

Estudio Imagenológico Vascular no Invasivo

Juan Carlos Bravo P., Alejandro Salas F., Alex Wash F., Patricio Palavecino R.

Centro de Imagenología, HCUCh.

RESUMEN

Los nuevos avances en tecnología del multidetector CT, la angiografía de la resonancia magnética (MRA) y el ultrasonido de *doppler* nos traen un nuevo acercamiento en proyección de imagen vascular. Hoy en día, esta técnica no invasora ha substituido el papel de la angiografía digital de la substracción en casi todos los procedimientos de diagnóstico. Esta tecnología de desarrollo no nos prohíbe una diagnosis mejor y una selección no invasora de los pacientes que serán beneficiarios al procedimiento terapéutico interventional. Repasaremos asuntos técnicos en el ultrasonido de CTA, de MRA y de *doppler*, los usos clínicos de cada uno de modalidades de esta proyección de imagen, con énfasis sobre indicaciones, los pro y los contra. Finalmente, discutiremos brevemente nuevos.

SUMMARY

New advances in multidetector CT technology, magnetic resonance angiography (MRA) and Doppler ultrasound bring us a new approach in vascular imaging. Nowadays, this non-invasive technique has replaced the role of digital subtraction angiography in almost all diagnostic procedures. This evolving technology allows us a better diagnosis and non-invasive selection of patients who will be beneficiary an interventional therapeutic procedure. We will review technical topics at CTA, MRA and Doppler ultrasound, clinical applications of each of this imaging modalities, with emphasis on indications , pros and cons. Finally, we will discuss briefly new horizons in non invasive imaging

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han producido importantes avances en las técnicas de diagnóstico por imágenes del sistema cardiovascular en forma no invasiva. Los dos principales pilares de este desarrollo han sido la angiografía por resonancia magnética (angioRM) y la angiografía por tomografía computada multicorte (angioTAC), técnicas que como veremos a continuación, han ido ganando terreno en áreas dominadas tradicionalmente por la angiografía convencional (angiografía por cateterismo)⁽¹⁾. También hemos asistido a una optimización de las técnicas por *eco-doppler*.

ANGIOGRAFÍA POR TOMOGRAFÍA COMPUTADA MULTICORTE (angioTAC)

Gracias a los avances en hardware y en tecnología espiral y multidetector, tenemos la capacidad de adquirir imágenes volumétricas en forma rápida y con cortes cada vez más finos, lo que ha permitido la aplicación paulatina del angioTAC en el diagnóstico de patologías en gran parte del sistema cardiovascular (grandes y medianos vasos), por ejemplo en enfermedades de la aorta, carótidas, arterias viscerales, coronarias y de extremidades. También es aplicable al sistema venoso. Las ventajas del angioTAC respecto a la angiografía conven-

cional comprenden en primer término, la menor morbilidad del procedimiento, el cual se hace en forma ambulatoria, puncionando una vena periférica, evitando así los riesgos inherentes a la punción arterial y cateterización, los que se deben especialmente considerar en pacientes deteriorados con patología ateromatosa generalizada. También permite evaluar la pared de los vasos y los órganos vecinos. Otra ventaja de esta técnica es su capacidad y versatilidad en el post-procesamiento de la información adquirida, visualizando los vasos en los 3 planos y en 3D.

Las desventajas de la angioTAC versus la angiografía convencional se han ido reduciendo con el perfeccionamiento de los sistemas multidetectores, lo que ha permitido una mejor visualización de los vasos de pequeño calibre y han disminuido los problemas con la medición de las estenosis por ateromatosis cálcica. Con esta tecnología no es posible en la actualidad realizar procedimientos terapéuticos simultáneos ni obtener imágenes dinámicas. La técnica utiliza radiaciones ionizantes (Rx) y requiere un adecuado volumen de contraste yodado endovenoso (adecuada vía venosa). También es necesaria la cooperación del paciente (apnea e inmovilidad). La adquisición de las imágenes es muy rápida, se realiza en segundos, lo cual permite la evaluación de pacientes críticos, con patología aguda.

