bajo índice de resistencia (0,37). **b)** Ecografía dúplex-Doppler color que demuestra un flujo “arterializado” en la vena de drenaje (flecha).

que afectan directamente a la viabilidad del injerto⁽¹³⁾.

La complicación vascular más frecuente a largo plazo del trasplante renal es la estenosis de la arteria renal principal, con una incidencia aproximada del 10% en las series publicadas y es causa de hipertensión arterial potencialmente tratable⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. Los siguientes hallazgos clínicos sugieren estenosis de la arteria re-

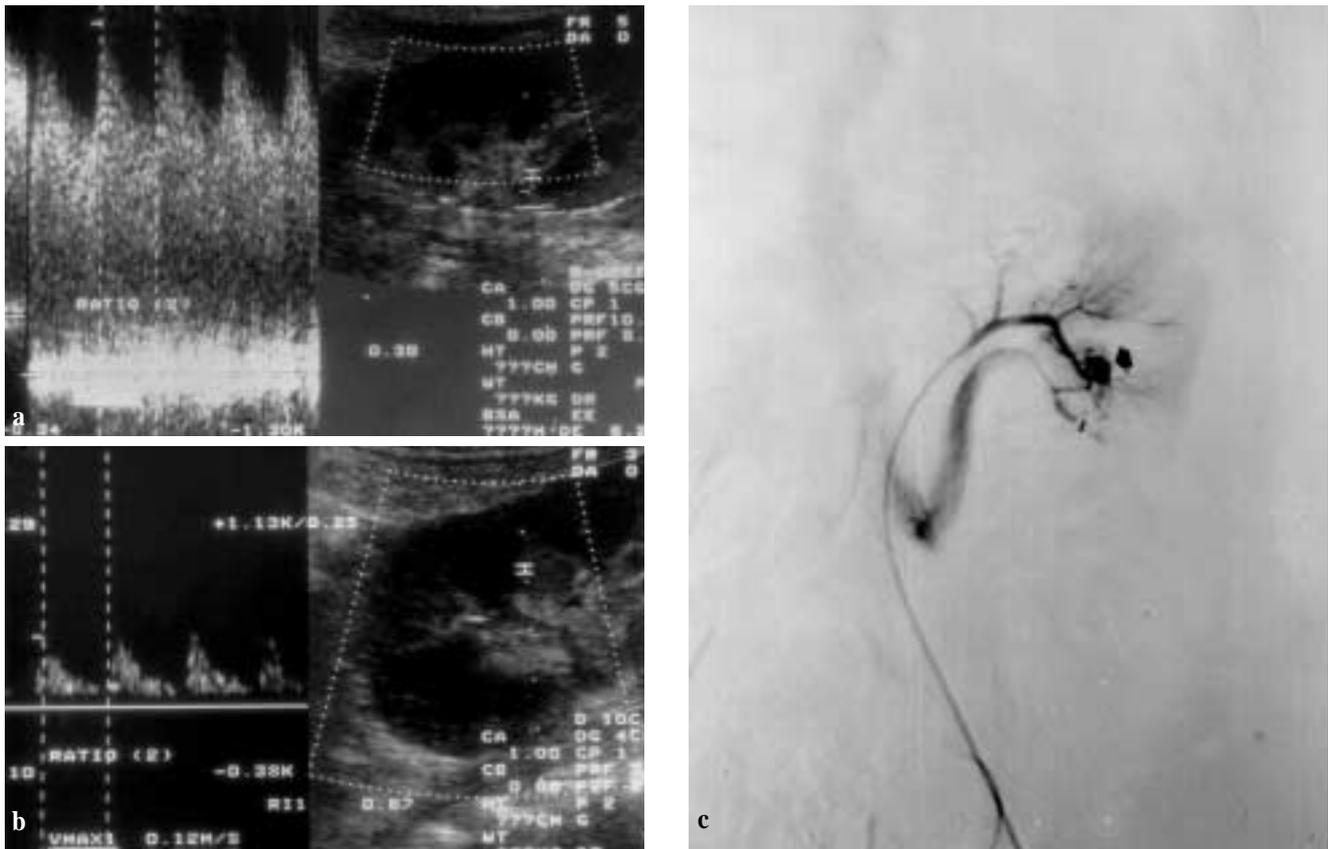


Figura 7. Fístula arteriovenosa. **a)** Velocidad sistólica > 2m/s e índice de resistencia de 0,30. **b)** “Fenómeno de robo” en el resto del injerto, el cual presenta flujos de baja velocidad. **c)** La angiografía confirmó el diagnóstico de una fístula arteriovenosa de gran tamaño (flecha).

