



Facultad de Veterinaria  
**Universidad Zaragoza**



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

ESTUDIO DEL DUCTUS ARTERIOSO PERSISTENTE EN LA CLÍNICA DE  
PEQUEÑOS ANIMALES

STUDY OF PATENT DUCTUS ARTERIOSUS IN SMALL ANIMAL MEDICINE

Autor/es

SARA PALASÍ RAMÍREZ

Director/es

MARÍA BOROBIA FRÍAS  
MARTA BOROBIA FRÍAS

Facultad de Veterinaria

2016

---

# ÍNDICE

<b>1. RESUMEN / ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>4</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>5</b>
5.1 ETIOLOGÍA .....	5
5.2 FISIOPATOLOGÍA.....	7
5.3 DIAGNÓSTICO .....	8
5.3.1. DIAGNÓSTICO CLÍNICO.....	8
5.3.2. DIAGNÓSTICO LABORATORIAL.....	9
5.3.3. DIAGNÓSTICO ELECTROCARDIOGRÁFICO .....	10
5.3.4. DIAGNÓSTICO POR IMAGEN .....	10
5.3.4.1. RADIOGRAFÍA .....	10
5.3.4.2. ECOGRAFÍA.....	11
5.3.4.3. RESONANCIA MAGNÉTICA .....	16
5.3.4.4. TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA CON MULTIDETECTORES.....	16
5.4 TRATAMIENTO.....	17
5.4.1. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO .....	17
5.4.1.1. LIGADURA QUIRÚRGICA.....	17
5.4.1.2. TÉCNICAS DE MÍNIMA INVASIÓN .....	18
5.4.2. TRATAMIENTO MÉDICO .....	20
<b>6. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS .....</b>	<b>22</b>
<b>7. VALORACIÓN PERSONAL .....</b>	<b>23</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>24</b>

---

# 1. RESUMEN / ABSTRACT

---

## **Estudio del Ductus Arterioso Persistente en la clínica de pequeños animales**

El *ductus* arterioso (*ductus*) es un conducto que comunica las arterias aorta y pulmonar durante la vida fetal y debe cerrarse tras el nacimiento. Cuando esto no ocurre, pasa a ser una estructura patológica denominada *ductus* arterioso persistente (DAP), que representa la alteración cardíaca congénita más frecuente en la especie canina. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el DAP en esta especie, tratando su origen y las opciones diagnósticas y terapéuticas disponibles actualmente. Para ello, se realizó una consulta de la bibliografía de referencia y una búsqueda de publicaciones en bases de datos. Además, se han incluido imágenes ecográficas de casos atendidos en el Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza.

La persistencia del *ductus* se debe en gran medida a una deficiencia de tejido muscular en su pared. El paso de sangre a través del DAP es inicialmente en sentido izquierda-derecha por la mayor presión de las cámaras izquierdas del corazón. Si esta situación persiste, la presión en la arteria pulmonar aumenta y el flujo se invierte (derecha-izquierda), lo cual es más grave (síndrome de Eisenmenger).

El diagnóstico del DAP incluye anamnesis, exploración completa del paciente, pruebas laboratoriales, electrocardiograma y pruebas de diagnóstico por imagen. Estas últimas constituyen una herramienta de gran utilidad: la radiología permite valorar la existencia de dilatación de cámaras cardíacas y arterias, y de edema pulmonar asociado; con la ecografía se puede detectar su localización, valorar la funcionalidad cardíaca y descartar otras patologías; y la resonancia magnética y la tomografía computerizada con multidetectores permiten realizar un estudio más profundo.

Cuando la comunicación es izquierda-derecha, el tratamiento del DAP consiste en su cierre mediante ligadura quirúrgica o técnicas mínimamente invasivas. En la comunicación derecha-izquierda, el cierre del DAP está contraindicado, por lo que el tratamiento de elección será el farmacológico.

## **Study of Patent Ductus Arteriosus in small animal medicine**

The ductus arteriosus (ductus) is a tube that connects the aorta and pulmonary arteries during fetal life and must be closed after birth. When this does not occur it becomes a pathological structure called patent ductus arteriosus (PDA), which represents the most common congenital cardiac disorder in dogs. The aim of this study was to carry out a review of the PDA in this species including the origin as well as the diagnosis and treatment options. To this end, the reference bibliography was consulted and a search of databases publications was performed. In addition, ultrasound images of cases treated at the Veterinary Hospital of the University of Zaragoza have been included.

PDA is mainly caused by a deficiency of muscle tissue on its wall. The blood flow through the PDA is initially on left-to-right direction because of the increased pressure in the left chambers of the heart. If this situation persists, the pressure in the pulmonary artery increases and it can reverse the flow (right-to-left), which is more severe (Eisenmenger syndrome).

PDA diagnosis consists in an anamnesis and a complete examination of the patient, followed by laboratory tests, electrocardiogram and imaging diagnosis. The latter techniques are a very useful tool: radiology allows for evaluating the presence of dilated heart chambers and arteries and the presence of pulmonary edema, ultrasound enables to detect its location, assess the cardiac function and discard other diseases, and magnetic resonance imaging and computed tomography multidetector allow for a more complete study.

When the communication is left-to-right, the treatment of PDA consists in closing it by surgical ligation or by minimally invasive procedures. In the case of right-to-left communication, PDA closure is contraindicated, so the choice is the pharmacological treatment.

---

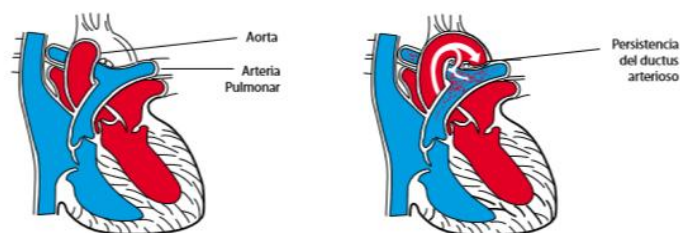
## 2. INTRODUCCIÓN

---

El *ductus* arterioso (a partir de ahora denominado *ductus*) es un conducto que comunica las arterias aorta y pulmonar de forma fisiológica durante la vida fetal, lo que permite que la sangre eyectada por el ventrículo derecho hacia la arteria pulmonar pase a la aorta, evitando la circulación pulmonar. Este *ductus* consiste en un vaso sanguíneo muscular que se origina en la bifurcación de la arteria pulmonar y termina en la cara ventral de la aorta descendente, justo por detrás de la arteria subclavia izquierda.