Nuestro Hospital cuenta en la actualidad con un tomógrafo computado multidetector de 40 canales, el cual está capacitado para realizar gran parte de los estudios vasculares con una excelente resolución espacial y con un muy buen rendimiento diagnóstico.

A continuación detallaremos las áreas donde el angioTAC juega un rol diagnóstico fundamental y es actualmente el examen de elección. También hablaremos de las patologías donde comparte roles diagnósticos con otras técnicas y qué se vislumbra en el futuro para este método de imagen.

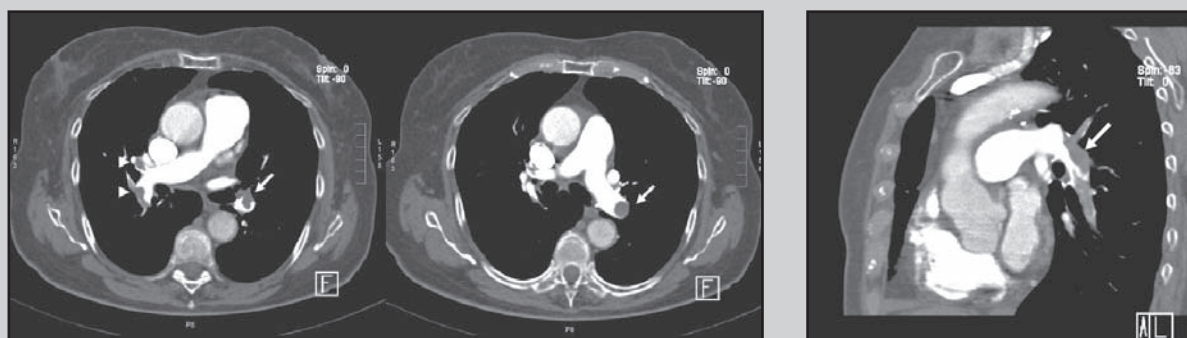
Circulación Pulmonar

El CTA es en la actualidad el examen de elección para el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar (Figura 1), con un excelente rendimiento diagnóstico hasta las arterias pulmonares segmentarias⁽²⁾. Sirve además para reconocer signos de hipertensión pulmonar y permite diagnosticar patologías concomitantes y/o hallazgos misceláneos en el tórax. Es importante en el diagnóstico de malformaciones vasculares y patología congénita de la arteria pulmonar entre otras.

Aorta Torácica

El CTA es el examen de elección en el síndrome aórtico agudo, por ejemplo en el trauma, disección-

Fig. 1 Angio TAC de tórax por sospecha de TEP.



En la imagen axial se observa un trombo hipodenso en la arteria pulmonar derecha (cabezas de flecha) e izquierda (flechas), con aumento de calibre del tronco de la arteria pulmonar por sobrecarga. En la reconstrucción volumétrica se observa el trombo extendiéndose a la arteria pulmonar descendente izquierda.

Fig. 2 Mujer de 61 años, angio TAC tórax (cortes axial y coronal).



Muestra un aneurisma de la aorta tóraca, con un gran hematoma mural, asociado a la presencia de material hemático, que disecciona mediastino medio, hilios, manguitos peribroncovasculares y pericardio.

nes, hematomas intramurales y úlceras penetrantes (Figura 2)⁽³⁾. Es también el examen de elección para el estudio de aneurismas, gracias a su capacidad multiplanar y gran resolución espacial, permitiendo realizar mediciones precisas para planear intervenciones quirúrgicas o endovasculares.

Arterias Coronarias

Debido a los artefactos por el movimiento cardíaco y al pequeño diámetro de las arterias coronarias, el estudio de ellas por CTA sólo pudo realizarse con el advenimiento de los equipos de 16 o más detectores. Gracias a técnicas de gatillado retrospectivo y al uso de beta-bloqueadores para controlar la frecuencia cardíaca, se ha logrado un razonable rendimiento y actualmente es posible medir la cantidad de placas de ateroma y las estenosis coronarias en forma precisa⁽⁴⁾. Las principales limitantes son las arritmias y una frecuencia cardíaca persistentemente alta.

