

Novedades en el tratamiento del conducto arterioso persistente

El conducto arterioso persistente (CAP) es una patología cardíaca congénita frecuente, cuyo tratamiento requiere el cierre, bien de forma quirúrgica o de forma percutánea. En este artículo se describe una novedosa técnica de cierre, mediante cardiología intervencionista, que permite el cierre del ductus de tamaño pequeño, mediano y grande, así como de diversas morfologías.

Palabras clave: conducto arterioso persistente, ecocardiografía transesofágica, embolización, Amplatz Canine Duct Occluder. Clin. Vet. Peq. Anim, 28 (2): 143-149, 2008

O. Doménech¹;
C. Bussadori²

¹ Clínica Veterinaria Gran Sasso,
Via Donatello 26
20131 Milán (Italia)
Survet Diagonal, Carvet,
Avenida Diagonal 317
08009 Barcelona
² Clínica Veterinaria Gran Sasso,
Via Donatello 26,
20131 Milán (Italia)

Introducción

El Conducto Arterioso Persistente (CAP) es, en nuestra experiencia, la tercera patología congénita más frecuente. Esta patología cardíaca congénita se basa en el fallo del cierre del ductus, que comunica la aorta descendente y la arteria pulmonar, por un defecto en su estructura (hipoplasia, asimetría del músculo liso específico del ductus y presencia de tejido elástico semejante al de la arteria aorta)¹, determinando un shunt, de izquierda a derecha (I/D), responsable de una sobrecarga de volumen a nivel de las cavidades cardíacas izquierdas; dicha sobrecarga de volumen será de mayor o menor grado en función de la cantidad de sangre que pase a través del desvío que, a su vez, depende de las dimensiones del orificio menor del conducto, así como de las resistencias relativas de la circulación sistémica y pulmonar². En algunos casos, podemos observar un shunt de derecha a izquierda (D/I), expresión de una hipertensión pulmonar determinada por el exceso de flujo sanguíneo a nivel de la circulación pulmonar.

La persistencia del conducto arterioso causa, generalmente, fallo cardíaco y muerte, a no ser que se cierre a una edad temprana¹, con un índice de mortalidad descrito mayor del 60% durante el primer año³.

El tratamiento del shunt (I/D) se basa en el cierre del conducto, ya sea mediante cirugía convencional o mediante cardiología intervencionista.

El cierre del CAP mediante cardiología intervencionista es una alternativa terapéutica efectiva que está desplazando progresivamente el cierre quirúrgico tradicional^{4,5}. Actualmente se han descrito principalmente tres técnicas, con tres dispositivos distintos, para cierre del CAP mediante cardiología intervencionista, con un coste aceptable para el uso en veterinaria: el uso de coils⁴⁻¹⁴, el uso del Amplatzer® Vascular Plug (AVP)¹⁵⁻¹⁸ y el uso del Amplatzer® Canine Duct Occluder (ACDO)^{19,20}.

Cierre del CAP con el uso de coils

Los coils pueden ser de liberación controlada, o no controlada. Los de liberación controlada (Fig.1) nos permiten una mayor seguridad, ya que se despliegan con su sistema de liberación y, una vez estamos seguros de su adecuada dimensión y posición, podemos liberarlos de forma controlada. La utilización de los coils de liberación controlada está limitada, principal-



mente, a aquellos pacientes que tienen una dimensión del diámetro menor del CAP $\leq 4\text{mm}$, ya que se ha visto que en pacientes con conducto $> 4\text{mm}$ presentaba una incidencia considerable de embolización del coil o bien de persistencia de flujo residual^{4,5,7} que, en algunos casos, determinaba la presencia de hemólisis^{7,10}. Otro aspecto importante para el uso de los coils es la morfología del conducto. Es aconsejable utilizar los coils únicamente en los conductos de tipo IIA (ductus con estrechamiento distal abrupto mayor del 50% en su inserción en la arteria pulmonar y cuya porción proximal del ductus mantiene una dimensión constante) (Fig.2) y IIB (ductus con estrechamiento distal mayor del 50% con forma cónica proximal)²¹ (Fig.3). Afortunadamente, la mayoría de los perros con CAP tienen una morfología angiográfica de tipo IIA o IIB, siendo el tipo III (tubular) infrecuente²¹. Los ductus con forma III (tubular) no tienen un estrechamiento distal, tienden a ser de mayor diámetro y no proporcionan un área donde pueda engancharse este dispositivo de oclusión.