Como describen Kittleson y Kienle (2000), la mayor parte del flujo sanguíneo pasa de la arteria pulmonar a la aorta a través del *ductus* como consecuencia de la alta resistencia vascular pulmonar, de modo que sólo el 5% de la sangre eyectada a la arteria pulmonar alcanza los pulmones. Esto es debido, por un lado, a que durante la vida fetal la cantidad de sangre necesaria para mantener el metabolismo pulmonar y favorecer el crecimiento de este órgano es muy pequeña, y por otro lado, a que los vasos sanguíneos pulmonares están contraídos y presentan una resistencia vascular muy alta, lo que evita que un exceso de sangre vaya a unos pulmones todavía inmaduros y colapsados, que no soportarían la presión ejercida por esta sangre. En condiciones normales, después del nacimiento se produce el cierre del *ductus*. Sin embargo, en algunos casos se produce un fallo de dicho cierre, lo que conduce al desarrollo de la enfermedad conocida como *Ductus Arterioso Persistente* (DAP). El cierre del *ductus* está mediado por muchos factores, que dan lugar a la separación de los sistemas circulatorios sistémico y pulmonar, y su persistencia origina un cortocircuito significativo de sangre. Dado que la resistencia vascular sistémica es siempre más alta que la de la circulación pulmonar, el cortocircuito es continuo.

De acuerdo con Hutton *et al.* (2015), el DAP es la causa más frecuente de alteración cardíaca congénita en el perro, siendo más frecuente en hembras, y su aparición es muy rara en el gato.



**Figura Nº1.** Esquema de un corazón normal (imagen de la izquierda) y esquema de la comunicación del *ductus* arterioso persistente (DAP), con el conducto entre la arteria pulmonar y la aorta (imagen de la derecha) (Esteve y Aguilar, 2009).

---

### 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

---

La razón por la cual se escogió el DAP como tema del presente trabajo de fin de grado es la importancia que esta patología tiene en la clínica de pequeños animales, ya que se trata de la alteración cardíaca congénita más frecuente en la especie canina. Este hecho, unido al avance de las técnicas de diagnóstico y tratamiento, hacen del DAP una patología muy interesante tanto para profundizar en el estudio del sistema circulatorio como para familiarizarse con las nuevas posibilidades diagnósticas y terapéuticas.

El objetivo de este trabajo fue, por tanto, realizar una revisión bibliográfica sobre el DAP, tratando el origen e identificación de la enfermedad en la especie canina, así como las opciones terapéuticas disponibles hoy en día.

---

### 4. METODOLOGÍA

---

La realización de este trabajo ha consistido en:

- Búsqueda, consulta y estudio de bibliografía de referencia en cardiología, diagnóstico por imagen, medicina interna y cirugía de los autores más destacados así como búsqueda de publicaciones en bases de datos de plataformas virtuales como *PubMed* y *Alcorze*, revistas de difusión veterinaria y libros especializados. Todas las fuentes pueden encontrarse en el apartado “Bibliografía” al final del presente trabajo.
- Recopilación de imágenes ecográficas correspondientes a casos atendidos en el Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza. Éstas se realizaron con un ecógrafo Zonare con sonda phase darray C10-3MHz y ecógrafo Philips ATL HDI 5000 con sondas microcónvex C8-5MHz y phased array P4-2MHz.

---

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

### 5.1 ETIOLOGÍA

De acuerdo con Buchanan y Patterson (2003), el cierre fisiológico del *ductus* requiere de la coordinación de factores morfológicos, bioquímicos, moleculares y medioambientales. Muchos están influenciados por el momento de gestación, el consecuente estado de maduración del *ductus* y la preparación para la angiomalacia (reblandecimiento de la pared de los vasos).

Como describen Hamabe *et al.* (2015), en condiciones normales y tras el nacimiento, la expansión de los pulmones y el aumento de la presión de oxígeno en la vascularización sistémica, provocan el descenso de la resistencia vascular pulmonar, que pasa de ser varias veces superior a la resistencia vascular sistémica a ser un 20% de ésta. Esto permite que la sangre fluya desde la aorta hacia la arteria pulmonar a través del *ductus*. El cierre de éste es un evento fisiológico producido por el aumento de la presión de oxígeno tras el nacimiento, que favorece la contracción de su musculatura. Dicho cierre se produce durante los primeros minutos u horas de vida y, aproximadamente un mes después, sólo queda el ligamento arterioso elástico, que produce el cierre anatómico del *ductus*.

Como indican Coggins *et al.* (2002) y Yokohama *et al.* (2010), el cierre del *ductus* también está mediado por la disminución de la concentración de prostaglandinas E<sub>2</sub> circulante tras el nacimiento. Durante el desarrollo fetal, la concentración de prostaglandinas es alta, lo que contribuye a mantener el *ductus* relajado y abierto. Smith (1998) concluyó que el hecho de que las prostaglandinas se metabolicen en los pulmones y que el flujo de estos esté disminuido durante la vida fetal, contribuye a que la concentración de estas moléculas sea alta. Tras el nacimiento, se produce un aumento del catabolismo de esta molécula disminuyendo su concentración en sangre.

La mayor presencia del DAP en algunas razas caninas parece indicar que existen factores genéticos implicados en la patogénesis de la enfermedad (Buchanan y Patterson, 2003). Tal y como describió Buchanan (2001) en un estudio previo, las razas con mayor predisposición son el caniche enano y miniatura, el pastor alemán, el collie, el pomerania, el pastor de Shetland, el bichón maltés, el springer spaniel inglés, el keeshond y el Yorkshire terrier, además de sus cruces. La heredabilidad de esta patología no sigue un patrón

mendeliano simple sino que se trata de un carácter casi continuo, umbral o poligénico (Patterson *et al.*, 1971).

Buchanan y Patterson (2003) llevaron a cabo un estudio mediante histopatología sobre perros afectados de DAP hereditario en el que concluyeron que la existencia de anomalías en la pared del *ductus* explicaría el fallo de su cierre tras el nacimiento. Los DAP analizados por dichos autores resultaron ser más cortos de lo normal y presentaban hipoplasia y asimetría de la masa muscular. Además, ciertos segmentos de la pared que deberían ser musculares resultaron ser segmentos elásticos no contráctiles. El acortamiento del *ductus* y la incompleta cobertura muscular de su interior fueron considerados hallazgos suficientes para considerar que la hipoplasia muscular es la principal anomalía morfológica que desencadena la persistencia del *ductus*. En este estudio, los autores recomiendan controlar a los padres, hermanos y descendientes de los individuos afectados con el fin de identificar posibles nuevos casos, además de no utilizar como reproductores a los animales diagnosticados de DAP.

