

Aplicaciones de la angiorrresonancia magnética en el perro

Entre las nuevas técnicas diagnósticas por imagen, la angiografía por resonancia magnética (ARM) se ha convertido en una herramienta fundamental en la evaluación de diversas patologías vasculares en el perro.

Samuel Contreras¹, Alberto Arencibia¹, Manuel Morales², Mario Encinosa², José María Vázquez³

¹Departamento de Morfología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Las Palmas de G.C.

²Departamento de Patología Animal, Producción Animal, Bromatología y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Trasmontaña s/n, 35413. Las Palmas de G.C.

³Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, 30100. Murcia. Imágenes cedidas por los autores



Figura 2. Posicionamiento en decúbito esternal y antena flexible torácica.



Figura 3. Disposición ventral de los electrodos del ECG gating y monitorización.

En medicina veterinaria, la angiografía convencional y la ultrasonografía han sido las técnicas más utilizadas en el diagnóstico de procesos vasculares. Sin embargo, con el avance tecnológico se han desarrollado nuevas técnicas diagnósticas que han mejorado la adquisición de imágenes anatómicas y funcionales. Nos referimos aquí, entre otras, a la angiografía por resonancia magnética (ARM). Esta técnica por imagen se ha convertido en una herramienta diagnóstica fundamental en la evaluación del

sistema vascular en medicina humana [1,2] y ha quedado constatada su utilidad en medicina veterinaria en diversas y recientes publicaciones [3-11]. Es una técnica no invasiva que engloba distintas secuencias, las cuales permiten visualizar y evaluar las estructuras vasculares obteniendo imágenes tanto bidimensionales como reconstrucciones en 3D [12].

El principio físico de la ARM se sustenta en los fenómenos de magnetización y relajación protónica. El tejido diana es la

sangre, con elevado contenido en agua y, por lo tanto, con un gran potencial para producir una intensa señal. No obstante, la sangre es un tejido sometido a un flujo vascular constante y su visualización resonográfica no depende solo de las características biofísicas del tejido, sino también de la velocidad, las características del flujo, su dirección en relación con el plano de examen, el tipo de secuencia empleada y el método de adquisición (2D o 3D) de las imágenes. Por todo ello, la ARM es capaz de captar la diferencia de señal que puede obtenerse entre los protones móviles circulantes y los que permanecen estacionarios [1,2,12].

- Con la finalidad de reducir los artefactos generados por los movimientos sistodiastólicos, se requiere de un *gating* cardiorrespiratorio o ECG *gating* para monitorizar al animal y establecer el momento exacto entre las fases sistólica y diastólica, para la emisión del pulso de radiofrecuencia por el equipo de RM [4,8,11] (figura 3).

- La utilización de bobinas o antenas flexibles específicas o de cuerpo es un factor que se debe considerar para mejorar la recepción de la señal [2] (figura 4). Sin embargo, el empleo de ventilación mecánica no influye de forma considerable en la calidad de la imagen.

Las imágenes de ARM se pueden clasificar ampliamente en dos modalidades de secuencia de pulso: las técnicas de sangre negra (SN) y las de sangre blanca (SB), las cuales se fundamentan en la apariencia de la luz vascular en las imágenes resultantes.

En el presente artículo se recoge una breve revisión sobre las aplicaciones generales de la ARM en el perro, centrándonos en las secuencias sin contraste *time of flight*, sangre negra y sangre blanca, y en las reconstrucciones con contraste de máxima intensidad de proyección (MIP) y renderizado volumétrico de superficie (VR).

Consideraciones técnicas en los estudios de ARM

Los estudios existentes al respecto describen las siguientes consideraciones técnicas:

- Empleo de equipos de RM de alta intensidad de campo magnético [2] (figura 1).
- Posicionamiento correcto del animal y desarrollo de un protocolo anestésico para evitar imágenes con artefactos [4] (figura 2). Los protocolos anestésicos empleados en estudios de ARM publicados en perros han consistido en mórnicos y benzodiazepinas como preanestésicos, propofol en inducción e isoflurano durante el mantenimiento. Sin embargo, en función de la patología del animal y de su edad, el protocolo se debe adaptar, especialmente en pacientes neurológicos y cardiopatas.

- Respecto a la administración del medio de contraste, el más utilizado es el gadolinio, a una dosis de 0,2-0,3 mmol/kg [13]. Su forma de administración puede variar, de forma manual o mediante bombas de infusión automatizadas (figura 5) y conectadas al equipo de RM, con la finalidad de acoplar el pulso de radiofrecuencia con el momento exacto en el que transita el medio de contraste por las estructuras vasculares bajo estudio, incrementándose así la calidad de la imagen.