Aorta Abdominal

El angioTAC tiene un rol ya establecido en el diagnóstico de patología de la aorta abdominal, principalmente aneurismas, disecciones y compromiso ateromato-

so. Permite un adecuado estudio del vaso y sus ramas, incluyendo trombos murales que no se hubiesen visto en angiografía convencional (Figura 3)⁽⁵⁾.

Arterias Esplácnicas

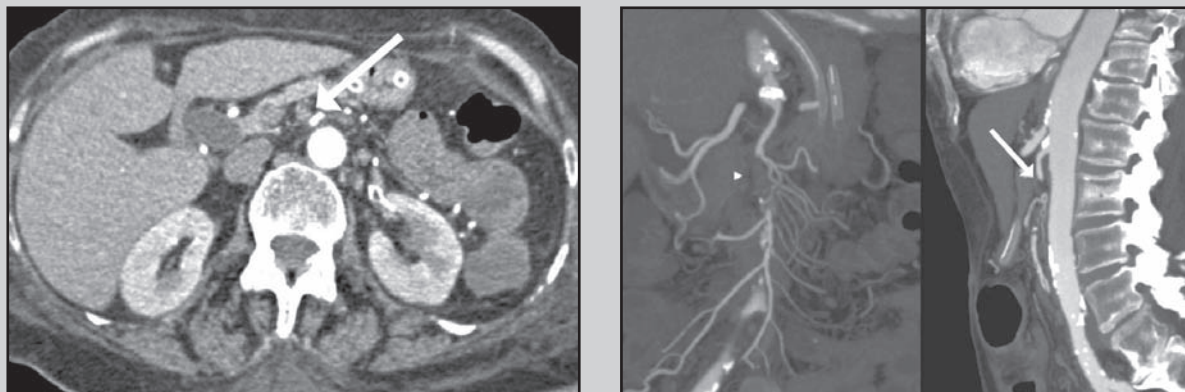
La isquemia mesentérica conlleva una alta morbimortalidad. Su diagnóstico precoz es indispensable. El angioTAC permite un ade-

Fig. 3 Hombre de 66 años de edad, derivado con diagnóstico de aneurisma de aorta abdominal por ecografía.



El angioTAC muestra un aneurisma fusiforme de la aorta abdominal, de 8 cm de extensión longitudinal, parcialmente trombosado, que se origina 2 cm caudal a la emergencia de arterias renales y se extiende hasta el nacimiento de la arteria iliaca común derecha.

Fig. 4 Mujer de 79 años, con antecedentes de hipertensión arterial, cuadro de dolor abdominal, colonoscopia sugerente de colitis del hemicolon derecho de aspecto isquémico.



El angioTAC (cortes axial, MIP coronal y sagital) muestra trombosis de un segmento de la arteria mesentérica superior, que en las reconstrucciones coronales y sagitales es más evidente. Posterior a ello se realizó trombolisis intraarterial con resultado favorable.

cuadro diagnóstico de la obstrucción arterial o venosa, conjuntamente con las manifestaciones intestinales propias de este cuadro (Figura 4)⁽⁶⁾.

exámenes de mayor rendimiento los efectuados con resonancia y tomografía computada, aunque sin superar al *gold standard* (angiografía convencional) (Figura 5)^(7, 8).

