

UroImAgen

Tratado de **Urología** en Imágenes

Reservados todos los derechos de los propietarios del copyright.

Prohibida la reproducción total o parcial de cualquiera de los contenidos de la obra.

© **Editores: Ángel Villar-Martín, Jesús Moreno Sierra, Jesús Salinas Casado**

© Los autores

© Editorial: LOKI & DIMAS

El contenido de esta publicación se presenta como un servicio a la profesión médica, reflejando las opiniones, conclusiones o hallazgos de los autores. Dichas opiniones, conclusiones o hallazgos no son necesariamente los de Almirall, por lo que no asume ninguna responsabilidad sobre la inclusión de los mismos en esta publicación.

ISBN: 978-84-940671-7-4

Depósito legal: M-24989-2013

Patrocinado por:



Soluciones pensando en ti

INTRODUCCIÓN AL ECO-DOPPLER EN UROLOGÍA. DESCRIPCIÓN Y PRINCIPALES INDICACIONES (RENAL, ESCROTAL Y PENEANO)

INTRODUCCIÓN.....	3
BASES FÍSICAS DE LA ECOGRAFÍA DOPPLER	3
ÁNGULO DOPPLER.....	4
REPRESENTACIÓN	5
ÍNDICES DOPPLER.....	5
TRANSDUCTORES	6
PRINCIPALES APLICACIONES DEL ECO-DOPPLER EN UROLOGÍA....	7
A. Ecografía doppler renal.....	7
B. Ecografía doppler escrotal.....	9
C. Ecografía doppler del pene.....	12

RESUMEN..... 16

BIBLIOGRAFÍA..... 17

INTRODUCCIÓN AL ECO-DOPPLER EN UROLOGÍA. DESCRIPCIÓN Y PRINCIPALES INDICACIONES (RENAL, ESCROTAL Y PENEANO)

Susana Martín Garre, Julián Hernández Montero, Carmen Soteras Roura, Esther Contreras Cecilia.

Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Clínico San Carlos. Madrid.

INTRODUCCIÓN

La ecografía es una técnica de imagen no invasiva que permite la exploración de un área de interés a tiempo real, siendo segura y barata en comparación con otras técnicas utilizadas en radiología urológica. La ecografía Doppler, no solo aporta una información adicional a los hallazgos en ecografía convencional, sino que es la base para el diagnóstico de patologías como la disfunción eréctil.

BASES FÍSICAS DE LA ECOGRAFÍA DOPPLER

La ecografía se basa en la interpretación de las ondas de sonido que las diferentes interfases de los tejidos reflejan cuando una región anatómica se explora con un transductor, el cual emite una onda a una frecuencia determinada. Mediante un complejo software, las ondas de

sonido que el transductor recibe (es emisor y receptor al mismo tiempo) se forma la imagen en una escala de grises (modo B convencional). El sonido reflejado tiene esencialmente la misma frecuencia que el sonido emitido. En cambio, si la interfase causante de la reflexión se mueve con respecto al haz de sonido emitido por el transductor, existe un cambio en la frecuencia del sonido dispersado por la estructura en movimiento. Este cambio en la frecuencia, es directamente proporcional a la velocidad de la interfase en movimiento y es resultado del efecto Doppler¹. La relación entre la frecuencia del ultrasonido reflejado y la velocidad de la estructura reflectora se describe mediante la ecuación Doppler:

$$\Delta_F = (F_R - F_T) = 2F_T v/c \text{ en la que:}$$

F_R es la frecuencia del sonido reflejado a partir de la estructura en movimiento.

F_T es la frecuencia del sonido emitido por el transductor.

v es la velocidad de la estructura hacia el transductor.

c es la velocidad del sonido en el medio.

Ángulo Doppler

En la mayoría de las aplicaciones clínicas, la dirección del haz de ultrasonidos forma un ángulo con la estructura en movimiento que se conoce como ángulo Doppler. Siempre que pueda medirse este ángulo, es posible calcular la velocidad del flujo acorde a esta fórmula:

$$\Delta_F = (F_R - F_T) = (2 F_T v/c) \cos \theta$$

donde θ es el ángulo entre el eje del flujo y el haz del ultrasonidos que incide. Cuando éste se aproxima a 90° el coseno de θ tiende a 0, por lo que no existe movimiento relativo del objeto hacia 0 desde el transductor y no es posible detectar cambios en la frecuencia Doppler. Dado que el coseno del ángulo Doppler oscila bruscamente cuando los ángulos son mayores

de 60°, se requiere que las medidas Doppler se realicen con ángulos inferiores a 60°. Las mediciones más precisas se obtienen cuando el eje del transductor es perpendicular a la pared del vaso¹.