De acuerdo con la clasificación de Buchanan (2001), se pueden establecer seis grupos de DAP según la magnitud y la distribución de la hipoplasia muscular:

- Lesiones de grado 1 y 2: la cantidad de músculo no es suficiente como para cerrar el extremo aórtico del *ductus* pero sí para cerrar el extremo de la arteria pulmonar, produciéndose una dilatación aneurísmica de la aorta. Esta lesión se denomina aneurisma del conducto.
- Lesiones de grado 3, 4 y 5: producen un DAP de tamaño pequeño, mediano y grande, respectivamente. En estos grados no existe musculatura en el extremo aórtico pero sí a lo largo del *ductus*, aunque en una escasa cantidad. En el extremo perteneciente a la arteria pulmonar la cantidad de músculo es mayor y permite el cierre parcial del *ductus*. Esta distribución del músculo es responsable de que la comunicación izquierda-derecha (desde la aorta hacia la arteria pulmonar) tenga forma de embudo.
- Lesiones de grado 6: no existe contracción del *ductus*, por lo que éste mantiene el mismo tamaño que durante la vida fetal. Estas lesiones producen una importante comunicación izquierda-derecha que termina originando una comunicación derecha-izquierda (desde la arteria pulmonar hacia la aorta).

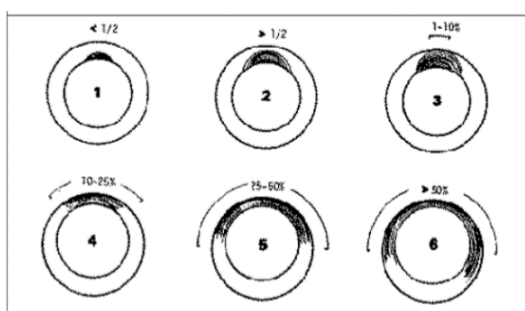


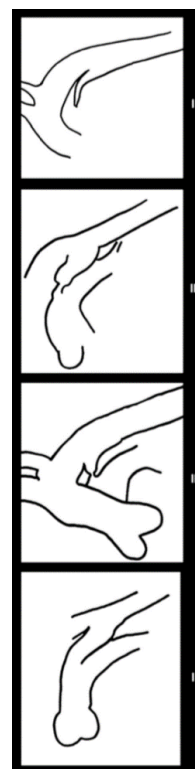
Figura Nº2. Distribución y magnitud de la capa muscular (áreas sombreadas) en los distintos tipos de lesión (Buchanan, 2001).



Por otro lado, según la clasificación establecida por Miller *et al.* (2006) sobre la morfología del DAP, se pueden distinguir cuatro variantes:

- Tipo I: el diámetro del DAP disminuye progresivamente desde la aorta hasta la arteria pulmonar sin haber una importante diferencia de diámetro entre ambos extremos.
- Tipo IIA: las paredes discurren de forma paralela hasta que el diámetro se reduce más de un 50% en el punto de inserción con la arteria pulmonar.
- Tipo IIB: el diámetro del DAP se reduce considerablemente desde la aorta hasta la arteria pulmonar. Posee una morfología cónica y el diámetro menor se encuentra en el punto de inserción con la arteria pulmonar.
- Tipo III: el diámetro del DAP se mantiene constante en toda su longitud originando una conformación de aspecto tubular.

Figura N°3. Representación gráfica de la clasificación morfológica del DAP (Miller *et al.*, 2006).



## 5.2 FISIOPATOLOGÍA

Como describen Kittleson y Kienle (2000), pueden darse dos tipos de flujos dependiendo del diámetro del DAP y de la resistencia pulmonar. El primer tipo ocurre inicialmente cuando el flujo es izquierda-derecha y se caracteriza por el paso de sangre a través del DAP desde la aorta hacia la arteria pulmonar, debido a que al principio las presiones de las cámaras cardíacas izquierdas son superiores a las de las cámaras derechas. El segundo tipo, derecha-izquierda o Síndrome de Eisenmenger, ocurre de forma menos frecuente cuando la resistencia pulmonar es alta o se eleva progresivamente como consecuencia del flujo, pudiendo llegar a igualar y superar la presión sistémica, lo que produce la inversión del flujo sanguíneo. Este tipo es mucho más grave y puede ser una evolución del anterior. Cuando el flujo se invierte, gran cantidad de sangre no oxigenada pasa de la arteria pulmonar a la aorta, lo que produce una disminución de la concentración de oxígeno arterial que se agrava con el ejercicio. Esto da lugar al descenso de la oxigenación renal con la consiguiente liberación de eritropoyetina, que ocasiona un aumento de la eritropoyesis y da lugar a policitemia y aumento del hematocrito. La policitemia es perjudicial cuando el hematocrito supera el 70-75% y la sangre se vuelve viscosa, lo que produce un aumento de la resistencia al flujo sanguíneo y una alteración del flujo sanguíneo sistémico y de la oxigenación de los tejidos. La

hipoxemia sistémica ocasiona una vasoconstricción sobre la circulación pulmonar y el aumento de la viscosidad incrementa aún más la resistencia al flujo, lo cual agrava la hipertensión pulmonar.

Continuando con la descripción de Kittleson y Kienle (2000), a través del DAP se pueden distinguir dos flujos durante el latido cardiaco: el flujo sistólico, que aparece cuando el ventrículo bombea sangre a la aorta y se registra una presión sistólica, y el flujo diastólico, que se produce porque la presión que se desarrolla en la aorta fuerza a la sangre a pasar desde el circuito sistémico de mayor presión al circuito pulmonar de menor presión. El DAP opone resistencia al paso del flujo, dado que se encuentra contraído en el extremo de la arteria pulmonar, lo que origina un gradiente de presión entre la aorta y la arteria pulmonar. Las consecuencias hemodinámicas dependen de la cantidad de flujo que atraviesa el DAP, que depende a su vez del calibre del orificio más pequeño y de las resistencias relativas de la circulación sistémica y pulmonar, pero no del gradiente de presión en el interior del DAP. Cuanto mayor sea el tamaño del DAP, menor será la resistencia al paso del flujo y mayor será el aumento absoluto de la volemia, pudiendo llegar a provocar una hipertrofia por sobrecarga de volumen e insuficiencia cardiaca congestiva (ICC).