Figura 1. Coil de liberación controlada con su sistema de liberación a través de un catéter Gensini.

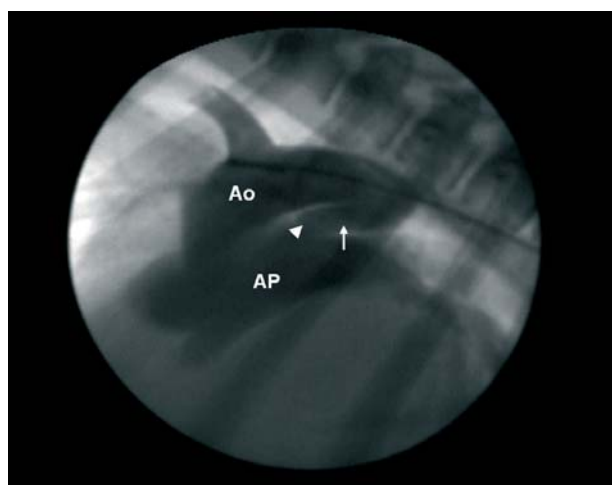


Figura 2. Aortografía en posición lateral derecha mostrando un conducto arterioso persistente tipo IIA. Se aprecia una ampolla ductal larga (flecha) con un estrechamiento en su inserción en la arteria pulmonar (cabeza de flecha). Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar.

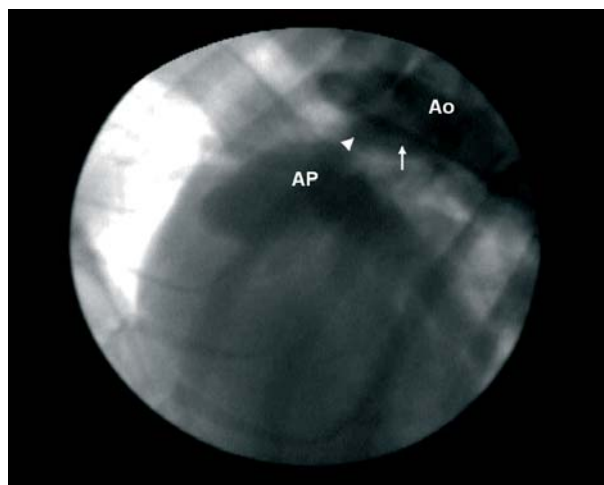


Figura 3. Aortografía en posición lateral derecha mostrando un conducto arterioso persistente tipo IIB. Se aprecia una ampolla ductal corta (flecha) con un estrechamiento en su inserción en la arteria pulmonar (cabeza de flecha). Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar.

Cierre del CAP con el Amplatz® Vascular Plug (AVP)

El Amplatz® Vascular Plug^a es un dispositivo cilíndrico de liberación controlada autoexpandible, hecho de una malla de 144 alambres de nitinol, con forma cilíndrica, diseñado para cerrar malformaciones arteriovenosas en la vasculatura periférica¹⁵⁻¹⁸ (Fig.4). Carece de material trombogénico (lo que permite que puedan usarse catéteres de pequeñas dimensiones) y se ha descrito su uso para el cierre del CAP en humana^{17,18} y en veterinaria^{15,16}. En humana se ha utilizado en los CAP de tipo tubular^{17,18} y en veterinaria en los CAP de tipo IIA y Tipo IIB^{15,16}.

El fabricante recomienda que el dispositivo sea un 130-150% el tamaño del vaso a ocluir, pero mientras las arterias periféricas tienen una cantidad más o menos grande de músculo liso, el CAP contiene una proporción mayor de



Figura 4. AVP con su sistema de liberación.

tejido elástico. Esto provoca la dilatación del CAP hasta el tamaño del AVP^a. Por esto se recomienda que el AVP^a sea sólo 1-2 mm más ancho que el diámetro de la ampolla distal (no del diámetro mínimo del ductus)¹⁵.

Si bien recientes estudios han demostrado la eficacia y seguridad del AVP¹⁵⁻¹⁸, es un dispositivo que no está diseñado para cerrar shunts con altas presiones y actualmente, al existir ya el Amplatzer Canine Duct Occluder^a, expresamente diseñado para el cierre del CAP canino y con un coste económico similar, carece de interés.