Clasificación de la angiorrresonancia magnética

Las imágenes de ARM se pueden clasificar ampliamente en dos modalidades de secuencia de pulso: las técnicas de sangre negra (SN) y las de sangre blanca (SB), las cuales se fundamentan en la apariencia de la luz vascular en las imágenes resultantes. A su vez, la modalidad de SB se divide en secuencias SB-gradiente eco, *time of flight* y angiorrresonancia magnética contrastada (ARM-C) [14]. Las características de cada una de estas modalidades se exponen a continuación.

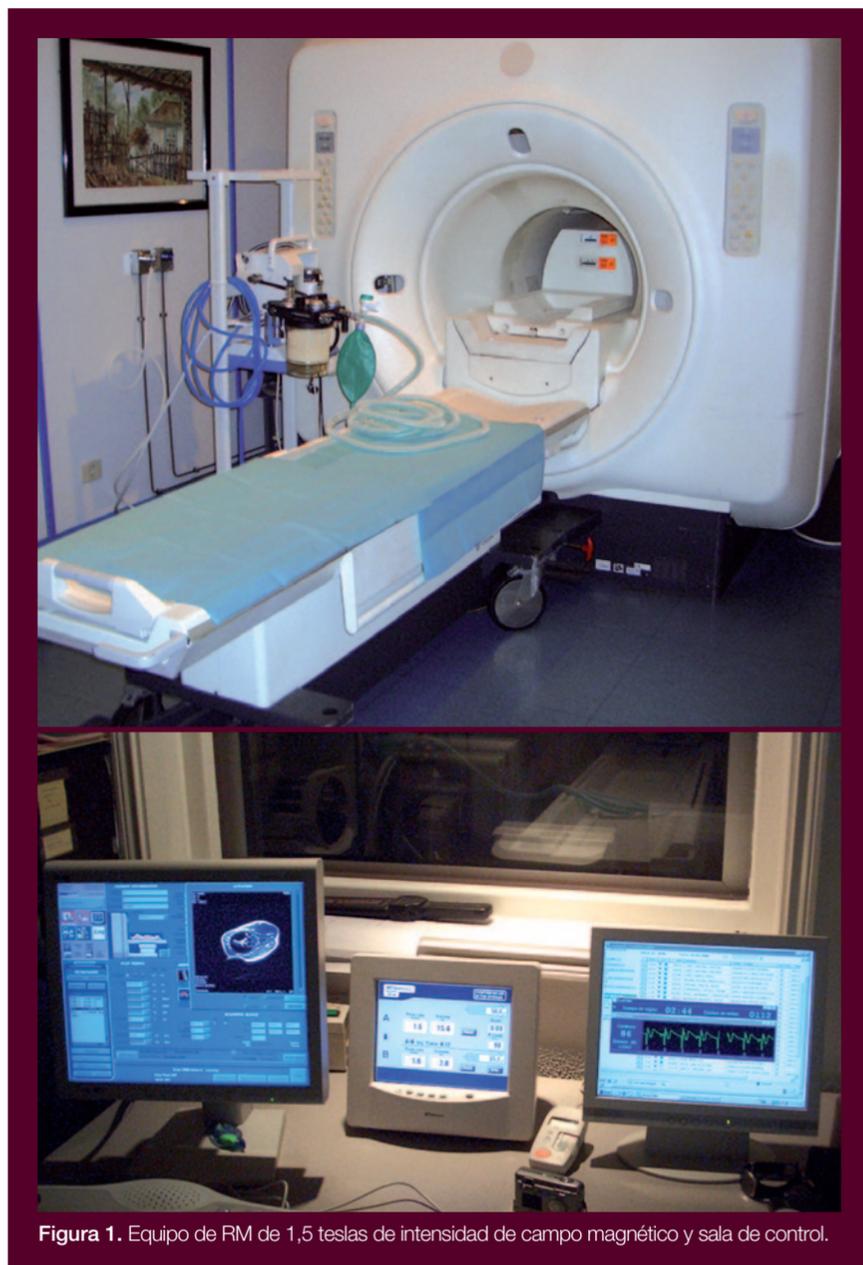
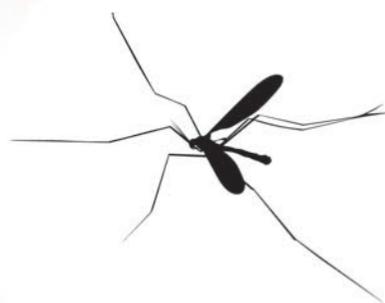


Figura 1. Equipo de RM de 1,5 teslas de intensidad de campo magnético y sala de control.