### **5.3 DIAGNÓSTICO**

El abordaje del diagnóstico del DAP debe comenzar con la realización de una anamnesis completa. El motivo de la consulta suele ser que el cachorro presenta un retraso en el crecimiento, delgadez e intolerancia al ejercicio y, en ocasiones, los propietarios detectan la vibración del tórax (*frémito* o *thrill* precordial).

A continuación, se describirán los distintos tipos de diagnóstico: clínico, laboratorial, electrocardiográfico y por imagen (radiografía, ecografía, resonancia magnética y tomografía computerizada con multidetectores).

#### **5.3.1. DIAGNÓSTICO CLÍNICO:**

El diagnóstico clínico consiste en la evaluación de la historia clínica del paciente y la realización de una completa exploración física.

En el caso de la comunicación izquierda-derecha, los perros generalmente no tienen un historial de problemas clínicos y no es frecuente que presenten signos de edema o de ICC. Cuando la comunicación es de derecha-izquierda, los propietarios comentan que el animal muestra debilidad del tercio posterior durante el ejercicio y pueden observarse signos de

policitemia debidos a la hiperviscosidad de la sangre (enrojecimiento generalizado de las mucosas, crisis de ataxia, convulsiones, desorientación, convulsiones, letargo, temblores musculares, debilidad notable, etc.).

Por otro lado, en lo que respecta a la exploración física, de acuerdo con Buchanan (2001), en la comunicación izquierda-derecha el síntoma más característico es la existencia de un soplo cardiaco continuo también llamado “soplo en maquinaria” en la región axilar del tórax craneal izquierdo, a la altura del 3º o 4º espacio intercostal. Lo más frecuente es que el soplo persista durante toda la sístole y la diástole, notándose una vibración o frémito sobre el área en la que el soplo se ausculta mejor. También podría escucharse otro soplo producido por la regurgitación mitral en el ápex izquierdo si existe dilatación del anillo mitral y desplazamiento de los músculos papilares debido a una gran dilatación cardiaca. Este soplo sería audible durante la sístole pero, por lo general, el soplo del DAP es tan intenso que impide detectar cualquier otro. Generalmente, la presión del pulso de la arteria femoral es alta debido al aumento de la presión sistólica, la disminución de la presión diastólica o a ambos, y suele describirse como pulso hiperquinético o “saltón”. La presión sistólica está casi siempre aumentada como consecuencia del aumento del volumen bombeado por la aorta y la presión diastólica generalmente está disminuida debido a que durante la sístole la sangre sale rápidamente a través del DAP.

Por el contrario, como describen Esteve y Aguilar (2007), en la comunicación derecha-izquierda no se detectan soplos y aparece cianosis caudal diferencial debida al paso de la sangre no oxigenada hacia la circulación sistémica, ya que la ubicación del DAP es posterior al tronco braquiocefálico, por lo que la cabeza recibe sangre oxigenada y el tercio posterior sangre poco oxigenada. Como resultado, la mucosa oral tiene un color normal y las mucosas del prepucio, pene y vulva muestran cianosis, que se agrava tras el ejercicio. A diferencia de la comunicación izquierda-derecha, el pulso femoral suele ser normal.

En cuanto al diagnóstico diferencial, tras el examen físico pueden incluirse como patologías más frecuentes la estenosis pulmonar y la alteración del septo ventricular. Éstas presentan un soplo alterno que puede auscultarse como continuo cuando hay taquicardia.

### **5.3.2. DIAGNÓSTICO LABORATORIAL:**

Como indican García *et al.* (2009), los resultados del hemograma y del perfil bioquímico suelen ser normales en la comunicación izquierda-derecha, mientras que en la

comunicación derecha-izquierda se pueden observar signos de policitemia (hematocrito superior al 55-60%) debida a una marcada hipoperfusión renal.

### **5.3.3. DIAGNÓSTICO ELECTROCARDIOGRÁFICO:**

De acuerdo con Esteve (2009), en perros con comunicación izquierda-derecha el electrocardiograma puede mostrar cambios indicativos de dilatación de cámaras izquierdas. La alteración más frecuente es el aumento de la altura de la onda *R* en la derivación II, debido al incremento de tamaño del ventrículo izquierdo. Este aumento puede ser muy marcado, incluso de 5 a 6 mV, y se registra en el 50% de los casos en los que hay incremento de tamaño del ventrículo izquierdo. También pueden aparecer complejos *QRS* de mayor duración.

Por otro lado, como describen Kittleson y Kienle (2000), cuando la comunicación es derecha-izquierda, se pueden observar cambios indicativos de un aumento de tamaño del ventrículo derecho, como la desviación del eje derecho en las derivaciones de las extremidades. También se observa con frecuencia una onda *S* profunda que no se acompaña necesariamente de alteraciones en las derivaciones de las extremidades.

### **5.3.4. DIAGNÓSTICO POR IMAGEN:**

Las principales técnicas de diagnóstico por imagen que pueden ser empleadas son la radiografía y la ecografía. Cada una de ellas se ha ido desarrollando y combinando con otras técnicas para mejorar su utilidad y precisión en el diagnóstico del DAP. Además, la resonancia magnética y la tomografía computerizada con multidetectores, que se mencionarán de forma más resumida, también pueden ser de utilidad.

#### **5.3.4.1. RADIOGRAFÍA:**

En lo que respecta a la radiografía, las alteraciones radiológicas que se pueden encontrar dependerán del tamaño del DAP.

Kittleson y Kienle (2000) indican que en pacientes con comunicación izquierda-derecha, generalmente la silueta cardiaca está alargada en la proyección dorsoventral. El aumento de tamaño del ventrículo izquierdo alarga la silueta cardiaca caudalmente y la dilatación del arco aórtico la alarga cranealmente. En la proyección dorsoventral, se observa frecuentemente una protrusión aneurísmica en la aorta descendente en la región de origen del *ductus* (“aneurisma del conducto”). También puede observarse un aumento del tamaño de los

vasos pulmonares y un exceso de perfusión pulmonar. En los perros con ICC izquierda, se observa un aumento de tamaño de la vena pulmonar y edema pulmonar.

García *et al.* (2009) describen que en la comunicación derecha-izquierda se observa una protrusión de la aorta descendente en la proyección dorsoventral y, debido al aumento de la resistencia vascular pulmonar, se incrementa el tamaño del ventrículo derecho y se reduce la perfusión pulmonar a nivel periférico.