Cierre del CAP mediante el Amplatz[®] Canine Ductal Occluder (ACDO)

El ACDO^a es un dispositivo formado por una trama de nitinol, altamente comprimible y desplegable, de liberación controlada. Este dispositivo, una vez desplegado, adquiere una forma de dos discos conectados por una cintura central estrecha de 2mm (Fig. 5). El disco distal es plano y queda a nivel de la arteria pulmonar, mientras el disco proximal, en forma de cúpula, queda a nivel de la ampolla ductal, asegurando de esta manera una estabilidad del dispositivo que quedará fijado a nivel del ostium del CAP a través la cintura central estrecha^{19,20}. El ACDO^a está específicamente diseñado para adaptarse a la morfología ductal canina. Existen varios diámetros de la cintura central del dispositivo, en función de las distintas dimensiones del conducto; los diámetros disponibles son de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 y 14 mm.

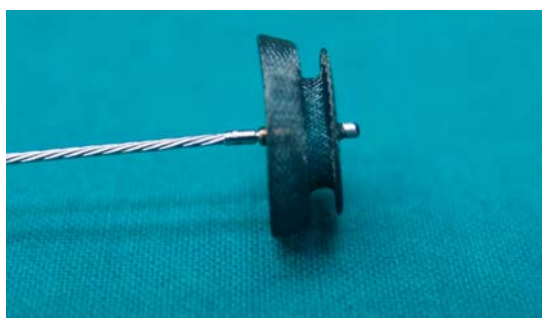


Figura 5. ACDO con su sistema de liberación.

Originalmente, este dispositivo, junto con su sistema de despliegue, viene comprimido dentro de un cargador que nos permitirá introducirlo en un catéter guía.

Se aconseja que el diámetro del dispositivo seleccionado sea 1,5 a 2 veces la dimensión menor del CAP (ostium del CAP)^{19,20}, medida mediante ecocardiografía y angiografía a nivel de su punto de unión con la arteria pulmonar. En base a nuestra experiencia, aconsejamos que la dimensión del dispositivo no supere nunca el doble de la dimensión menor del conducto, ya que esto puede determinar una malformación del dispositivo de tipo "cobra" (Fig. 6).

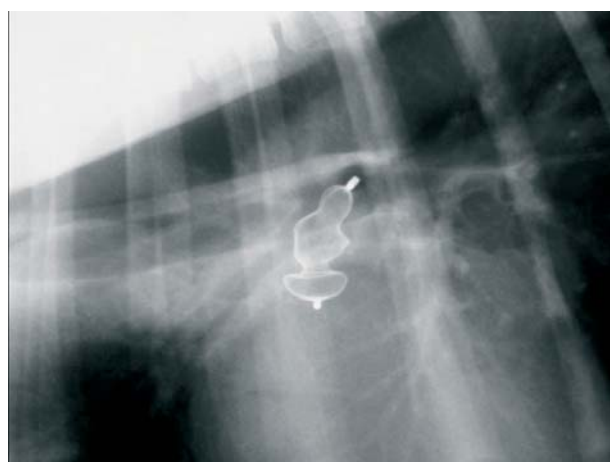


Figura 6. Rx lateral derecha de una hembra Pastor Alemán donde el dispositivo que se utilizó era de 2,19 veces la dimensión menor del CAP determinando el efecto "cabra" del dispositivo.



Figura 7. Ecocardiografía transesofágica (TEE) bidimensional, proyección craneal sección longitudinal, mostrando el diámetro del ostium del CAP (1), el diámetro de la ampolla ductal (2) y la longitud del CAP (3). Ao: Aorta; AP: Arteria pulmonar.

La medición y caracterización precisa de la morfología y el diámetro ductal es importante para la selección y colocación óptima del ACDO^a. Hemos observado que la medida del ostium del CAP y ampolla ductal, comparándolas con las medidas angiográficas, parecen ser más fiables cuando se miden mediante ecocardiografía transesofágica (TEE) bidimensional, que cuando se hace mediante ecocardiografía transtorácica (TTE) bidimensional, aconsejando por tanto realizar siempre este tipo de medida mediante la TEE²². La medida angiográfica del CAP se realiza con la proyección lateral derecha y la medida mediante TEE se realiza con la proyección craneal sección longitudinal (Fig.7). Se ha observado que las estimaciones ecocardiográficas transtorácicas²³ y transesofágicas²⁴ con Doppler color, tienden a sobreestimar el diámetro mínimo ductal, con lo que el Doppler color puede ser un método inapropiado para excluir pacientes para la oclusión mediante coil. Otro factor a tener en cuenta, es la cantidad de tejido que compone los bordes de apertura de la ampolla ductal (lisos o grandes nódulos). Además, el uso de TEE durante el pro-

cedimiento, puede facilitar su colocación y permitir evaluar mejor su estabilidad, así como visualizar en tiempo real la disminución del flujo ductal durante el cierre y la valoración del posible flujo residual²⁵.