Primer Symposium Leishmania Intervet Schering-Plough

Una visión integrada de la Leishmaniosis canina y humana



UN NUEVO ENFOQUE DE LA LEISHMANIOSIS

El mundo médico, tanto el que se dedica a la salud humana como a la animal, son dos ramas de la Medicina como Ciencia Global. El encuentro entre estas disciplinas aportará una visión integral de la Leishmaniosis, considerando absolutamente todos los factores inherentes a ella.

Las plazas son limitadas,
consulte con su delegado de zona
la disponibilidad de plazas.

MADRID 18/19 JUNIO 2011
Hotel Eurostars Madrid Tower

Parque Empresarial Cuatro Torres - Paseo de la Castellana, 261
28046. Madrid. Tfno: 902 230 011 - events@e-justintime.net

 **Intervet**
Schering-Plough Animal Health
www.intervet.es



Figura 4. Imagen de antena.



Figura 5. Bomba automática de infusión de contraste paramagnético y suero salino.

► • Modalidad sangre negra (SN): se basan en la pérdida de señal que presentan los protones móviles en las secuencias basadas en los ecos de spin. En esta secuencia, la sangre se visualiza hipointensa con respecto al miocardio normal. Las secuencias de sangre negra se utilizan para obtener información anatómica del corazón y grandes vasos.

• Modalidad sangre blanca (SB): son secuencias gradiente-eco donde la sangre circulante es hiperintensa con respecto al miocardio normal. Este tipo de secuencias aporta información sobre la interrupción del flujo sanguíneo. Esta modalidad engloba otras técnicas y secuencias con y sin contraste intravenoso, que son:

- Secuencia sangre blanca convencional: para su obtención no se utilizan medios de contraste intravenosos. Conforme el flujo sanguíneo transporta a los protones con una magnitud de magnetización intacta al plano de examen, al ser sometidos a excitación por radiofrecuencia, producen como resultado una señal hiperintensa (figuras 6-8).

La angiorrresonancia magnética contrastada (ARM-C) nos permite, mediante la aplicación de programas informáticos específicos, obtener reconstrucciones a partir de imágenes bidimensionales representativas.

- Secuencia *time of flight* (TOF): se basa en el realce de los vasos sin contraste aumentando la señal de los protones móviles de la sangre y, simultáneamente, suprimiendo la señal de los protones de los tejidos estacionarios por la aplicación de tiempos TR muy cortos que saturan su señal. Estas secuencias se emplean para la

visualización del tránsito de vasos sanguíneos intracraneales y del espacio visceral del cuello [5] (figura 9).

- Angiorresonancia magnética contrastada (ARM-C): en este caso es necesaria la utilización de medios de contraste paramagnéticos. Consiste en secuencias gradiente-eco T1 que permiten obtener imágenes tridimensionales y volumétricas de los vasos sanguíneos bajo estudio tras un procesamiento informático con *softwares* específicos.

Procesado informático de las imágenes: reconstrucciones de máxima intensidad de proyección y volumen rendering

La anatomía vascular rara vez se despliega en un solo plano espacial, debido a la tortuosidad de los vasos y a las múltiples ramificaciones con diferentes trayectorias. Por ello, se requieren imágenes 3D que faciliten la interpretación del recorrido y tránsito de los vasos sanguíneos difíciles de explorar con técnicas de imagen convencionales.

En este sentido, la ARM-C nos permite, mediante la aplicación de programas informáticos específicos, obtener reconstrucciones

a partir de imágenes bidimensionales representativas. Existe una gran variedad de algoritmos de reconstrucción que pueden componer tridimensionalmente las imágenes obtenidas en 2D. Es el caso de las técnicas de proyección de máxima intensidad (MIP) y de renderizado volumétrico o volumen *rendering* (VR) [15].

La proyección de máxima intensidad (MIP) es una técnica de representación tridimensional que evalúa cada vóxel a lo largo de una línea que pasa a través del volumen de datos o cortes en más de una dirección y selecciona el vóxel de máximo valor, que es el que representa, ignorando las otras intensidades o tejidos (figura 10).

A diferencia de la angiografía convencional, donde el estudio se hace con contraste yodado y sólo se observa la porción de los vasos por donde pasa el yodo, en la ARM se ven todos los vasos dentro del campo de visión elegido incluyendo ramas colaterales.

El renderizado volumétrico o volumen *rendering* (VR) suma la contribución de cada vóxel a lo largo de una línea a través de todo el volumen de datos. A los diferentes valores de vóxel se asignan distintos valores de opacidad, y muestran las

diferentes propiedades de los tejidos como la densidad. Estas técnicas permiten visualizar en formato de cine las estructuras vasculares bajo estudio haciéndolas girar sobre un eje y posibilitando su valoración multispatial (figura 11).