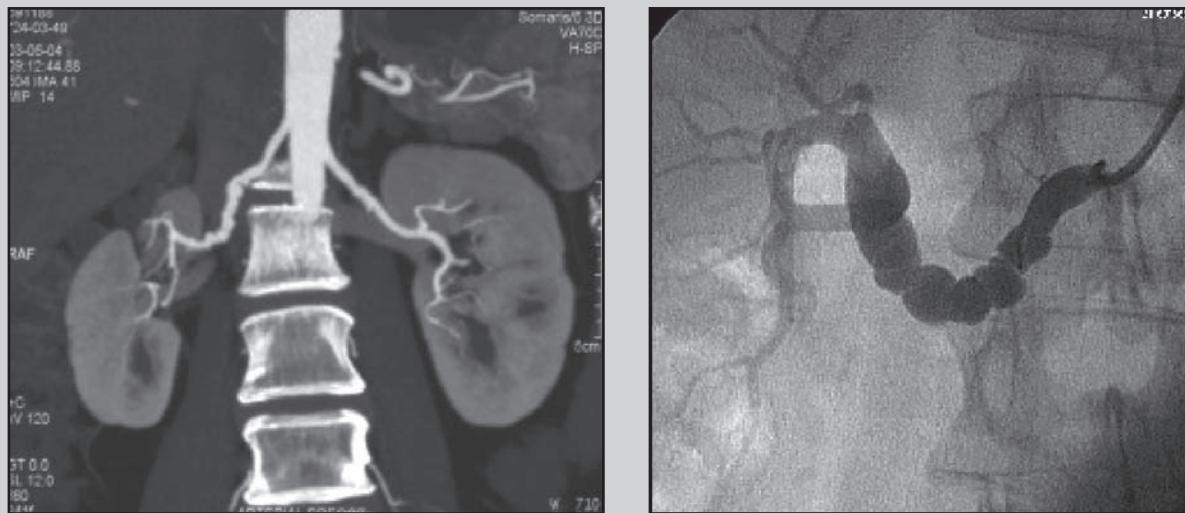
Arterias Renales

Actualmente el estudio de la estenosis de arteria renal puede realizarse con *eco doppler*, angioRM, angioTAC y angiografía convencional, siendo los

Estudio Arterial de Extremidades Inferiores

El tomógrafo computado multidetector permite una adecuada adquisición de imágenes para estudios de angiografía de las extremidades infe-

Fig. 5 Fibrodisplasia muscular de la media. AngioTAC reconstrucción MIP y angiografía convencional.



riores, con adecuada visualización de las arterias hasta los troncos infrapoplíteos, y reconstrucciones multiplanares de alta calidad (Figura 6)⁽⁹⁾.

Eje Venoso Esplénico -mesentérico- portal

El angioTAC también puede ser usado para el estudio de las venas, con un adecuado contraste y resolución espacial para la búsqueda especialmente de trombos⁽¹⁰⁾.

Vena Cava y Tributarias

Se pueden realizar estudios para evaluar la permeabilidad y anatomía de la vena cava y sus tributarias, por ejemplo, previo a la instalación de diálisis.

ANGIOGRAFÍA POR RESONANCIA MAGNÉTICA (angioRM)

Corresponde a la aplicación de técnicas de resonancia magnética para crear imágenes de la sangre en movimiento. Fue descrita por primera vez en 1985, existiendo actualmente diferentes estrategias para visualizar sangre en movimiento en un campo magnético. Las técnicas tiempo de vuelo y contraste de fase nos muestran los protones móviles y son susceptibles a pérdida de señal por turbulencia, bajo flujo y cambios rápidos de velocidad, lo que generalmente existe en vasos patológicos. Ambas técnicas perdieron importancia a partir de 1993, con el advenimiento de la angioRM con gadolinio, donde se inyecta por vena periférica el contraste paramagnético, para luego obtener imágenes en grandes campos de visión, con técnicas 3D. Existen equipos con rápida adquisición y tablas móviles, lo que permite adquirir desde las arterias renales hasta los tobillos. Con equipos ultra rápidos se han logrado adecuadas imágenes de la circulación pulmonar y coronaria.

Una ventaja de la angioRM es que el gadolinio es menos nefrotóxico que el contraste yodado, entrega información anatómica similar a la obtenida en la angiografía convencional, de las estructuras adyacentes y también información fisiológica.