Dentro de la radiografía, Miller *et al.* (2009) destacan una técnica denominada angiografía y describen su aplicación en el diagnóstico del DAP. Ésta consiste en la introducción un medio radiopaco o de contraste en una arteria periférica (habitualmente la arteria femoral) para hacerla visible en la radiografía. La angiografía es el método tradicional para la adquisición de las medidas del DAP y su estudio morfológico.

#### 5.3.4.2. ECOGRAFÍA:

La ecografía tiene un papel fundamental en el diagnóstico del DAP y resulta imprescindible para valorar su localización y la funcionalidad cardiaca, así como para descartar otras patologías asociadas. Como indica Esteve (2009), los signos ecocardiográficos más frecuentes incluyen dilatación del ventrículo izquierdo (Figura N°4), aorta descendente y arteria pulmonar, además de una fracción de acortamiento disminuida.

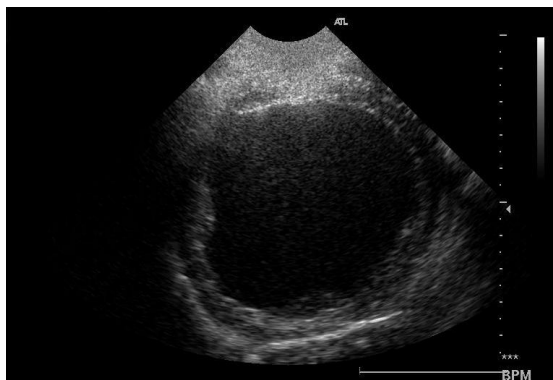
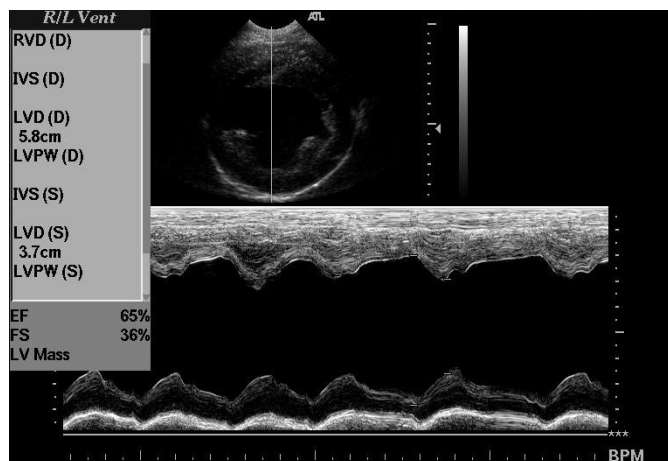


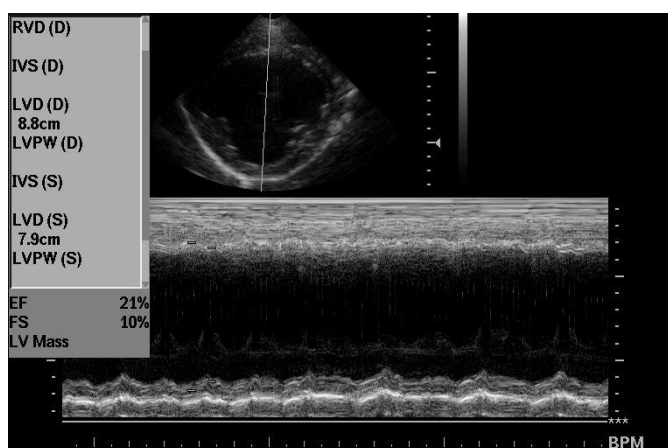
Figura N°4. Dilatación del ventrículo izquierdo.

La fracción de acortamiento (expresada en porcentaje) es una medida de la contractibilidad cardiaca y se define como la relación entre el diámetro del ventrículo izquierdo en diástole y en sístole. Se mide en el modo M a nivel de los músculos papilares y su rango normal en la especie canina es del 30-45% (Figura N°5). Un aumento del valor indica insuficiencia valvular o estrés, mientras que un valor disminuido indica hipocontractibilidad cardiaca, que puede observarse en casos de cardiomiopatía dilatada o miocarditis.



**Figura N°5.** Modo M a nivel del ventrículo izquierdo en el que se observa una fracción de acortamiento (FS) dentro de los parámetros normales.

De acuerdo con la descripción de Boon (2012), los cambios estructurales que pueden observarse en los ejes largos incluyen abombamiento de los septos interventricular y auricular hacia el lado derecho del corazón. Los ejes cortos normalmente muestran una aurícula izquierda grande y el ratio de la aurícula izquierda respecto a la raíz aórtica está aumentado. En los cortes paraesternales derecho e izquierdo se observa una arteria pulmonar grande que incluye a la válvula pulmonar y a las ramas de la arteria pulmonar principal derecha e izquierda. El DAP está orientado desde la aorta hacia la arteria pulmonar de forma que dirige el flujo hacia la válvula pulmonar. Con frecuencia se prolapsa una o más de las cúspides de la válvula pulmonar a medida que el flujo que atraviesa el DAP las golpea, sin embargo, aunque prolapsen de forma significativa pueden seguir siendo competentes. La dilatación de la arteria pulmonar puede impedir que las cúspides encajen correctamente, lo que provoca regurgitación. La función ventricular izquierda está deprimida en perros con DAP con fracciones de acortamiento inferiores al 25% (Figura N°6).



**Figura N°6.** Modo M a nivel del ventrículo izquierdo en el que se observa una fracción de acortamiento (FS) disminuida.

El Doppler color permite estudiar la cantidad y la velocidad del flujo de sangre que pasa a través de las arterias y venas, mediante el análisis de los distintos colores que ofrece. Esteve y Aguilar (2009) indican que el DAP puede detectarse utilizando el Doppler color sobre la arteria pulmonar, la cual manifiesta un flujo continuo y turbulento de *aliasing* que se origina cerca de la bifurcación y que choca contra la válvula pulmonar (Figura N°7).

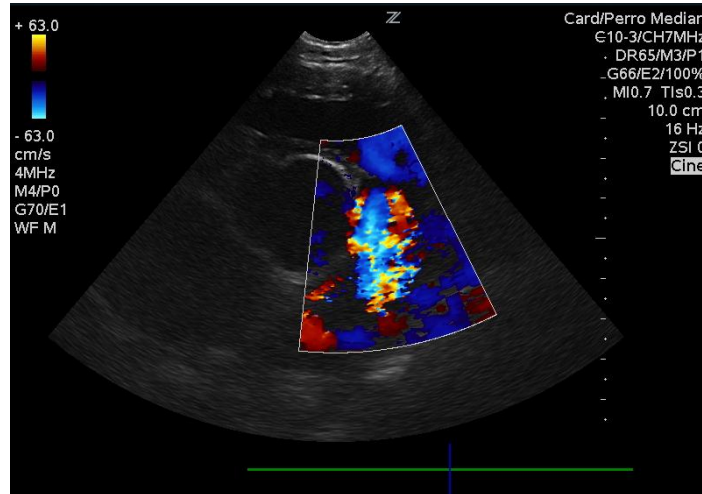


Figura N°7. Doppler color con flujo continuo y turbulento de *aliasing* típico del DAP.