Aplicaciones clínicas de la ARM en medicina veterinaria

La literatura existente sobre la aplicación de la ARM en medicina veterinaria es escasa, aunque existen estudios recientes al respecto en perros. Esto es debido a la escasa tenencia de equipos de RM de alta intensidad de campo magnético

necesarios para realizar estas pruebas en centros de diagnóstico veterinario [14]. Si realizamos una breve revisión por región anatómica, la utilización de la ARM-TOF para la evaluación de la vasculatura intracraneal constituye una de sus aplicaciones

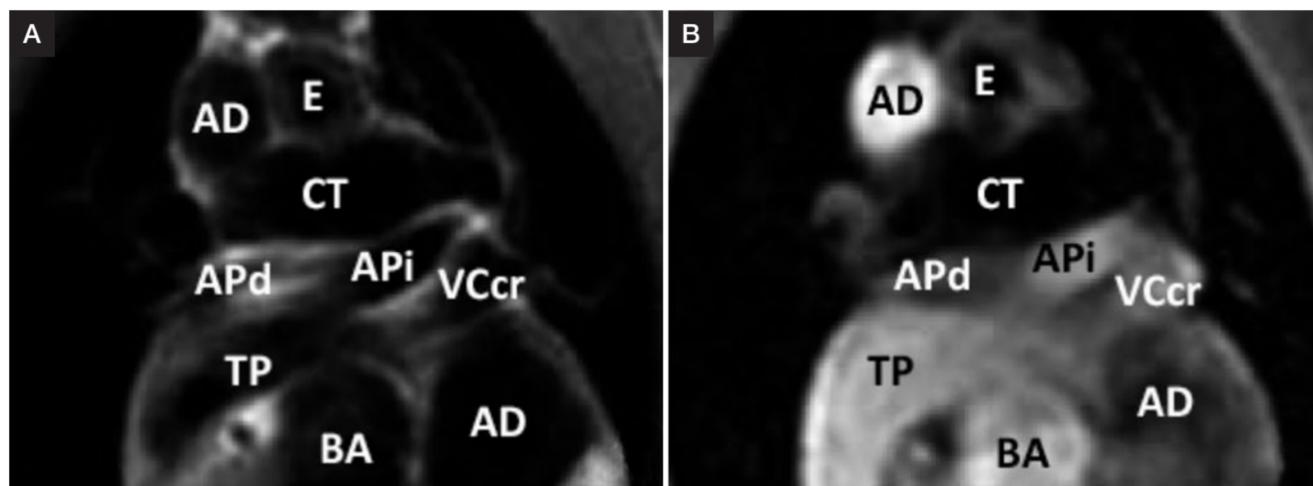


Figura 6. ARM transversal en el bulbo de la aorta y tronco pulmonar en un perro sano. A) Secuencia sangre negra. B) Secuencia sangre blanca.

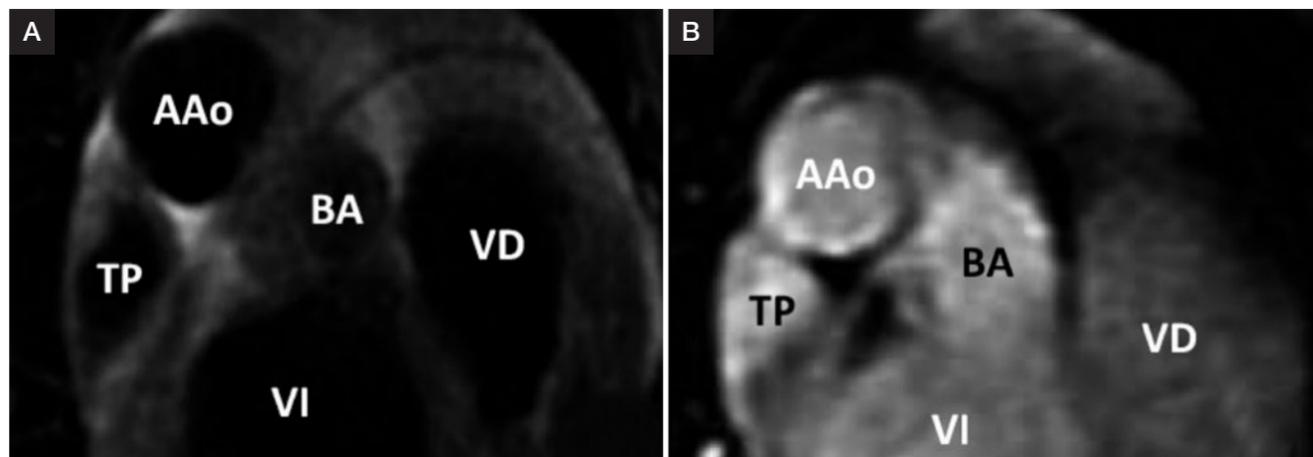


Figura 7. ARM dorsal de los ventrículos derecho e izquierdo en un perro sano. A) Secuencia sangre negra. B) Secuencia sangre blanca.