Puede ser indicada en pacientes que han presentado reacciones alérgicas severas al uso de contraste yodado. Sin embargo, existen limitaciones como por ejemplo, no poder usarlo en pacientes con marcapasos, defibriladores, prótesis cocleares o pacientes con claustrofobia severa. A continuación damos algunos ejemplos de sus aplicaciones⁽¹¹⁾.

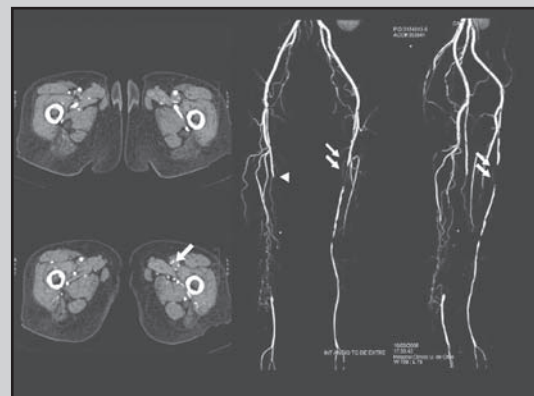
Vasos Cráneo-cervicales

Se ha establecido como el método de opción en la evaluación de los vasos cráneo-cervicales en una variedad de condiciones como la enfermedad arterial aterosclerótica, aneurismas y malformaciones arteriovenosas y para la evaluación de prequirúrgica de tumores.

Corazón y Circulación Pulmonar

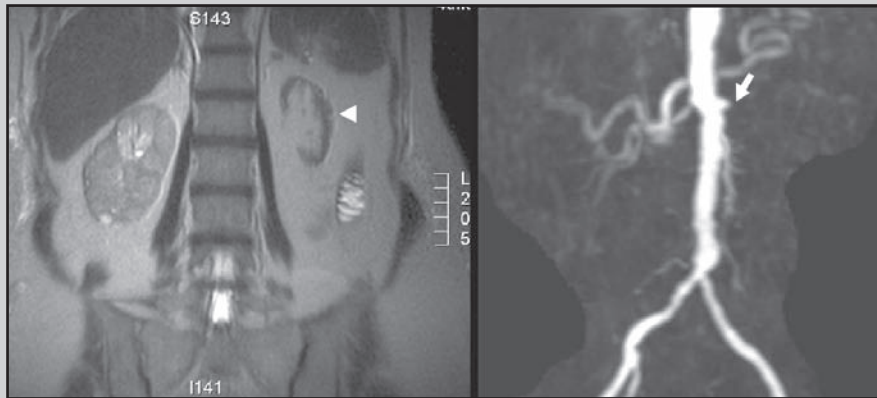
Los usos clínicos en la circulación pulmonar de la angioRM incluyen la evaluación del trombo embolismo pulmonar en segunda línea cuando el angioTAC de tórax no puede realizarse, ya que siendo aceptables su sensibilidad y especificidad, son superadas por el angioTAC. En la actualidad se encuentra establecido su rol en

Fig. 6 AngioTAC aorto-iliaco y de extremidades inferiores.



Oclusión de ambas arterias femorales superficiales, (cabeza de flecha a derecha) (flechas a izquierda), con repermeabilización distal a través de colaterales de la femoral profunda. Hacia distal la arteria femoral superficial presenta múltiples estenosis (flechas dobles)

Fig. 7 Mujer de 78 años con el antecedente de insuficiencia renal aguda y asimetría del tamaño renal.



Se realiza angioRM renal que demuestra aterosclerosis difusa de la aorta abdominal y de ambas arterias ilíacas, oclusión de la arteria renal izquierda en su origen (flecha) de aspecto crónico, con atrofia renal secundaria (cabeza de flecha).