Representación

El estudio Doppler es representado de tres formas:

1. Señal audible.
2. Gráfica de espectro de frecuencias en función del tiempo (Doppler pulsado) en forma de deflexiones verticales de la onda sobre una línea de base. El sistema Doppler-Duplex lo combina con el modo B bidimensional a tiempo real, pudiendo la posición ser controlada de manera precisa.
3. Imagen Doppler color, en la que las señales de las estructuras en movimiento son representadas en un color en función de que su movimiento sea hacia o desde el transductor. El *angio-Doppler* o *Power Doppler*, consiste en un mapa de color que representa la potencia integrada de la señal Doppler en vez de su cambio de frecuencia. Es más sensible a la detección del flujo y presenta menor dependencia del ángulo que el Doppler color.

Índices Doppler

La ecografía Doppler permite identificar los vasos, determinar la dirección del flujo sanguíneo, evaluar la existencia de estenosis u oclusión, y describir las características del flujo en órganos y tumores (**Figura 1**). Para el estudio de las resistencias vasculares se utilizan diferentes mediciones. Entre los más comúnmente empleados se encuentran:

- Velocidad picosistólica, (A).
- Velocidad finaldiastólica, (B).
- Índice de resistencia [$IR = (A-B) / A$].

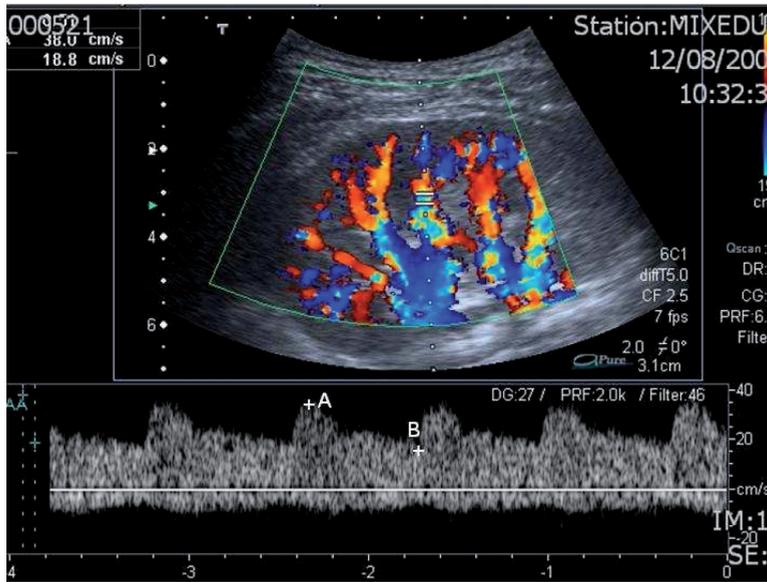


Figura 1. Estudio Doppler color y pulsado del riñón. Bajo la imagen en color se representa la curva de flujo arterial con mediciones de la velocidad picosistólica (A) y finaldiastólica (B).

Transductores

Para los estudios del abdomen se suele emplear sondas de baja frecuencia (3,5-5,5 Mhz) tipo convex. Para el estudio de estructuras superficiales como son el escroto y el pene se emplearán por lo general transductores lineales de alta frecuencia (por encima de 7,5 Mhz) que presentan menor penetración pero mayor resolución espacial.

PRINCIPALES APLICACIONES DEL ECO-DOPPLER EN UROLOGÍA

A. Ecografía Doppler renal

Trasplante renal

La ecografía sigue siendo la técnica de elección en la evaluación del trasplante renal, tanto en la evaluación del trasplante reciente, fundamentalmente para descartar complicaciones posquirúrgicas y evaluar el flujo, como en los sucesivos controles^{2,3,4}. El Doppler color permite realizar una rápida e inmediata evaluación de la perfusión del injerto mientras que la curva espectral es fundamental para la cuantificación². Un aumento de los índices de resistencia por encima de 0,80 pueden observarse tanto en el rechazo agudo como en la trombosis venosa pudiendo asociarse también a ausencia o incluso inversión de la diástole. En el caso de trombosis venosa, no se detecta flujo en el interior de la vena que presentará material ecogénico en su interior y aumento de su calibre^{5,6}. Es muy útil, asimismo, tanto en la planificación de una biopsia percutánea como en la evaluación de posibles complicaciones (formación de fístula arteriovenosa, sangrado periférico en el punto de entrada de la aguja, etc.).