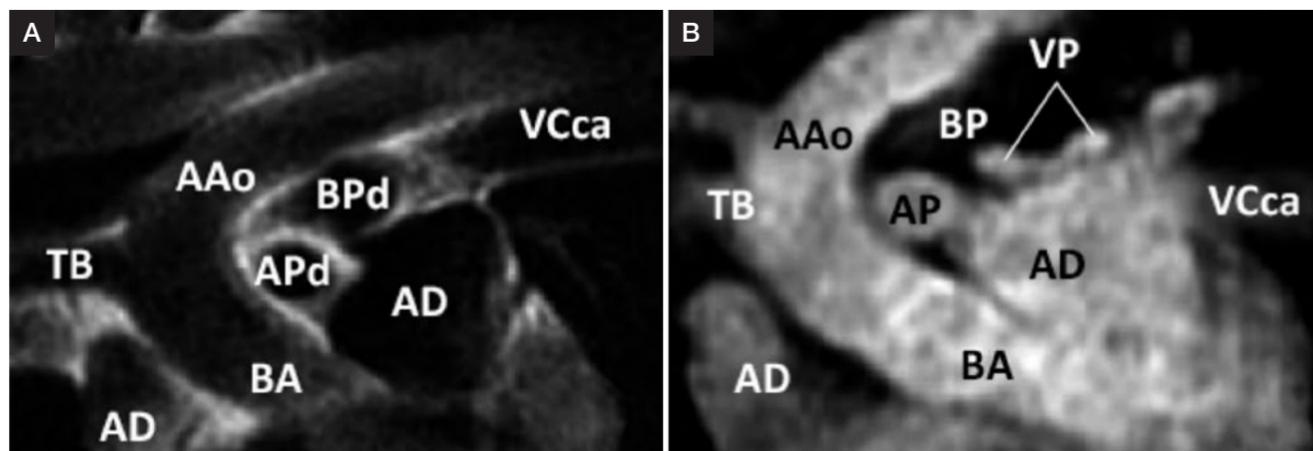


Figura 8. ARM sagital de la aorta ascendente y atrio derecho en un perro sano. A) Secuencia sangre negra. B) Secuencia sangre blanca.

Leyenda común de las figuras

AAo: arteria aorta; AC: arteria celiaca; AD: aorta descendente; Ad: atrio derecho. Ai: atrio izquierdo; AMcr: arteria mesentérica craneal; APd: arteria pulmonar derecha; APi: arteria pulmonar izquierda; ARd: arteria renal derecha; ARi: arteria renal izquierda; BA: bulbo de la aorta; BP-BPd: bronquio pulmonar; CT: carina traqueal; E: esófago; RD: riñón derecho; RI: riñón izquierdo; TP: tronco pulmonar; VD: ventrículo derecho; VCca: vena cava caudal; VCcr: vena cava craneal; VI: ventrículo izquierdo; 1. Arteria carótida externa; 2. Plexo venoso terigoideo; 3. Arteria temporal superficial; 4. Arteria auricular caudal; 5. Arteria maxilar; 6. Arteria alveolar inferior; 7. Arteria facial; 8. Arteria basilar.

DenaMarin®

La fórmula tecnológicamente más avanzada.
3 componentes, una solución.

SAMe

DE ORIGEN NATURAL

El microencapsulado permite fraccionar el comprimido.

SILIBINA

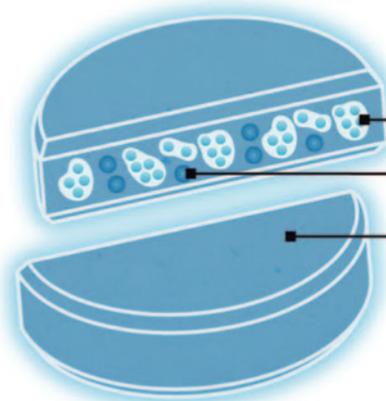
COMPLEMENTA LA EFICACIA DEL SAMe
Acelera la recuperación del animal.

FOSFATIDILCOLINA

METABOLIZADOR DE LA SILIBINA

Aumenta la biodisponibilidad de la Silibina y su rapidez de metabolización.

Mejora la **FUNCIONALIDAD HEPÁTICA** especialmente en fases agudas, intoxicaciones o hepatopatías de componente inflamatorio. **DENAMARIN®** es una fórmula probada científicamente, única en el mercado.