Vasos Abdominales

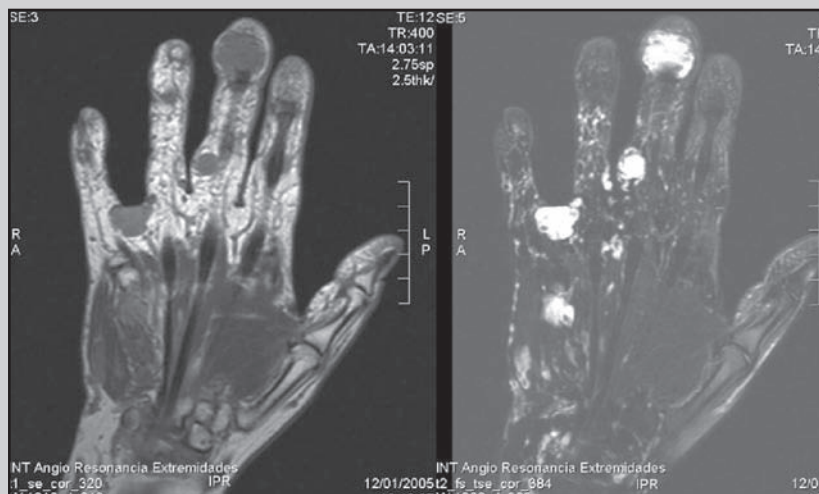
A nivel abdominal, la angiografía por RM es útil en la enfermedad arterial aterosclerótica, aneurismas y disección aórtica, evaluación de las arterias renales (Figura 7) y mesentéricas, estudio prequirúrgico de vascularización tumoral, y evaluación del sistema venoso^(12, 13).

Vasos de Extremidades

el estudio de cardiopatías congénitas, siendo cada vez mayor su uso en cardiopatía coronaria y otras patologías cardíacas adquiridas.

También se utiliza la angioRM en el estudio de la enfermedad arterial oclusiva de EEII, malformaciones vasculares y en estudios venosos periféricos (Figura 8).

Fig. 8 Mujer de 39 años, derivada con diagnóstico de posible malformación vascular.

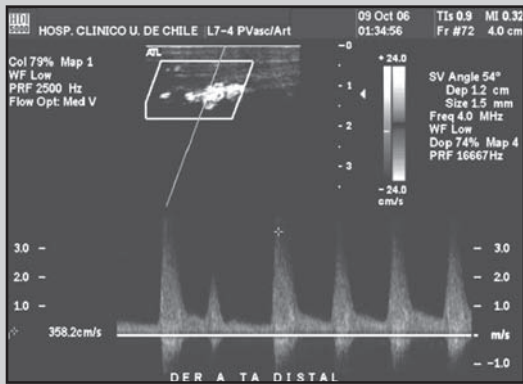


Se realizó angioRM, en fase arterial y venosa. Se demuestra al menos 6 lesiones en la mano derecha que son hipointensas en T1 e hiperintensas en T2, con realce tardío tras la inyección de gadolinio, sin realce significativo durante la fase arterial compatible con malformaciones vasculares múltiples, de bajo flujo: malformaciones venosas.

ECOGRAFÍA DOPPLER COLOR

El desarrollo de la ultrasonografía, la mejoría en la calidad de las imágenes dada por la evolución de los transductores, el uso del *doppler* color y *power doppler*, y el desarrollo de medios de contraste ecográficos han permitido obtener mediciones fisiológicas y morfológicas de la enfermedad arterial oclusiva. Esta herramienta diagnóstica permite valorar el significado hemodinámico de una estenosis vascular y también es de gran utilidad en la evaluación y seguimiento de los pacientes trasplantados.

Fig. 9 Eco doppler arterial de extremidades inferiores.



La arteria tibial anterior derecha presenta en su tercio distal algunas placas ateromatosas que producen aumento de las velocidades, que llegan hasta 358 cm/seg con importante artefacto de **aliasing** (en la imagen) y curvas de ancho espectro compatibles con estenosis significativa.