Se ha descrito que la morfología de los CAP en perros es similar a la humana, si bien la distribución es diferente, siendo la presentación más frecuente el tipo IIA, seguido por el IIB²¹. El tipo III (tubular sin constricción) es el menos frecuente, afortunadamente, ya que es muy difícil embolizar dicho ductus porque no tiene estrechamiento distal, tiende a tener un gran diámetro y no proporciona un área donde este dispositivo de oclusión pueda quedar enganchado.

Del mismo modo, se ha visto que el diámetro menor del CAP es mayor de lo que suele ser en humana. Un diámetro mayor de 4 mm se observa sólo en un 20% de los pacientes humanos, mientras en los perros se encuentra en el 41% de los pacientes²⁶.

Técnica

1. Aortografía

Para la implantación de este dispositivo se realiza el abordaje a través de la arteria femoral, donde se introduce un introductor^b generalmente de 6Fr. A través del introductor se pasa inicialmente un catéter pigtail^c, generalmente de 6Fr, que nos permitirá realizar una aortografía para evidenciar la morfología y la dimensión del CAP. A su vez, obtenemos también la medida del CAP mediante ecocardiografía transesofágica que, junto con la medida angiocardiográfica, nos permitirá decidir el diámetro del dispositivo a utilizar. El catéter pigtail nos sirve también para medir la dimensión real del ductus sin los efectos de magnificación de la fluoroscopia. Como cada Fr son 0,33 mm, un catéter de 5 Fr son 1,65 mm y uno de 7 Fr son 2,31 mm. El catéter de 6 Fr es el ideal, porque nos da una medida de 1,98mm (a efectos prácticos una medida más redonda de 2mm) más fácil de trabajar.

2. Cateterización del CAP

Con un catéter Multipurpose^d o Gensini^e, generalmente de 5-6Fr, cateterizamos el CAP (Fig.8) y a su través se introduce una guía metálica de trabajo de 0,035" y 260 cm^f. Una vez la guía metálica está posicionada en la arteria pulmonar pasando a través del CAP (Fig.9), se quita el Gensini o el Multipurpose y se introduce el catéter guía^d a través del cual pasaremos el dispositivo.

3. Introducción y colocación del dispositivo ACDO

El dispositivo se introduce a través de un catéter guía, que será de varias dimensiones en función del tamaño del dispositivo y, si la dimensión es superior al introductor (generalmente lo suele ser), nosotros quitamos el introductor manteniendo siempre la guía metálica de 260 cm a través del CAP. Introducimos el catéter guía a través de la guía metálica, para posicionarlo adecuadamente a nivel de la

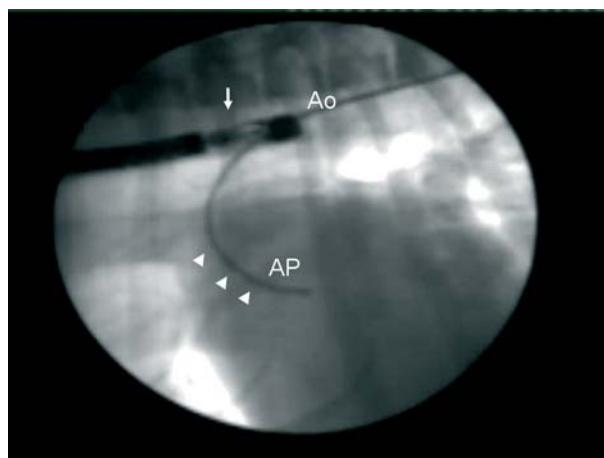


Figura 8. Imagen fluoroscópica en posición lateral derecha. Se aprecia el catéter Gensini (cabezas de flecha) posicionado en la arteria pulmonar, desde la aorta, pasando a través del CAP. Se observa también la sonda de la TEE (flecha) dorsalmente a la tráquea manteniendo la punta de la sonda (transductor) a nivel del CAP. Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar.