Molécula de **SAMe** en barrera protectora

Complejo Silibina-Fosfatidilcolina

Comprimidos fraccionables con saborizante que facilitan la administración de la dosis



30 y 75 comprimidos

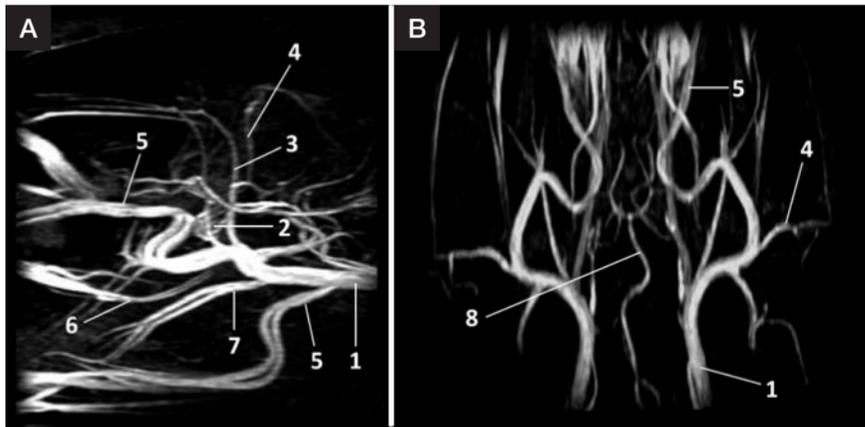


Figura 9. Secuencia TOF de los vasos extracraneales en un perro sano. A) Visión lateral izquierda. B) Visión dorsal.

mejor investigadas mediante animales de experimentación y en medicina humana, y las imágenes obtenidas muestran un alto grado de sensibilidad y especificidad. En medicina veterinaria se ha descrito su viabilidad diagnóstica en casos de aneurismas intracraneales, malformaciones arteriovenosas y accidentes cerebrovasculares [5].

A nivel torácico, diversos estudios han demostrado la utilidad de la ARM a la hora de valorar las estructuras cardiovasculares en medicina veterinaria mediante secuencias *sangre negra* y *sangre blanca* con y sin contraste, siendo de gran utilidad en el diagnóstico y la planificación quirúrgica de patologías cardiovasculares tanto congénitas como adquiridas. Es el caso del ductus arterioso persistente, el doble arco aórtico, la arteria subclavia izquierda aberrante, el arco derecho aórtico persistente, la estenosis aórtica, la estenosis pulmonar y las neoplasias en la base del corazón [4,8-11].

A pesar de las diferencias mencionadas, la ARM no desplaza a los otros métodos de imagen, pero su aplicación para diagnosticar una cierta patología es mucho más útil al complementarla con otros métodos.

La aplicación de la ARM abdominal en medicina veterinaria se centra en la valoración de las arterias renales [6-7] y vasos sanguíneos extra e intrahepáticos [3,16], para el diagnóstico de los *shunt* portosistémicos, las malformaciones vasculares renales, así como para la planificación quirúrgica de la citada región. Finalmente, la cavidad pelviana también ha sido objeto de estudio en perros, quedando demostrada la excelencia de la ARM para la localización de trombosis de la aorta distal [17].

Ventajas e inconvenientes de la ARM frente a otras técnicas por imagen

A diferencia de la angiografía convencional, donde el estudio se hace con contraste yodado y solo se observa la porción de los vasos por donde pasa el yodo, en la ARM se ven todos los vasos dentro del campo de visión elegido, incluyendo ramas colaterales.

Además, el estudio puede ser selectivo y utilizar bandas de saturación que anulen la señal de los vasos o tejidos no deseados [2]. También se pueden hacer estudios selectivos mediante posprocesamiento de la señal obtenida haciendo reconstrucciones selectivas [15]. La ARM no se limita a estudiar los vasos; también se pueden incluir estructuras vecinas, y puede diferenciar entre estructuras vasculares y aéreas. Además, no tiene el riesgo de las radiaciones ni de las reacciones alérgicas del contraste yodado. Este hecho es fundamental en animales con insuficiencia renal, donde la angiografía convencional y la angiotomografía computarizada no se recomiendan dada la nefrotoxicidad de los contrastes yodados que se emplean [18].

Con respecto a los ultrasonidos, además de los clásicos inconvenientes como la pobre resolución tisular, escasa ventana acústica y alta dependencia del operador, estos no pueden generar reconstrucciones

vasculares, y las exploraciones se limitan al plano tomográfico del haz de ultrasonidos [19]. Los ultrasonidos pueden hacer mediciones de flujo como la ARM, pero el inconveniente que presentan es que su utilidad está limitada a zonas sin huesos o aire debido a los artefactos, mientras que la ARM se puede aplicar en cualquier zona anatómica. Como inconveniente, la ARM requiere de equipos de alta intensidad de campo magnético, cuyo mantenimiento es costoso [14]. Por otro lado, los artefactos, como cualquier técnica de diagnóstico por imagen, deben ser reconocidos por la experiencia del técnico y por comparación con la apariencia normal del flujo sanguíneo y de las estructuras anatómicas subyacentes [1,2,15].