Masas renales

Una de las principales utilidades del eco-Doppler radica en la posibilidad de diferenciar masas quísticas de sólidas^{7,8}. Las quísticas simples se caracterizan ecográficamente por ser anecoicas, con refuerzo acústico posterior y sin flujo en el estudio Doppler. Las masas sólidas presentan una ecogenicidad respecto al parénquima renal variable y en muchos casos de detecta flujo intralesional en el estudio Doppler pudiendo aislar curvas de flujo arterial en su seno^{9,10}. Las masas quísticas complejas pueden presentar septos gruesos, pared engrosada y nódulos murales, en los que en ocasiones se detecta flujo en el estudio Doppler^{7,11}.

Estenosis de arteria renal

En el estudio de la hipertensión arterial secundaria, la ecografía Doppler es útil, en algunos casos, para descartar la existencia de estenosis de la arteria renal. El diagnóstico se basa fundamentalmente en dos hallazgos: el aumento de los valores de velocidad picosistólica en el lugar de la estenosis a nivel de la arteria renal principal (por encima de 180-200 cm/s) y en el retraso de la aceleración sistólica en las arterias renales intraparenquimatosas (tiempo de aceleración, medido entre el punto en el que se inicia la sístole y el punto en el que la curva alcanza la velocidad picosistólica, superior a 0,08 segundos)^{12,13} (Figura 2). Sin embargo, algunos autores discrepan en estos criterios pues las curvas de flujo de las arterias renales dependen de varios factores como la existencia de disfunción ventricular izquierda, enfermedad valvular, diabetes o medicación cardiovascular entre otras¹⁴. También se emplea el ratio entre la velocidad picosistólica en el origen de la arteria renal principal y en la aorta (RAR), considerando un RAR superior a 3.0-3.5, diagnóstico de estenosis significativa de la arteria renal (reducción del diámetro de la luz superior al 50%)^{13,15,16}.

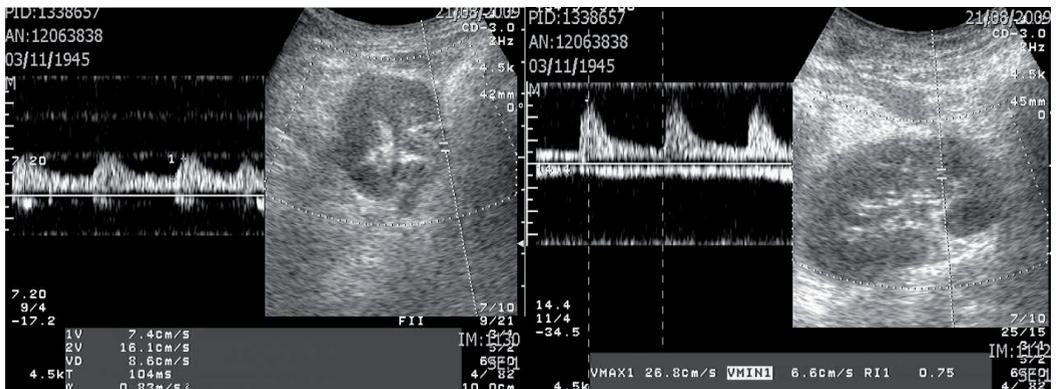


Figura 2. Estenosis de la arteria renal del injerto colocado en la fosa ilíaca izquierda (imagen izquierda) en un paciente con trasplante renal doble. Se observa asimetría en ambas curvas de flujo arterial con aumento del tiempo de aceleración (104 ms) en el flujo arterial intrarrenal en la imagen de la izquierda.

Trombosis de la vena renal

Cuando existe trombosis de la vena renal, ésta, normalmente, presentará aumento de su calibre, material ecogénico en su interior y ausencia de flujo en el estudio Doppler.