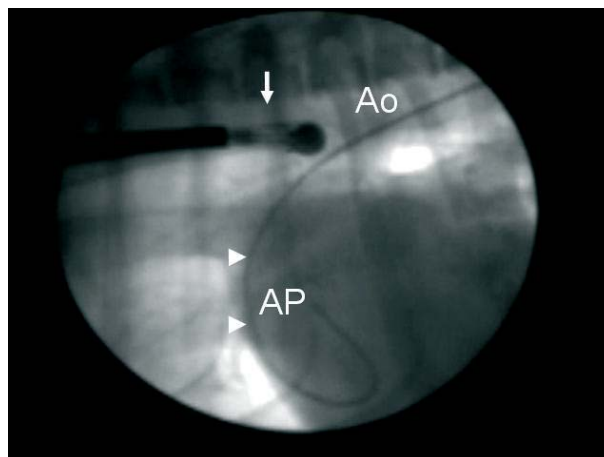


Figura 9. Imagen fluoroscópica en posición lateral derecha. Se aprecia la guía metálica (cabezas de flecha) posicionada en la arteria pulmonar pasando a través del CAP una vez quitado el catéter Gensini. Se observa también la sonda de la TEE (flecha) dorsalmente a la tráquea manteniendo la punta de la sonda (transductor) a nivel del CAP. Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar.

arteria pulmonar, pasando a través del CAP. Quitamos la guía metálica y en el catéter guía introducimos el dispositivo y lo avanzamos a través de éste, mediante su sistema de despliegue, hasta que comencemos a ver exteriorizada la punta del disco distal. Primero, desplegamos únicamente el disco distal del dispositivo mediante su sistema de despliegue, a nivel de la arteria pulmonar principal (Fig.10), para llevar, después, poco a poco, todo el sistema (dispositivo, sistema de despliegue y catéter guía) hacia el ostium del conducto en su unión con la arteria pulmonar. Todo este proceso se realiza mediante control fluoroscópico y TEE. Un correcto alineamiento y acoplamiento del dispositivo a nivel del ostium del conducto en su porción pulmonar, es de vital importancia para poder desplegar posteriormente el disco proximal, quedando éste último a nivel de la ampolla ductal (Fig.11). La cintura central del dispositivo quedará a nivel

(b) Cordis Cardiology, Division of Cordis Corporation, 14201 N.W. 60th Avenue, Miami Lakes, FL, USA.

(c) BALT Extrusion, Rue Croix-Vigneron, Montmorency, France.

(d) Cordis Cardiology, Division of Cordis Corporation, 14201 N.W. 60th Avenue, Miami Lakes, FL, USA.

(e) BALT Extrusion, Rue Croix-Vigneron, Montmorency, France.

(f) Kimal, Arundel Road, Uxbridge UB8 2SA, England.

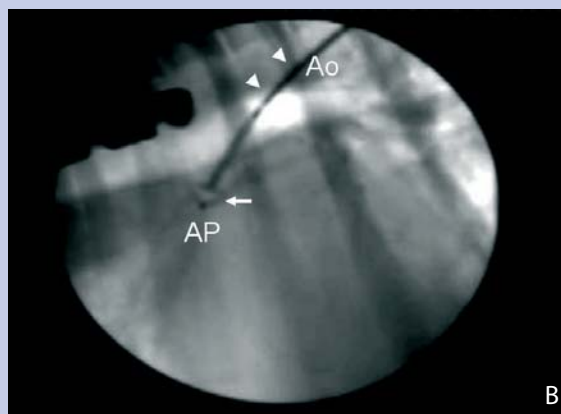


Figura 10. Imagen ecocardiográfica transesofágica bidimensional en la proyección craneal sección longitudinal (A) e imagen fluoroscópica en posición lateral derecha (B), donde se aprecia el disco distal desplegado (flecha) en la arteria pulmonar a través del catéter guía (cabezas de flecha). Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar CAP: Conducto arterioso persistente.