Conclusión

En conclusión, el avance tecnológico efectuado en el diagnóstico por imagen en los últimos años ha propiciado el de-

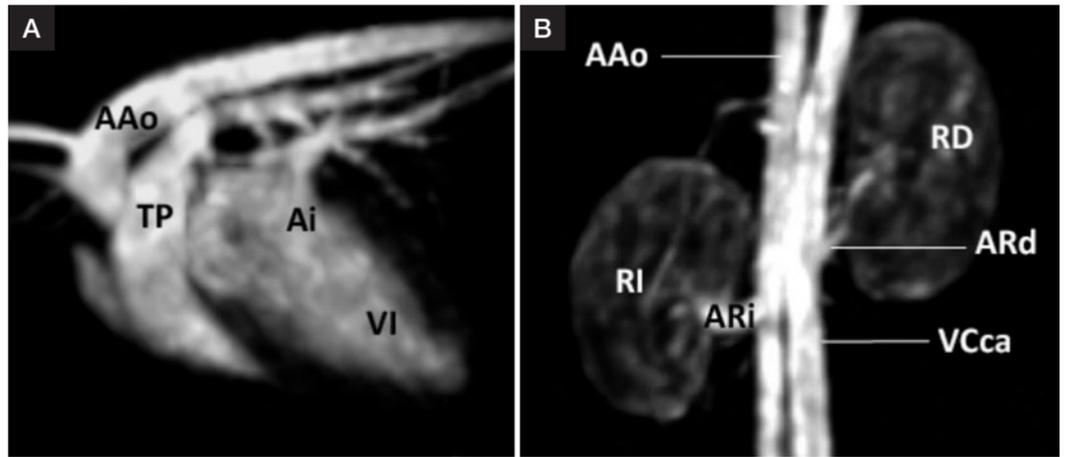


Figura 10. ARM contrastada mediante reconstrucciones MIP en un perro sano. A) Detalle del atrio izquierdo y tronco pulmonar. Visión lateral izquierda. B) Riñones y vasos sanguíneos asociados. Visión dorsal.

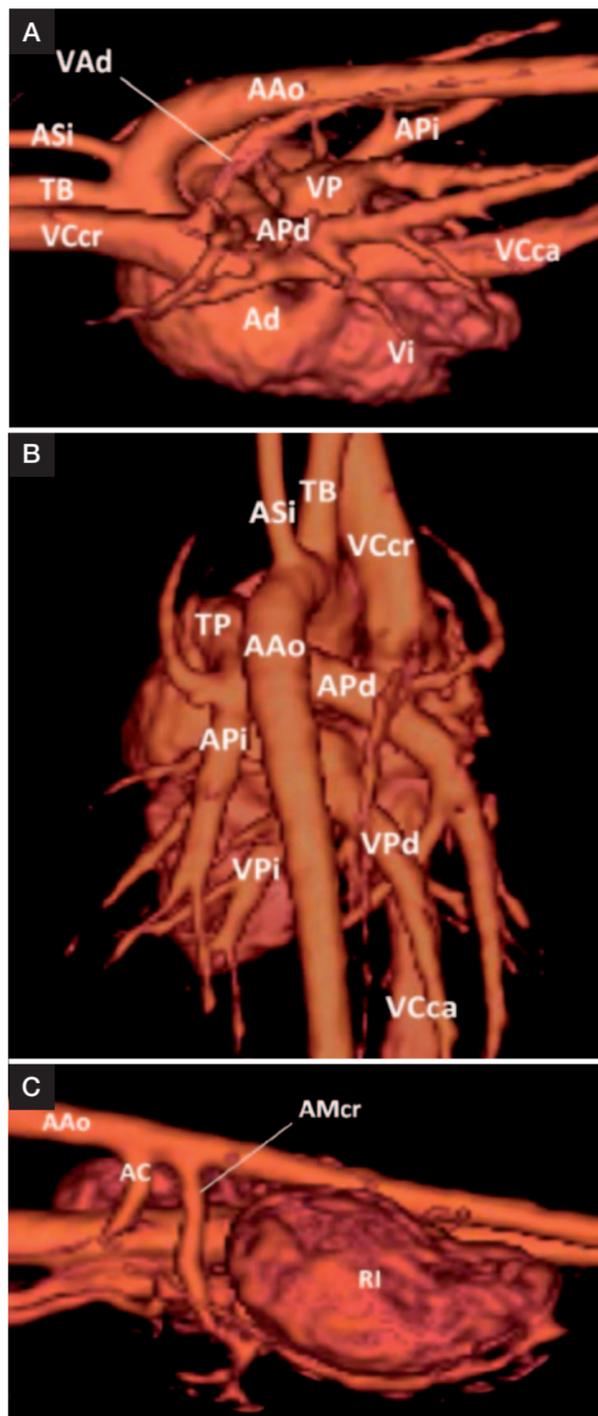


Figura 11. Renderizado volumétrico mediante ARM contrastada en un perro sano. A) Visión lateral oblicua de la cara atrial del corazón y vasos sanguíneos asociados. B) Visión dorsal del corazón y vasos sanguíneos pulmonares. C) Visión lateral izquierda de los riñones.