Sus principales indicaciones son el estudio del territorio carotídeo-vertebral⁽¹⁵⁾, patología arterial de extremidades (Figura 9), presencia de várices e insuficiencia del retorno venoso de las extremidades inferiores, estudio de fístulas de diálisis, aneurismas de la aorta abdominal, y en menor grado, estudio de vasos abdominales, como por ejemplo, arteria renal y arterias esplácnicas. Es un examen que puede ayudar en la evaluación de la hipertensión portal y trombosis del eje venoso espleno-mesentérico-portal⁽¹⁶⁾.

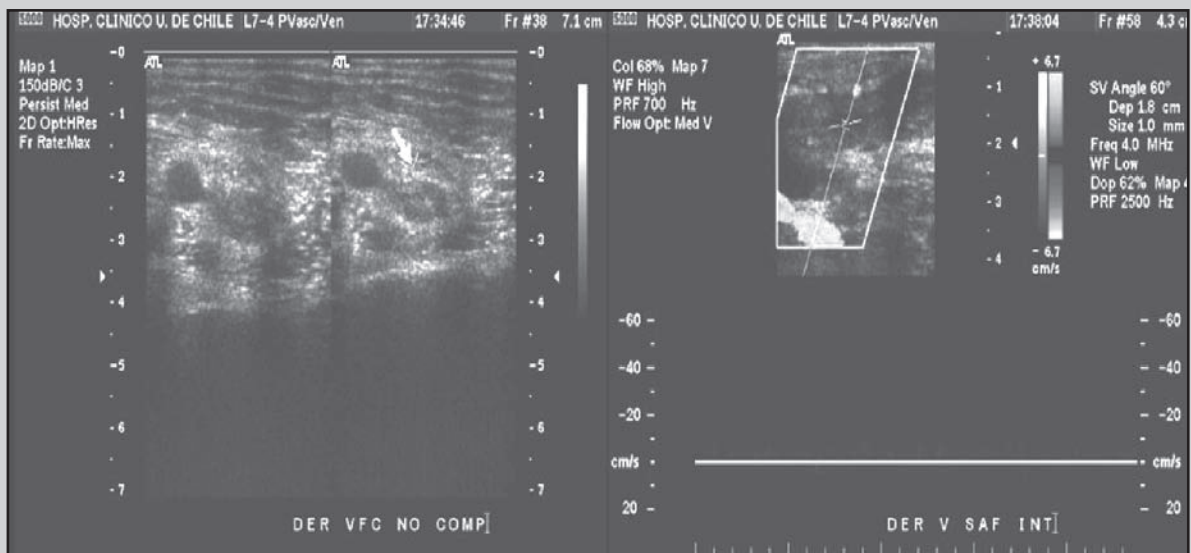
Es capaz de detectar con seguridad trombosis venosa profunda en las extremidades inferiores, en especial en el territorio ílio-fémoro-poplíteo, y en menor medida, en los vasos de la pantorrilla (Figura 10). También es útil en el estudio de las várices e insuficiencia del sistema venoso de las extremidades inferiores⁽¹⁷⁾.

Para muchos problemas clínicos, la ultrasonografía ofrece la ventaja de ser un estudio no invasivo, de reducido costo y alta disponibilidad. Sus desventajas son inherentes al método: presenta limitaciones técnicas en territorios profundos y es operador dependiente.

CONCLUSIONES

El rápido desarrollo tecnológico ha permitido aplicar técnicas de imagen no invasivas al estudio de gran parte de la patología cardiovascular, con sensibilidad

Fig. 10 Eco doppler venoso de extremidades inferiores.



Extensa trombosis venosa de la vena femoral común, ocupada por material ecogénico y no compresible (flecha) y trombo que se extiende a la vena safena interna (imagen de la izquierda) con ausencia de flujo al **doppler** color.

y especificidad diagnóstica igual o incluso superior en algunas áreas a la angiografía convencional. Este cambio, sin duda ha repercutido positivamente en el manejo de los pacientes, permitiendo un mayor número de estudios de tamizaje y una mejor selección y estudio de los casos que ameritan un manejo terapéutico endovascular o quirúrgico⁽¹⁸⁾.