nal: 1) hipertensión arterial severa refractaria a tratamiento médico; 2) hipertensión arterial y presencia de un “ruido” audible en el injerto y 3) hipertensión arterial asociada con una inexplicable disfunción del injerto. Una moderada hipertensión no debe ser considerada como un marcador de una estenosis significativa, ya que por encima del 65% de receptores de transplantes pueden presentar hipertensión no renovascular⁽¹⁷⁾. Las estenosis se producen, generalmente, en el lugar de la anastomosis quirúrgica o en un segmento proximal de la arteria donante⁽¹⁸⁾. La estenosis distal de la arteria donante es mucho menos frecuente y se piensa que es debida a una afectación de la íntima. Las estenosis de la arteria receptora son raras y, generalmente, son el resultado de enfermedad arterioesclerótica nativa⁽¹⁹⁻²¹⁾. Un “screening” inicial se puede realizar “mapeando” el curso de la arteria renal con Doppler color. Cuando los parámetros están ajustados correctamente, el segmento estenótico aparece con una región focal de “aliasing”. Estas zonas se pueden evaluar selectivamente con Doppler pulsado. En determinadas ocasiones no es posible visualizar la arteria renal principal, por lo que es difícil identificar flujo de alta velocidad. En estos casos, hemos utilizado las características del flujo en arterias segmentarias, interlobares o arcuatas, que típicamente muestran ondas de morfología “parvus-tardus”. Estas ondas presentan un tiempo de aceleración sistólica prolongado (normal < 70 ms), debido a la len-

titud para alcanzar el pico sistólico máximo. Las estenosis severas de la arteria renal principal también presentan ondas de morfología “parvus-tardus” en los vasos intrarrenales. La arteriografía se debe realizar en aquellos pacientes con hallazgos positivos en ecografía dúplex-Doppler con el fin de realizar angioplastia si procede. Si existe un alto índice de sospecha y, sin embargo el resultado del examen ecográfico es negativo (en nuestra serie hubo 2 falsos negativos, ambos debidos a factores técnicos), la arteriografía y más recientemente la angiorresonancia magnética, también se deben realizar para excluir estenosis, bien de un segmento de la arteria renal o de una arteria renal accesoria⁽¹⁷⁾.

La segunda complicación vascular más frecuente son las fístulas arteriovenosas que, generalmente, se producen después de una biopsia percutánea o tras procedimientos radiológicos intervencionistas y la mayoría no producen secuelas, ya que se resuelven espontáneamente^(14,15). Su verdadera incidencia es desconocida, ya que, generalmente, son clínicamente silentes. Si se trata de fístulas arteriovenosas de gran tamaño, se puede producir isquemia renal y hematuria. Este tipo de fístulas puede comunicar con el sistema colector y dar lugar a hemorragia perinjerto y rotura al espacio perirrenal. El tratamiento de elección en estos casos es la embolización⁽¹⁷⁾. Se identifican fácilmente con la ecografía dúplex-Doppler color, apareciendo una “mancha de color”

que se atribuye a una marcada vibración del tejido perifistula⁽²²⁾. Las características del análisis espectral en nuestro trabajo fueron flujo turbulento y acelerado en el lugar del shunt, aumento de las velocidades sistólicas y diastólicas máximas con disminución del índice de resistencia en la arteria nutrienda y aumento de velocidad en la vena de drenaje con "arterialización" del flujo venoso.

La trombosis de la arteria renal es una complicación rara presentándose en menos del 1% de los trasplantes renales. Típicamente se produce en la primera semana postrasplante y casi invariablemente da lugar a la pérdida del injerto^(3,23). Se han postulado múltiples causas para explicar la trombosis de la arteria renal, pero los factores precipitantes más frecuentes son rechazo severo agudo y fallo en la anastomosis quirúrgica^(20,24). En ecografía dúplex-Doppler color existe ausencia total de flujo, tanto arterial, como venoso, aunque pueden existir falsos positivos, debido a rechazo severo agudo (en nuestra serie hubo 2). En esta situación, tanto los hallazgos clínicos, como ecográficos son superponibles a los de la trombosis de la arteria renal. El tercer falso positivo se debió a torsión del pedículo vascular en un trasplante "en bloque". La arteriografía se debe realizar en aquellos casos en los cuales los hallazgos ecográficos (y clínicos) no son concluyentes⁽¹⁷⁾.

La trombosis de la vena renal es una complicación muy rara de disfunción del injerto. Típicamente ocurre en el postquirúrgico muy precoz y se manifiesta clínicamente por oliguria súbita y aumento del tamaño del injerto. Los factores predisponentes incluyen fallos en la técnica quirúrgica, compresión de la vena renal por colecciones líquidas e hipovolemia⁽¹⁷⁾. Las características del examen por ecografía dúplex-Doppler color son ausencia de flujo en la vena renal e inversión de la diástole en la arteria renal principal, sin embargo, este último hallazgo por sí mismo es a veces inespecífico, ya que, tanto el rechazo agudo severo, como la necrosis tubular aguda pueden tener similares hallazgos en el análisis espectral. El diagnóstico precoz de esta complicación vascular es crucial, pues en ocasiones se puede salvar el injerto sometiendo a fibrinólisis. Sin embargo, en muchas ocasiones esto no es posible e invariablemente se produce infarto del injerto.