B. Ecografía Doppler escrotal

Torsión testicular

La ecografía Doppler tiene como finalidad principal descartar la existencia de isquemia, situación en la que el flujo testicular no se detectará o estará muy disminuido comparado con el contralateral. Es fundamental realizar una adecuada correlación clínica de estos hallazgos ya que, en otras entidades, que también se manifiestan como un escroto agudo puede, en ocasiones, el

flujo intratesticular estar disminuido, como en las orquiepididimitis severas que asocian trombosis venosa y edema¹⁷. Por otra parte, la detección de flujo en la valoración con Doppler color de un paciente con sospecha de torsión no excluye por completo el diagnóstico¹⁸. En algunos casos, puede detectarse con eco Doppler pulsado un aumento de los índices de resistencia en las arterias intratesticulares (**Figura 3**).

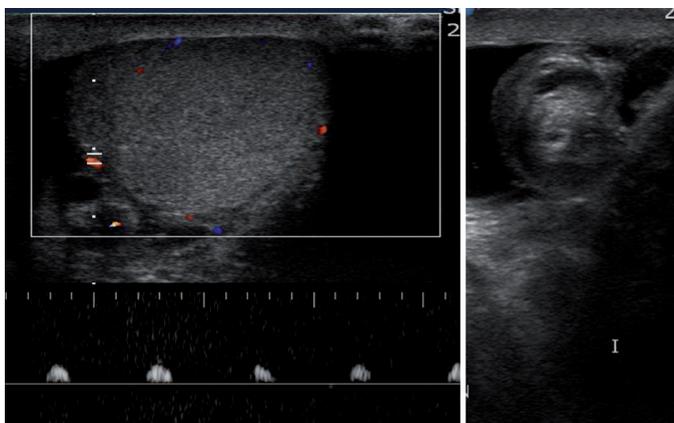


Figura 3. Torsión testicular. En el estudio Doppler, existe disminución del flujo intratesticular con aumento de los índices de resistencia en la curva espectral (izquierda). En la imagen de la derecha (modo B) se identifica un giro del cordón espermático.

En ocasiones, se detectará hiperemia de la piel escrotal y estructuras paratesticulares. En modo B, el testículo puede tener un tamaño normal o aumentado y la ecogenicidad ser normal o estar disminuida y ser heterogénea. En ocasiones, se observarán focos hiperecogénicos en relación con zonas de hemorragia^{19,20}. La visualización del giro del cordón espermático en el canal inguinal externo, es un signo diagnóstico de torsión de alta sensibilidad y especificidad^{21,22} (**Figura 3**).

Orquiepididimitis

Los hallazgos más frecuentes en modo B son el aumento de tamaño del epidídimo y/o testículo, generalmente con ecogenicidad disminuida, de forma difusa o ecogenicidad heterogénea, y engrosamiento de cubiertas pudiendo asociar hidrocele reactivo o piocele^{17,20,23}. El estudio Doppler se caracteriza por un aumento de la vascularización en el estudio Doppler color (**Figura 4**) y por aumento de la velocidad picosistólica con disminución del índice de resistencia arterial^{24,25}. También puede detectarse con Doppler pulsado flujo venoso aumentado en el testículo²⁶.

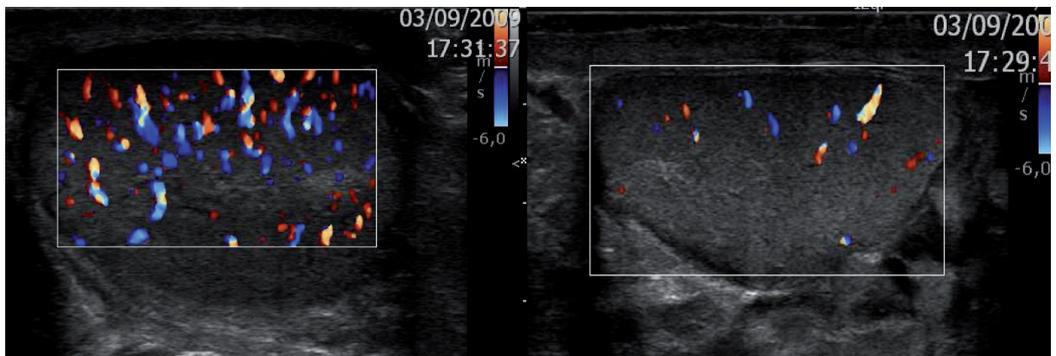


Figura 4. Orquiepididimitis. Estudio comparativo entre ambos testes con marcada hiperemia del teste afectado (izquierda), que también presenta aumento de tamaño y disminución de la ecogenicidad respecto al contralateral.