flejado en las distintas publicaciones al respecto, siendo el perro el principal sujeto de estudio. En todos estos estudios, la ARM se muestra como una valiosa y útil herramienta diagnóstica en diversas patologías vasculares en el perro. □

Bibliografía

- Didier, D., 1999. Angio-IRM des vaisseaux du thorax, y compris les artères coronaires. Techniques et indications. *Journal of Radiology* 80, 1042-1051.
- Ivancevic, M.K., L. Geerts, W.J. Weadock, and T.L. Chenevert, 2009. Technical principles of MR angiography methods. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 17, 1-11.
- Seguin, B., Tobias, K.M., Gavin, P.R., Tucker, R.L., 1999. Use of magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 40, 251-258.
- Contreras, S., Vázquez, J.M., De Miguel, A., Morales, M., Gil, F., López, O., Arencibia, A., 2008. Magnetic resonance angiography anatomy of the canine heart and associated blood vessels. *The Veterinary Journal* 178, 130-132.
- Sager M, Assheuer J, Trümmler H, Moormann K. 2009. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography (CE-MRA) of intra- and extra-cranial vessels in dogs. *The Veterinary Journal* 179, 92-100.
- Cavrenne R, Mai W., 2009. Time-resolved renal contrast-enhanced MRA in normal dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 50, 58-64.
- Mai W. 2009. Multiphase time-resolved contrast-enhanced portal MRA in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 50, 52-57.
- Contreras S, Arencibia A, Gil F, De Miguel A, Ramírez G, Vázquez JM., 2010. Black and bright-blood sequences magnetic resonance angiography and gross sections of the canine thorax: an anatomical study. 2010. *The Veterinary Journal* 185, 231-234.
- Louvet A, Duconseille AC, Lazard P., 2010. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of patent ductus arteriosus in a dog. *J Small Anim Pract.* 51, 451-453.
- Mai W, Weisse C, Sleeper MM., 2010. Cardiac magnetic resonance imaging in normal dogs and two dogs with heart base tumor. *Vet Radiol Ultrasound* 51, 428-435.
- Contreras S, Vázquez JM, Morales M, Rivero MA, Gil F, Latore R, Arencibia A., 2011. Three-dimensional MRA Study of the Normal Canine Thorax: MIP Sections and Volume Rendering. *Anatomia Histologia Embryologia.* 40(1):40-46.
- Ho, V.B., Corse, W.R., Hood, M.N., Rowedder, A.M., 2003. MRA of the thoracic vessels. *Seminars in Ultrasound, CT, and MRI* 24, 192-216.
- Kuriashkin, I.V., Losonsky, J.M., 2000. Contrast enhancement in magnetic resonance imaging using intravenous paramagnetic contrast media: a review. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 41, 4-7.
- Gilbert, S.H., McConnell, F., Holden, V.A., Sivananthan, M.U., McEwan, J.D., 2009. The potential role of MRI in veterinary clinical cardiology. *The Veterinary Journal* 183, 124-134.
- Tanenbaum, L.N., 2002. Advanced MRA rendering techniques: a pictorial review. *Appl. Radiol.* 31, 18-28.
- Bruehschwein A., Foltin L., Flatz K., Zoellner M., Matis U. 2010. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in 10 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51, 116-121.
- Sharpley J., Thode H., Sestina L., Park R., Monnet E., Kraft S.L., 2009. Distal abdominal aortic thrombosis diagnosed by three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50, 370-375.
- Zwingenberger, A., Schwarz, M.A., Saunders, M., 2005. Helical computed tomography angiography of canine portosystemic shunts. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 46, 27-32.
- McDonald, K., Kittleson, M.D., Reed, T., Larson, R., Kass, P., Wisner, E.R., 2005. Quantification of left ventricular mass using cardiac magnetic resonance imaging compared with echocardiography in domestic cats. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 46, 192-199.

Línea dermatológica



MalAcetic

Solución · Toallitas · Champú · Acondicionador

Otitis · Dermatitis
Malassezia · Gram+
Pseudomonas

Seguro
en ruptura
timpanica

VetNova

Tel.: +34 918 440 273
vetnova@vetnova.net