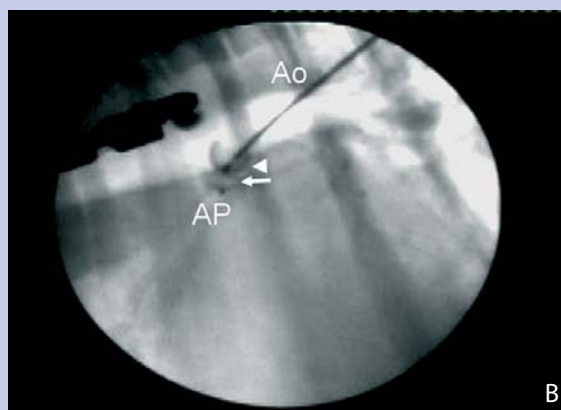
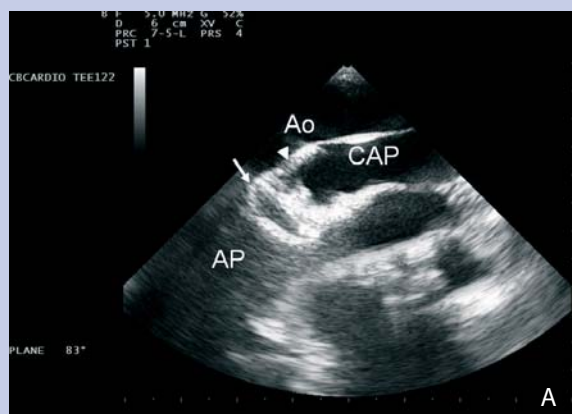


Figura 11. Imagen ecocardiográfica transesofágica bidimensional en la proyección craneal sección longitudinal (A) e imagen fluoroscópica en posición lateral derecha (B), donde se aprecia el disco distal (flecha) acoplado en el porción pulmonar del ostium del CAP y el disco proximal (cabeza de flecha) desplegado a nivel de la ampolla ductal. Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar CAP: Conducto arterioso persistente.

del ostium del CAP, manteniendo su estabilidad a través de ambos discos, el proximal y el distal. En nuestra experiencia, la ecocardiografía transesofágica facilita mucho la identificación del ostium del conducto y la adecuada colocación del dispositivo, reduciendo por tanto, el tiempo de exposición de la fluoroscopia.

4- Liberación del dispositivo ACDO

Una vez desplegado completamente el dispositivo, pero antes de liberarlo, valoramos la estabilidad del ACDO³ realizando una sutil maniobra de tracción y empuje a través del sistema de despliegue, así como realizando una inyección de contraste a través del catéter guía, mediante una llave en "Y". Monitorizamos esta maniobra detenidamente mediante control fluoroscópico y ecocardiográfico (TEE). Una vez determinada la correcta posición y estabilidad del dispositi-

vo, comenzamos a liberarlo mediante el sistema de despliegue, realizando una rotación del mismo en sentido contrario a las agujas del reloj. Una vez el dispositivo está completamente liberado quitamos el sistema de despliegue.

5. Valoración del cierre del CAP

Realizamos siempre una aortografía al final del procedimiento para determinar la presencia o no de flujo residual (Fig. 12). La ecocardiografía transesofágica realizada durante el procedimiento también nos dará información de la eficacia de la intervención (Fig.13). Una vez finalizado el procedimiento realizamos siempre una radiografía torácica (Fig. 14). El paciente queda bajo observación hasta el día siguiente, cuando realizaremos otra radiografía torácica y una ecocardiografía (TTE) para verificar la correcta posición y estabilidad del dispositivo al cabo de 24 horas.

En nuestra experiencia, el cierre del CAP mediante el ACDO, es una alternativa terapéutica mini-invasiva eficaz y segura con un coste prácticamente igual a la cirugía tradicional, pudiendo cerrar CAP de dimensiones variables (desde 1,5mm hasta 9mm del diámetro del ostium del CAP) y morfologías variables (tipo IIA y tipo IIB). Está diseñado para adaptarse a las morfologías del ductus canino más frecuentes y a las condiciones de alta presión.

Aunque son necesarios más estudios que lo confirmen, el AVP podría ser una alternativa eficaz para los CAP con morfología tipo III (tubular), tal y como se ha experimentado en humana, ya que su estabilidad depende de su tensión radial.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a Mar Felix su contribución y entusiasmo en la preparación del texto de este artículo.