Varicocele

La exploración ecográfica del varicocele se realiza en decúbito supino, incluyendo mediciones de las venas del plexo pampiniforme en reposo y durante la realización de maniobras de Valsalva. En ocasiones, se completará la exploración con el paciente de pie. Los criterios diagnósticos por ecografía de varicocele varían en la literatura. En la mayoría de las publicaciones se define como el hallazgo ecográfico de estructuras tubulares anecoicas tortuosas, adyacentes al testículo, generalmente por encima de 2-2,5 mm, que aumentan de calibre con la maniobra de Valsalva y con el paciente de pie. El Doppler color tiene alta sensibilidad y especificidad en su detección demostrando relleno retrógrado durante la maniobra de Valsalva, generalmente de duración superior a 1 segundo²³ (Figura 5). Algunas publicaciones proponen clasificar con ecografía Doppler el reflujo como estático (grado I), intermitente (grado II) o continuo (grado III)²⁷. En ocasiones, se observa material ecogénico en movimiento debido al flujo lento en el plexo existiendo ausencia de flujo en el caso de trombosis.

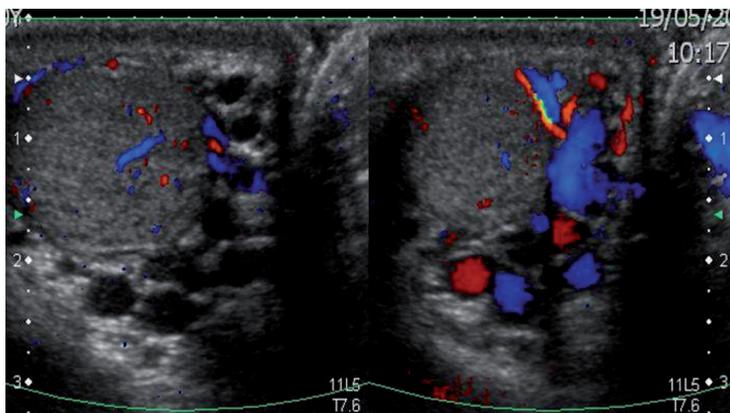


Figura 5. Varicocele. Dilatación de las venas del plexo pampiniforme con relleno retrógrado durante las maniobras de Valsalva (imagen derecha).

C. Ecografía Doppler del pene

Disfunción eréctil

La técnica más frecuentemente utilizada para la evaluación de la disfunción eréctil con eco-Doppler consiste en la inyección intracavernosa de sustancias vasoactivas, en general, prostanglandina E1 (PGE1). La inyección se realiza en la región lateral del pene, en su tercio proximal, evitando los nervios dorsales y el cuerpo esponjoso. La exploración ecográfica se realizará en reposo, previamente a la inyección y durante las diferentes fases de la erección, generalmente a los 5, 10, 15 y 20 minutos. Si la erección no se ha producido a los 20 minutos se puede esperar hasta los 30-45 minutos por si tiene lugar una respuesta tardía. Se realizará estudio en escala de grises o modo B, Doppler color y análisis espectral de la curva de flujo mediante Doppler pulsado.

En modo B se realizará un estudio morfológico evaluando el trayecto, forma y posibles variantes de las arterias cavernosas, la presencia de calcificaciones en su pared así como su calibre y cambios en éste tras la inyección (por lo general, de 0,5-0,7 mm de diámetro en reposo y de 1-1,2 mm tras la estimulación). Asimismo, se valorará la ecogenicidad y ecoestructura de los cuerpos cavernosos y los cambios producidos durante la erección.