Continuando con la descripción de Boon (2012), para realizar una correcta medición del DAP, una vez identificado mediante Doppler color, la imagen debe hacerse fija. A continuación, de ésta ha de eliminarse el color antes de medir el diámetro del *ductus*, ya que el color con frecuencia se dispersa hacia los alrededores y las mediciones estarían sobreestimadas. Deberían medirse el diámetro más estrecho del *ductus* a medida que entra en la arteria pulmonar y el lado de la ampolla anterior al estrechamiento. Con el modo Doppler espectral se puede medir el flujo sanguíneo a lo largo del tiempo de forma gráfica. En el DAP se detecta un patrón de flujo positivo continuo muy característico que no se encuentra en ningún otro defecto congénito y que puede verse en cualquiera de las proyecciones de la arteria pulmonar (Figura N°8).

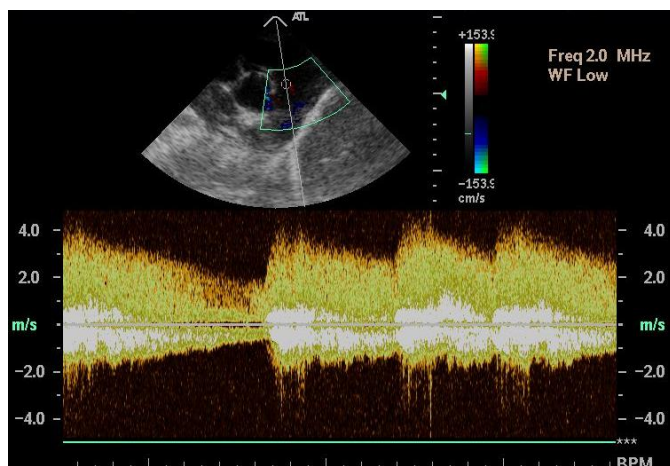
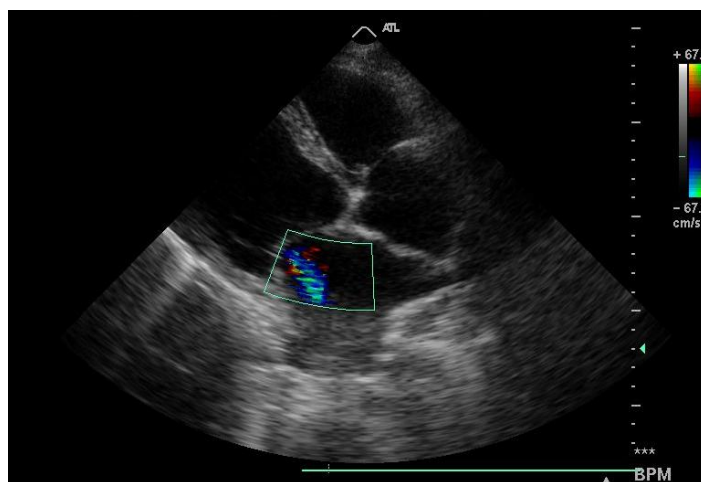


Figura N°8. Doppler espectral a nivel de la arteria pulmonar con flujo positivo continuo característico del DAP.

Para medir las velocidades de flujo de forma precisa y los gradientes de presión a través del DAP, el haz de ultrasonidos debe ser paralelo al flujo del mismo. Esto se consigue haciendo un eje corto en la base cardiaca. El flujo es superior durante la sístole ya que durante esta fase es mayor la diferencia entre el gradiente de presión de la aorta (mayor de 100 mm Hg) y la arteria pulmonar (alrededor de 20 mm Hg). En cambio, durante la diástole, la diferencia de presión entre la aorta (60-80 mm Hg) y la arteria pulmonar (10 mm Hg) es menor por lo que la velocidad del flujo también es menor. Como consecuencia, la imagen del Doppler espectral muestra un flujo continuo pero que aumenta y disminuye en su velocidad con la sístole y la diástole respectivamente. La insuficiencia mitral es un hallazgo habitual en estos pacientes y puede mantenerse tras el cierre quirúrgico del DAP (Figura N°9). Esto se debe a la turbulencia generada por un volumen y velocidad de flujo elevados a través de la válvula mitral que puede contribuir al desarrollo de cambios degenerativos en la misma.

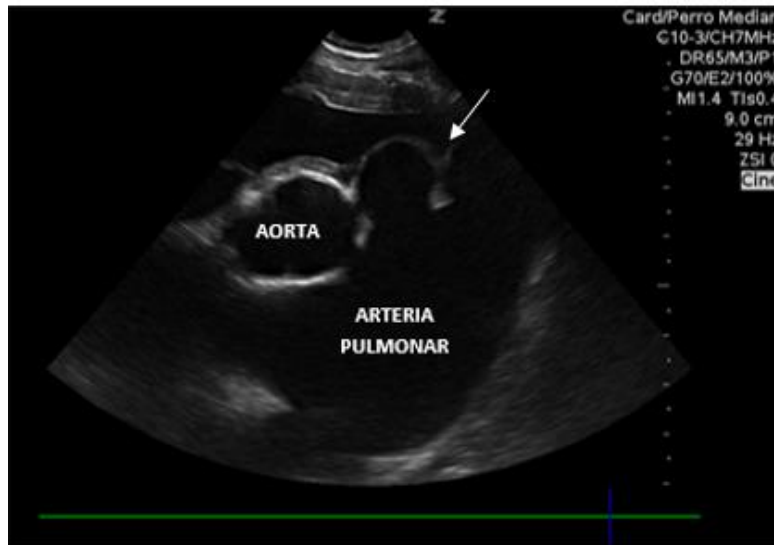


**Figura N°9.** Doppler color en un corte de cuatro cámaras en el que se observa insuficiencia mitral en color azul.

Por otro lado, siguiendo con la descripción de García *et al.* (2009) sobre la comunicación derecha-izquierda, se observa hipertrofia concéntrica del ventrículo derecho, dilatación de la arteria pulmonar (Figura N°10) y la aurícula derecha suele tener un tamaño normal, excepto si existe insuficiencia en la válvula tricúspide. Además, no aparece la forma de embudo característica de la comunicación izquierda-derecha. El Doppler color no ayuda a definir el flujo del DAP, ya que el gradiente de presión a través del defecto es mínimo y no crea turbulencia. Por otro lado, debido al aumento del hematocrito, la velocidad del flujo es menor por el aumento de la viscosidad. Estos autores indican que para diagnosticar el DAP de derecha-izquierda es necesario realizar una ecocardiografía de contraste. Para ello, se inyecta un suero agitado, que posee microburbujas, en una vena periférica que lleve sangre no oxigenada a la aurícula derecha, y de ahí al ventrículo derecho y a la arteria pulmonar. Si existe