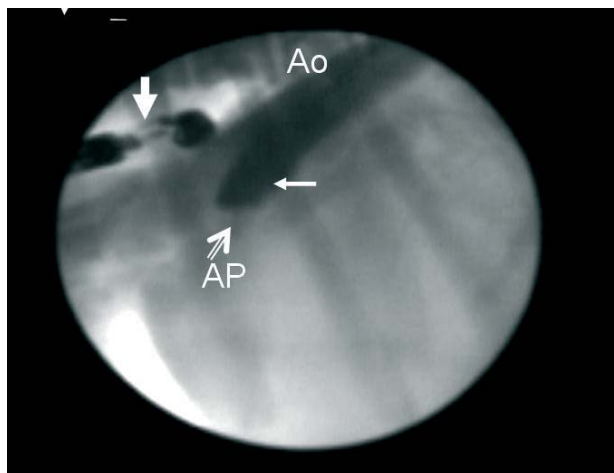


Figura 12. Aortografía en posición lateral derecha utilizando el catéter guía una vez liberado el dispositivo. Nótese como el contraste llena la ampolleta ductal (flecha pequeña) con la ausencia completa de flujo residual a través del dispositivo (flecha abierta). Se observa también la sonda de la TEE (flecha grande) dorsalmente a la tráquea manteniendo la punta de la sonda (transductor) a nivel del CAP. Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar.

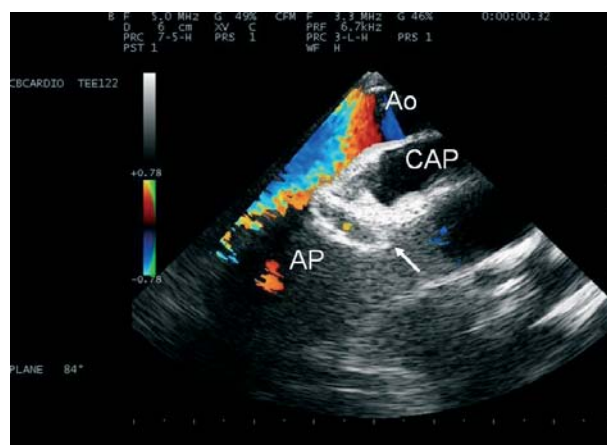


Figura 13. Ecocardiografía transesofágica (TEE) en Doppler color, proyección craneal sección longitudinal, donde se aprecia la ausencia completa de flujo a través del dispositivo (flecha) completamente liberado en el CAP. Ao: Aorta AP: Arteria pulmonar CAP: Conducto arterioso persistente.



Figura 14. Rx lateral derecha justo después de la intervención donde se observa la correcta posición y estabilidad del dispositivo.

Title

New treatment options for the patent ductus arteriosus

Summary

Patent ductus arteriosus (PDA) is one of the most common congenital heart disease and consist in failure of closure of the duct that communicates the descending aorta with the pulmonary artery. It determines a continuous blood flow from the aorta to the pulmonary artery (left to right shunt (L/R)), creating a left sided volume overload determining usually congestive heart failure and death. Treatment of L/R PDA is based on ductal closure performed by surgical ligation or by interventional cardiology techniques. The last one is an efficacious option which is moving away progressively the traditional surgery done by thoracotomy.

In this article we perform a revision of the different methods to close PDA using interventional cardiology techniques describing particularly a new technique using a new catheter-based device, the Amplatzer Canine Duct Occluder. This one offers the possibility to close effectively small, medium and large PDA as well as PDA from different morphologies.

Key words: PDA, transesophageal echocardiography, embolization, Amplatzer Canine Duct Occluder.