Con Doppler color y Doppler pulsado (análisis espectral) se evaluará el flujo a nivel de las arterias cavernosas en el plano longitudinal. Es muy útil para la detección de estenosis, oclusión y fístulas. Es preferible realizar el análisis espectral de la curva de flujo a nivel de la base del pene pues el ángulo Doppler es particularmente favorable en esta localización, entre 30° y 50°, siendo la medida de las velocidades más reproducible²⁸. Durante el proceso de erección, la curva de flujo se irá modificando. Así, en reposo, se detectará flujo de alta resistencia con velocidades de 15-20 cm/s. A medida que progresa la erección, la curva puede alcanzar velocidades sistólicas de 80-100 cm/s y diastólicas de unos 20 cm/s. Cuando la presión intracavernosa iguala la presión diastólica, el flujo diastólico desaparece y a continuación se invierte, ya que es superado por la presión

cavernosa. La curva espectral en pacientes con disfunción arteriogénica se caracteriza por la ausencia de los cambios típicos en la curva de flujo que se producen durante la erección en pacientes normales. Velocidades picosistólicas por encima de 35 cm/s se consideran dentro de la normalidad siendo la expresión del buen funcionamiento del árbol arterial. Cuando el análisis espectral muestra velocidades picosistólicas por debajo de 25 cm/s, la disfunción eréctil es considerada de origen arterial²⁹ (**Figura 6**). Valores de velocidades entre 25 y 35 cm/s suelen observarse en pacientes mayores, probablemente porque presenten aumento de la rigidez de la pared arterial, engrosamiento intimal y una respuesta reducida a la estimulación con PGE1, pudiendo existir, en estos casos, estenosis u obstrucción de las arterias precavernosas.

La disfunción eréctil veno-oclusiva es más común en la práctica y se suele observar en pacientes más jóvenes. El diagnóstico se basa en el hallazgo de valores de velocidad picosistólica por encima de 35 cm/s, que no disminuye durante el estudio, con persistencia del flujo diastólico (**Figura 7**).

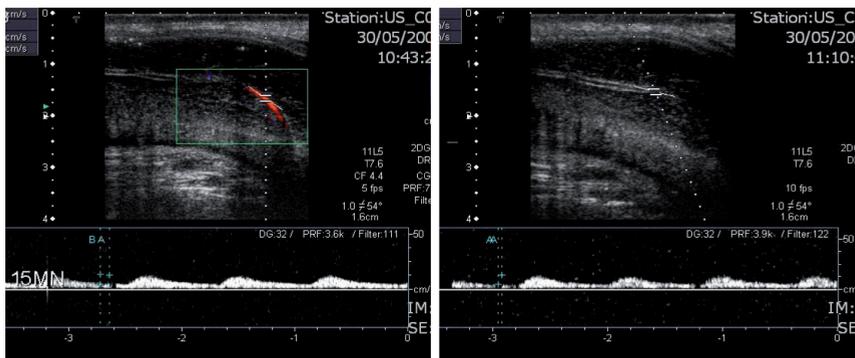


Figura 6. Disfunción eréctil arteriogénica. La curva espectral a nivel de la arteria cavernosa muestra valores de velocidad picosistólica máxima de 20 cm/s (imágenes adquiridas a los 15 y 40 minutos de la inyección intracavernosa respectivamente).

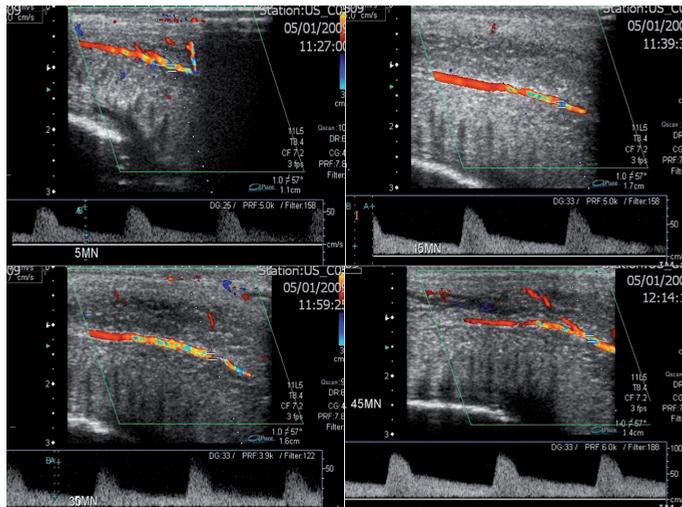


Figura 7. Fuga venosa. La curva de flujo espectral muestra velocidades picosistólicas máximas de cerca de 100 cm/s con persistencia del flujo diastólico durante todo el estudio.