comunicación derecha-izquierda entre la arteria pulmonar y la aorta, se observa que las burbujas llegan a la aorta abdominal sin haber atravesado las cámaras izquierdas.

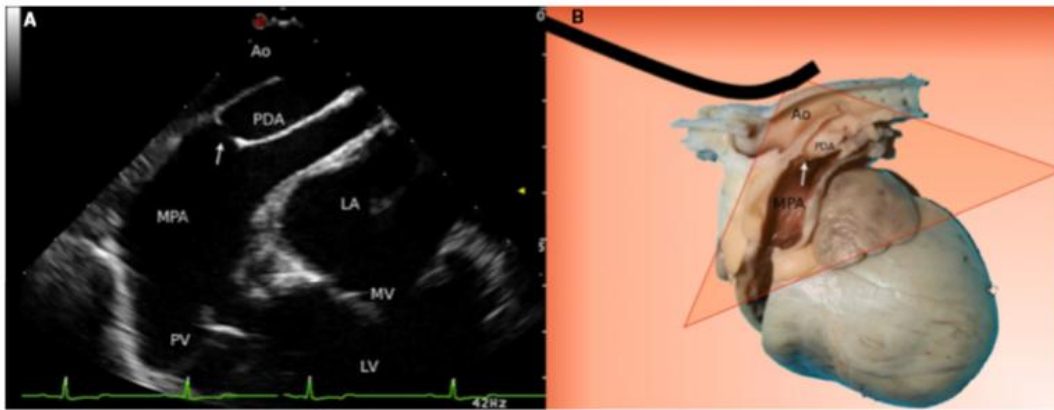


**Figura N°10.** Dilatación del tronco pulmonar con las cúspides de la válvula pulmonar prolapsadas (flecha).

Como indican Saunders *et al.* (2007) y Porciello *et al.* (2014), la ecocardiografía transesofágica (TEE, del inglés *transesophagic echocardiography*) es una técnica de gran utilidad en la actualidad que presenta numerosas ventajas frente a la ecografía transtorácica (TTE, del inglés *transthoracic echocardiography*). Mediante esta técnica es posible identificar la morfología tubular del *ductus* ofreciendo una mejor calidad de imagen que con la TTE.

Mediante TEE, TTE y angiografía es posible medir e identificar el tipo de DAP y diferenciarlo de otras patologías congénitas. En un estudio realizado por Domenech *et al.* (2009) se observó que las medidas del *ductus* obtenidas mediante TEE son más fiables que las medidas obtenidas mediante TTE, cuando se comparan con las medidas angiocardiográficas. Además, la TEE permite visualizar toda la estructura del DAP desde la aorta hasta su vertiente pulmonar, dando información morfológica que puede ser complementaria a la angiografía.

En la figura N°11 se puede observar una ecografía transesofágica de un paciente con DAP (imagen de la izquierda: A). En la imagen de la derecha de la misma figura (B), se puede ver una representación anatómica de esta proyección.



**Figura Nº 11.** Ecografía transefágica de un paciente con DAP (A) y representación anatómica de esta proyección (B). PDA: DAP (*ductus arterioso persistente*); Ao: aorta descendente; MPA: arteria pulmonar principal; PV: válvula pulmonar; LA: atrio izquierdo; MV: válvula mitral; LV: ventrículo izquierdo (*Porciello et al., 2014*).

#### 5.3.4.3. RESONANCIA MAGNÉTICA:

La resonancia magnética (RM) es otra técnica disponible que ha ido ganando importancia como herramienta de diagnóstico no invasiva. Las principales ventajas de la RM respecto a la ecocardiografía descritas por Pujadas *et al.* (2009) son el amplio campo de visión y la excelente resolución espacial de las imágenes que ofrece, que contribuye a proporcionar información anatómica muy detallada, incluso en pacientes que se encuentran en postoperatorio, en los que el acceso y el estudio ecocardiográficos pueden estar limitados. Por otra parte, las técnicas de angio-RM con contraste permiten obtener excelentes imágenes tridimensionales de las estructuras vasculares extracardiacas que permiten, en muchos casos, evitar el cateterismo.

Pese a ello, García-Rodríguez (2009) indica que esta técnica presenta algunos inconvenientes cuando se aplica a la medicina veterinaria, como son el elevado tiempo de examinación que requiere, los artefactos que se producen por los movimientos respiratorios y cardiacos del animal, la necesidad de anestesia y el coste del procedimiento.

#### 5.3.4.4. TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA CON MULTIDETECTORES:

La tomografía computerizada con multidetectores (TCMD) fue descrita por Henjes *et al.* (2011) como una técnica que permite la valoración integral en tres dimensiones del DAP de forma no invasiva, una mayor rapidez de obtención de imagen, una mayor resolución espacial y una aceptable resolución temporal. Como inconvenientes, este autor indica que la carga de radiación debe ser tenida en cuenta, sobre todo si se realizan múltiples exámenes. Por ello, la técnica de elección entre la RM y la TCMD sería la RM.

## 5.4 TRATAMIENTO

A continuación se expondrán los distintos tratamientos del DAP disponibles en la actualidad, diferenciando entre el tratamiento quirúrgico (incluye ligadura quirúrgica y técnicas de mínima invasión) y el tratamiento médico.

### 5.4.1. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO:

Como indican Manubens *et al.* (2010), el tratamiento de elección para los pacientes con comunicación izquierda-derecha es el cierre del DAP, que puede realizarse mediante ligadura quirúrgica o mediante técnicas mínimamente invasivas. Hasta hace pocos años, la técnica quirúrgica más comúnmente utilizada era la toracotomía con ligadura del DAP arterioso. Sin embargo, actualmente las técnicas de cierre del DAP mediante cateterismo (técnica mínimamente invasiva) se han posicionado como las de primera elección, ya que evitan tener que realizar una toracotomía y el periodo postoperatorio es considerablemente más reducido.