Bibliografía

1. Buchanan JW. Patent ductus arteriosus: morphology, pathogenesis, types and treatment. *J Vet Cardiol* 2001;3:7-16.
2. Kittleson MD: Persistencia del conducto arterioso. En: Kittleson MD, Kienle RD (1998) *Medicina cardiovascular de pequeños animales*, Multimédica 2000; 218-230.
3. Eyster GE, Eyster JT, Cords GB, Johnston J. Patent ductus arteriosus in the dog: characteristics of occurrence and results of surgery in one hundred consecutive cases. *J Am Vet Med Assoc* 1976;168:435-8.
4. Schneider M, Hildebrandt N, Schweigl T, et al. Transvenous embolization of small patent ductus arteriosus with single detachable coils in dogs. *J Vet Intern Med* 2001;15:222-228.
5. Gordon SG, Miller MW. Transarterial coil embolization for canine patent ductus arteriosus. *Clin Tech Small Anim Pract* 2005; 20(3):196-202.
6. Stokhof AA, Sreeram N, and Wolvekamp W Th C. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus using occluding spring coils. *J Vet Intern Med* 2000;14:452-455.
7. Campbell F E, Thomas W P, Miller S J, Berger D, Kittleson M D: Immediate and Late Outcomes of Transarterial Coil Occlusion of Patent Ductus Arteriosus in Dogs. *J Vet Intern Med* 2006;20:83-96.
8. Hildebrandt N, Schneider M, Schweigl T: Long term follow-up after embolization of small and medium sized patent ductus arteriosus ($\leq 4,0$ mm) with a single detachable coil. Abstracts in proceedings ECVIM-CA Congress 2004 : 780.
9. Hogan DF, Green HW, Gordon S, Miller MW: Transarterial Coil Embolization of Patent Ductus Arteriosus in Small Dogs with 0.025-Inch Vascular Occlusion Coils: 10 Cases. *J Vet Intern Med* 2004;18:325-329.
10. Van Israël N, French A, Wotton P, Wilson N: Hemolysis Associated with Patent Ductus Arteriosus Coil Embolization in a Dog. *J Vet Intern Med* 2001;15:153-156.
11. Schneider M, Hildebrandt N: Transvenous Embolization of the Patent Ductus Arteriosus with Detachable Coils in 2 Cats. *J Vet Intern Med* 2003;17:349-353.
12. Saunders AB, Miller MW, Gordon SG, Bahr A: Pulmonary embolization of Vascular Occlusion Coils in Dogs with Patent Ductus Arteriosus. *J Vet Intern Med* 2004;18 :663-666.
13. Bussadori C, Domenech O, Longo A, Pradelli D, Bussadori R: Percutaneous catheter-based treatment of pulmonic stenosis and patent ductus arteriosus in a dog. *J Vet Cardiol* 2002;4 (2):29-34.
14. Glaus TM, Martin M, Boller M et al. Catheter closure of patent ductus arteriosus in dogs: variation in ductal size requires different techniques. *J Vet Cardiol* 2003; 1:7-12.
15. Hogan DF, Green HW and Sanders RA. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus in a dog with a peripheral vascular occlusion device. *J Vet Cardiol* 2006; 8:139-143.
16. Bussadori C, Carminati M, Domenech O et al: A new employment of Amplatzer Vascular Plug: implantation in two dogs with patent ductus arteriosus. Abstract in proceedings ECVIM-CA Congress 2006 : 205.
17. Hoyer MH. Novel use of the Amplatzer plug for closure of patent ductus arteriosus. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2005; 65(4):577-80.
18. Javois AJ, Husayni TS, Thoele D, Van Bergen AH. Inadvertent stenting of patent ductus arteriosus with Amplatzer Vascular Plug. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006; 67(3):485-9.
19. Nguyenba TP, Tobias AH. Patent ductus arteriosus occlusion with an investigational Amplatzer canine ductal occluder. Abstract in proceedings ACVIM 2006 Congress: 730.
20. Tobias AH, Carpenter DH. Patent ductus arteriosus occlusion with a selfexpanding device and per-catheter deployment procedure developed specifically for use in dogs. Abstract in proceedings ACVIM. 2004: 406.
21. Miller MW, Gordon SG, Saunders AB et al. Angiographic classification of patent ductus arteriosus morphology in the dog. *J Vet Cardiol* 2006 ; 8:109-114.
22. Domenech O, Armada F, Menegazzo L, Bussadori C. Patent Ductus Arteriosus measurements obtained by transthoracic (TTE) and transesophageal echocardiography (TEE) compared with angiography. Abstract in proceedings ACVIM Congress 2007 : 832.
23. Saunders A, Miller M, Gordon S, Bahr A: Echocardiographic and Angiographic Comparison of Ductal Dimensions in Dogs with Patent Ductus Arteriosus. *J Vet Intern Med.* 2007;21:68-75.
24. Matthias Schneider, Nicolai Hildebrandt, Tatjana Schweigl, and Martin Wehner . Transthoracic echocardiographic measurement of patent ductus arteriosus in dogs. *J Vet Int Med.* 2007 ; 21:251-257.
25. Pariaut R, Moïse S, Kraus M, Gelzer A, Rishniw M, Flanders J Renaud-Farrell S, Charter M: Use of transesophageal echocardiography for visualization of the patent ductus arteriosus during transcatheter coil embolization. *J Vet Cardiol.* 2004; 6(1): 32-39.
26. Schneider M, Schneider I, Hildebrandt N, Wehner M: Percutaneous angiography of Patent Ductus Arteriosus in dogs: techniques, results and implications for intravascular occlusion. *J Vet Cardio.* 2003;5:21-27.