Es importante realizar un estudio comparativo del flujo de ambas arterias cavernosas ya que, cuando es asimétrico con una diferencia entre los valores de velocidad picosistólica mayores de 10 cm/s, debe sospecharse la existencia de insuficiencia arterial unilateral.

Priapismo

La ecografía Doppler-color es considerada como la técnica de imagen de elección para el diagnóstico del priapismo de alto flujo, ya que permite identificar la fístula arterio-lacunar en un alto porcentaje de casos³⁰, caracterizada por presentar altos valores de velocidad y flujo turbulento (**Figura 8**). Se empleará también para evaluar el flujo en caso de embolización de los vasos afectados.

Otras aplicaciones en la patología peneana

La ecografía Doppler-color es útil en la evaluación de los vasos en los traumatismos peneanos, observando, en ocasiones, el punto de extravasación de sangre cuando existe rotura de los cuerpos cavernosos. Asimismo, permite evaluar la vascularización de las masas peneanas y ayuda en el diagnóstico de los procesos inflamatorios como celulitis o cavernositis en los que el flujo estará aumentado.

En estos casos, es complementario a los hallazgos de la evaluación en escala de grises.

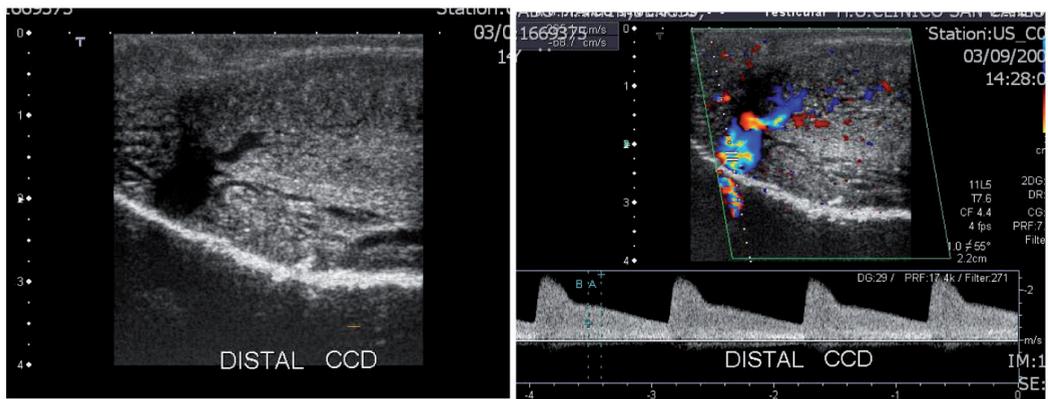


Figura 8. Fístula arteria dorsal del pene-cuerpo cavernoso tras priapismo tratado (técnica de Winter). En la imagen en modo B se observa una imagen sacular hipoeoica superficial con flujo turbulento en el estudio Doppler en continuidad con el cuerpo cavernoso. La curva espectral muestra flujo arterial por la conexión con la arteria dorsal del pene.