En conclusión, la ecografía duplex-Doppler color tiene una alta especificidad y sensibilidad para el diagnóstico de complicaciones vasculares, y debe ser la modalidad de estudio inicial en el diagnóstico de las mismas. La estenosis de la arteria renal principal es la complicación vascular más común, que, generalmente, se produce en el lugar quirúrgico de la anastomosis. La trombosis de la vena renal es la complicación menos frecuente. El alto porcentaje de resultados falsos positivos en el diagnóstico de trombosis de la arteria renal, deriva de la gran reducción del flujo de la arteria renal que se produce en el rechazo agudo muy severo. Cuando los hallazgos ecográficos (y/o clínicos) no son concluyentes en los casos de trombosis de la arteria renal, debe realizarse arteriografía, ya que aporta más información de todo el árbol vascular y sirve de guía en los casos susceptibles de fibrinólisis. También se debe realizar arteriografía en casos de fístula arteriovenosas con repercusión hemodinámica (fístulas arteriovenosas de gran tamaño) y en estenosis sintomáticas o que se be-

neficien de angioplastia y al igual que en los casos de trombosis siempre que los hallazgos ecográficos (y/o clínicos) no sean concluyentes.

Bibliografía

- Mulligan, SA, Koslin DB, Berland LL, et al. Duplex evaluation of native renal vessels and renal allografts. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* 1992; **13**:40-52.
- Merritt CRB. Abdomen. En: Doppler color imaging. New York: Churchill Livingstone, 1992; 141-194.
- Martín-Hervás C, de Miguel Gil A. Valoración del trasplante renal con ultrasonografía Doppler color y pulsado. Parte I: complicaciones quirúrgicas. *Radiología* 1994; **36**:567-575.
- Pozniak MA, Dodd GD, Kelcz F Ultrasonographic evaluation of renal transplantation. *Radiologic Clinics of North America* 1992; **33**:1053-1066.
- Helenon O, Rody FE, Correas JM, et al. Color Doppler U.S. of renovascular disease in native kidneys. *Radiographics* 1995; **15**:833-854.
- Taylor KJW, Morse SS, Rigsby CM, et al. Vascular complications in renal allografts: detection with duplex-Doppler US. *Radiology* 1987; **162**:31-38.
- Catell WR, Webb JAW, Hilson AJW editors. Diagnóstico por la imagen en patología renal. Barcelona: Consulta 1990:192-205.
- Becker JA, Kutcher R. Urologic complications of renal transplantation. *Seminars in Roentgenology* 1978; **13**:34-351.
- Rifkin M.D., Needleman L., Pasto M.E. et al. Evaluation of renal transplant rejection by duplex- Doppler examination: value of the resistive index. *American Journal of Radiology* 1987; **148**:759-762.
- Kelcz F., Pozniak M.A., Pirsch J.D. et al. Pyramidal appearance and resistive index: insensitive and nonspecific indicators of acute renal transplant rejection. *American Journal of Radiology* 1990; **155**:531-535.
- Baxter GM, Morley P, Dall B. Acute renal vein thrombosis in renal allografts: new Doppler ultrasonic findings. *Clinical Radiology* 1991; **43**:125-127.
- Baxter GM, Ireland H, Moss JG, Haden PN, Junor BJR, Rodger RSC, Briggs JD. Colour Doppler ultrasound in renal transplant artery stenosis: which Doppler index? *Clinical Radiology* 1995; **50**:618-622.
- Little AF, Dodd GD. Postoperative sonographic evaluation of the hepatic and renal transplant patient. *Ultrasound Quarterly* 1995; **13**:111-119.
- Renowden SA, Blethyn J, Cochlin DL Duplex and colour flow sonography in the diagnosis of post-biopsy arteriovenous fistulae in the transplant kidney. *Clinical Radiology* 1992; **45**:233-237.
- Merkus JWS, Zeebregts CJAM, Hoitsma AJ et al. High incidence of arteriovenous fistula after biopsy of kidney allografts. *British Journal of Surgery* 1993; **80**:181-293.
- Stringer DA, Halpin DO, Daneman A, et al. Duplex-Doppler sonography of renal artery stenosis in the post-transplant pediatric patient. *Pediatr Radiol* 1989; **19**:187-192.
- Tublin ME, Dodd GD. Sonography of renal transplantation. *Radiologic Clinics of North America* 1995; **33**:447-459.
- MacLennan AC, Baxter GM, Harden P, Rowe PA. Renal transplant vein occlusion: an early diagnostic sign? *Clinical Radiology* 1995; **50**:251-253.
- Jordan ML, Cook GT, Cardell CJ, et al. Duplex-Doppler sonography in renal allografts. The significance of reversed flow in diastole. *AJR* 1990; **155**:531-535.
- Palleschi J, Novick AC, Braun WE, et al. Vascular complications of renal transplantation. *Urology* 1980; **16**:61-67.
- Rijksen JFWB, Koolen MI, Walaszewski JE et al. Vascular complications in 400 consecutive renal allograft transplants. *J Cardiovasc Surg* 1982; **23**:91-98.
- Grenier N, Douws C, MorelD, et al. Detection of vascular complications in renal allografts with color Doppler flow imaging. 1991; **178**:217-223.