Es de esperar en los próximos años un desarrollo aún mayor de la tomografía computada multicorte y resonancia magnética, logrando traspasar el límite de resolución de los vasos pequeños, abriendo por ende nuevas aplicaciones y mejorando el rendimiento de las ya existentes.

REFERENCIAS

1. Flohr TG, Schaller S, Stierstorfer K, Bruder H et al. Multi-detector row CT systems and image reconstruction techniques. *Radiology* 2005;235:756-73.
2. Wittram C, Maher MM, Yoo AJ, Kalra MK, Shepard JAO, McCloud TC. Angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics* 2004;24:1219-38.
3. Sebastià C, Pallisa E, Quiroga S, Alvarez-Castells A, Domínguez R, Evangelista A. Aortic dissection: diagnosis and followup with helical CT. *Radiographics* 1999;19:45-60.
4. Becker CR. Assessment of coronary arteries with CT. *Radiol Clin N Am* 40, 2002:773-82.
5. Fishman, EK. CT angiography: clinical applications in the abdomen. *Radiographics* 2001;21:3-6.
6. Cadernartiri F, Raaijmakers RH, Kuiper JW, van Dijk LC et al. Multi-detector row CT angiography in patients with abdominal angina. *Radiographics* 2004;24:969-84.
7. Fleischmann D. Multiple detector-row CT angiography of the renal and mesenteric vessels. *Eur J Radiol* 2003;45(Suppl 1):579-87.
8. Leung DA, Hagspiel KD, Angle JF, Spinosa DJ, Matsumoto AH, Butty S. MR angiography of the renal arteries. *Radiol Clin N Am* 40 2002:847-65.
9. Willman JK, Baumert B, Schertier T et al. Aortoiliac and lower extremity arteries assessed with 16- detector row CT angigraphy: prospective comparision with digital subtraction angiography. *Radiology* 2005;236:1083-93.
10. Oto A, Tamm EP, Szklaruk J. Multidetector low CT of the liver. *Radiol Clin N Am* 43 2005:827-48.
11. Vincent B. HO, Guest Editor. Body MR angiography. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*. Vol 13, number 1, 2005.

12. Hagspiel KD, Leung DA, Angle JF, Spinosa DJ, Pao DG, Lange EE, Butty S, Matsumoto AH. MR angiography of the mesenteric vasculature. *Radiol Clin N Am* 40, 2002:867-86.
13. Erden A. Portal venous system evaluation with contrast-enhanced 3D MR portography. *Clinical Imaging* 2003, Volume 27, Issue 2,101-5.
14. Bezooijen R, van den Bosch HCM, Tielbeek AV, Thelissen GRP, Visser K, Hunink MGM, Duijm LEM, Wondergem J, Buth J, Cuypers PWM. Peripheral arterial disease: sensitivity-encoded multiposition MR angiography compared with intraarterial angiography and conventional. Multiposition MR angiography. *Radiology* 2004;231:263-71.
15. Tahmasebpour HR, Buckley AR, Cooperberg PL, Fix CH. Sonographic examination of the carotid arteries. *Radiographics* 2005;25:1561-75.
16. Kruskal JB, Newman PA, Sammons LG, Kane RA. Optimizing doppler and color flow US: application to hepatic sonography. *Radiographics* 2004;4:657-75.
17. Min RJ, Khilnani NM and Golia P. Duplex ultrasound evaluation of lower extremity venous insufficiency. *JVIR* october 2003:1233-41.
18. Katzen BT. The future of catheter-based angiography: implications for the vascular interventionalist. *Radiol Clin N Am* 40 (2002):689-92.

CONTACTO

Dr. Juan Carlos Bravo Pérez
Hospital Clínico Universidad de Chile
Santos Dumont 999, Independencia, Santiago
Fono: 978 8412
E-mail: rayos@redclinicauchile.cl