RESUMEN

El objetivo de este artículo es exponer las diferentes aplicaciones de la ecografía Doppler en la patología urológica, partiendo de sus bases físicas, fundamentales para una adecuada comprensión e interpretación de los hallazgos ecográficos. Y es que la ecografía Doppler, no solo aporta una información adicional a los hallazgos de la ecografía convencional en patologías como el varicocele o en la evaluación de masas renales, sino que es la base del diagnóstico por imagen de procesos tales como la disfunción eréctil o el priapismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW. *Bases físicas de la ecografía. Diagnóstico por ecografía*, 2ª edición Marban reimp. 2004; p.19-23.
2. Singh AK, Sahani DV. *Imaging of the Renal Donor and Transplant Recipient. Radiol. Clin. N. Am.* 2008; 46:79-93.
3. Baxter GM. *Ultrasound of renal transplantation [review]. Clin. Radiol.* 2001; 56(10):802-18.
4. Bown ED, Chen MY, Wolfman NT, et al. *Complications of renal transplantation: evaluation with US and radionuclide imaging [review]. Radiographics.* 2000; 20 (3):607-22.
5. Baxter GM, Morley P, Dall B. *Acute renal vein thrombosis in renal allografts: new Doppler ultrasonic findings. Clin. Radiol.* 1991; 43 (2):125-7.
6. Sidhu PS, Baxter GM. *Ultrasound of abdominal transplantation. Stuttgart (Germany): Thieme.* 2002. p.27-42.
7. Paspulati RM, Bhatt S. *Sonography in Benign and Malignant Renal Masses. Ultrasound Clin.* 2006; 1:25-41.
8. Helenon O, Correas JM, Balleyguier C, et al. *Ultrasound of renal tumors. Eur. Radiol.* 2001; 11:1890-901.
9. Jinzaki M, Ohkuma K, Tanimoto A, et al. *Small solid renal lesions: usefulness of power Doppler US. Radiology* 1998; 209:543-50.
10. Ascenti G, Zimbaro G, Mazziotti S, et al. *Usefulness of power Doppler and contrast-enhanced sonography in the differentiation of hyperechoic renal masses. Abdom. Imaging* 2001; 26:654-60.
11. Kim AY, Kim SH, Kim YJ, et al. *Contrast-enhanced power Doppler sonography for the differentiation of cystic renal lesions: preliminary study. J. Ultrasound. Med.* 1999; 18:581-8.
12. Moukaddam H, Pollak J, Scutt LM. *Ultrasound Clin* 2007; 2:455-475.
13. Lee HY, Grant EG. *Sonography in renovascular hypertension. J Ultrasound Med* 2002; 21:431-41.

14. Bude RO, Rubin JM, Platt JF, et al. Pulsus tardus: its cause and potential limitations in detection of arterial stenosis. *Radiology* 1994; 190:779-84.
15. Li JC, Wang L, Jiag YX, et al. Evaluation of renal artery stenosis with velocity parameters of Doppler sonography. *J. Ultrasound Med.* 2006; 25(6):735-42.
16. House MK, Dowling RJ, King P, et al. Using Doppler sonography to reveal renal artery stenosis: an evaluation of optimal imaging parameters. *AJR. Am. J. Roentgenol* 1999; 173:761-5.
17. See WA, Mack LA, Krieger JN. Scrotal ultrasonography: a predictor of complicated epididymitis requiring orchiectomy. *J. Urol.* 1988;139:55-6.
18. Dogra VS, Sessions A, Mevorach RA, et al. Reversal of diastolic plateau in partial testicular torsion. *J Clin Ultrasound* 2001; 29:105-8.
19. Ragheb D, Higgins JL. Ultrasonography of the scrotum: technique, anatomy and pathologic entities. *J Ultrasound Med* 2002; 21:171-85.
20. Herbener TE. Ultrasound in the assessment of the acute scrotum. *J. Clin. Ultrasound* 1996; 24:405-21.
21. Baud C, Veyrac C, Couture A, et al. Spiral twist of the spermatic cord: a reliable sign of testicular torsion. *Pediatr Radiol* 1998; 28:950-4.
22. Kalfa N, Veyrac C, Baud C, et al. Ultrasonography of the spermatic cord in children with testicular torsion: impact on the surgical strategy. *J. Urol.* 2004; 172:1692-5.
23. Dogra VS, Gottlieb RH, Oka M, et al. Sonography of the scrotum. *Radiology* 2003; 227:18-36.
24. Oyen RH. Scrotal ultrasound. *Eur Radiol* 2002;12:19-34.
25. Jee WH, Choe BY, Byun JY, et al. Resistive index of the intrascrotal artery in scrotal inflammatory disease. *Acta Radiol* 1997;38:1026-30.
26. Horstman WG. Scrotal imaging. *Urol. Clin. North. Am.* 1997; 24:653-71.
27. Beddy et al. *Clinical Radiology* 2005; 60(12):1248-1255.

28. Mills RD, Sethia KK. Reproducibility of penile arterial colour duplex ultrasonography. *Br. J. Urol.* 1996; 78:109-112.
29. Valji K, Bookstein JJ. Diagnosis of arteriogenic impotence: efficacy of duplex sonography as a screening tool. *AJR Am J Roentgenol* 1993; 160:65-69.
30. Ankem MK, Gazi MA, Ferlise VJ et al. High-flow priapism: a novel way of lateralizing the lesion in radiologically inapparent cases. *Urology* 2001; 57:800.

Patrocinado por:



Soluciones pensando en ti