#### 5.4.1.1. LIGADURA QUIRÚRGICA:

De acuerdo con la descripción de Esteve y Aguilar (2009), la ligadura quirúrgica del DAP se realiza mediante una toracotomía en el 4º espacio intercostal izquierdo. El *ductus* se examina y se palpa de forma previa a la disección con el objetivo de detectar la existencia de frémito en el *ductus* y en el tronco pulmonar (Figura Nº12). Tras una disección muy cuidadosa, se colocan dos ligaduras alrededor del *ductus* que se anudan fuertemente, primero se hace un nudo en la cara aórtica y después en la cara pulmonar (Figura Nº13). Tras el cierre de la toracotomía se realiza un drenaje del neumotórax o se deja un drenaje temporal.



Figura Nº12. Localización e identificación del DAP  
(Imagen cedida por Carolina Serrano)

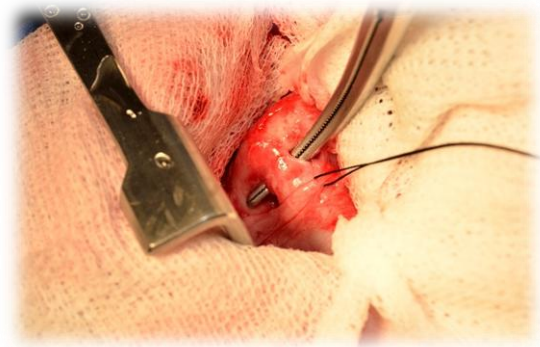


Figura Nº13. Ligadura quirúrgica del DAP  
(Imagen cedida por Carolina Serrano)

Bökenhans (2009) recomienda realizar la cirugía lo más precozmente posible, entre los dos y los cuatro meses, ya que se ha comprobado que la presentación de complicaciones y la mortalidad incrementan con la edad. La cirugía es habitualmente curativa y siempre está indicada en casos de comunicación izquierda-derecha, no así cuando la comunicación es derecha-izquierda. Se estima que un 64% de los animales que no son sometidos a cirugía mueren alrededor de un año después de haber diagnosticado el DAP, dependiendo del grado de insuficiencia cardiaca desarrollada (Bökenhans, 2009).

De acuerdo con Kittleson y Kienle (2000), existen pocas complicaciones postoperatorias y la mayoría de las intervenciones se realizan en animales jóvenes, que se recuperan rápidamente. Pese a ello, hay que tener en cuenta que esta técnica requiere la realización de una toracotomía, una mayor analgesia y un mayor periodo de hospitalización tras la intervención frente a las técnicas de mínima invasión. Las complicaciones más frecuentes son el desarrollo de hemorragias, la rotura del DAP y la parálisis laríngea. Tras la intervención, entre el 2% y el 3% de los perros continúa presentando una comunicación residual de magnitud suficiente como para producir un soplo cardiaco. En estos casos, es necesario realizar una ecocardiografía para determinar si la comunicación residual es significativa hemodinámicamente. En la mayoría de los casos no lo es pero, en caso de serlo, puede ser necesario realizar una segunda intervención para ligar de nuevo el DAP. En la comunicación derecha-izquierda, la ligadura del DAP está contraindicada, ya que da lugar a un aumento de la ya instaurada hipertensión pulmonar que provocaría la muerte del animal. En esta situación, el gasto sanguíneo del corazón derecho es mayor que el del corazón izquierdo y la mayor parte del flujo pasa por el DAP. Si se realizara la ligadura de este DAP, el corazón derecho continuaría bombeando un flujo superior al normal y produciría un aumento aún mayor de la hipertensión pulmonar. Más adelante se indicará que la terapia de elección en estos casos consiste en el tratamiento médico.

#### **5.4.1.2. TÉCNICAS DE MÍNIMA INVASIÓN:**

Como indican Manubens *et al.* (2014), en las comunicaciones izquierda-derecha el cierre mediante cirugía endovascular intervencionista es una alternativa a la ligadura quirúrgica convencional, y puede llevarse a cabo mediante cateterismo endovascular y colocación de un dispositivo dentro del DAP. La oclusión transcatéter consiste en colocar en el DAP un instrumento que favorezca la formación de trombos o que ocluya por sí mismo el conducto para interrumpir completamente el flujo sanguíneo. La inserción de estos

instrumentos requiere de anestesia general, cateterización cardiaca y experiencia por parte del cirujano, además de un mayor coste económico que la ligadura convencional del DAP.

En un estudio anterior realizado por Manubens *et al.* (2008), se describe que los primeros instrumentos utilizados en estas técnicas de cirugía mínimamente invasiva fueron los *coils*, dispositivos en forma de espiral diseñados con fibras trombogénicas. Tras medir el tamaño del DAP y seleccionar el tamaño del *coil* más adecuado, se procede a la colocación del dispositivo con la ayuda de fluoroscopia. Una de las principales complicaciones de estos dispositivos consiste en la migración y embolización de los *coils*, sobre todo en DAPs de gran tamaño, hacia las arterias pulmonares (Manubens *et al.*, 2008).

Desde el año 2007 se comercializa un nuevo dispositivo de oclusión específicamente diseñado para su utilización en perros. El *Amplatz Canine Duct Occluder* (ACDO) permite cerrar un amplio rango de DAPs de distintos tamaños y morfologías con un mínimo riesgo de migración y flujo residual. El ACDO es un dispositivo autoexpandible compuesto por un entramado de varias capas de nitinol con forma de doble disco y una corta cintura de 1-1,5 mm que separa la parte distal del disco (de morfología lisa) de la parte proximal (en forma de cáliz). Contiene unas estructuras de poliéster para estimular la trombogénesis dentro del dispositivo.



Figura Nº14. Dispositivo Amplatz Canine Duct Occluder (ACDO) (Manubens *et al.*, 2008).

Como describen Smith *et al.* (2007) y Achen *et al.* (2008), el tamaño del dispositivo se elige en función del diámetro máximo de la ampolla del DAP, de modo que el tamaño debe ser un 30- 50% mayor que el diámetro máximo medido en el conducto para que éste pueda ser ocluido. Tiene la ventaja de que puede modificarse su posición una vez liberado el dispositivo en el DAP, ya que puede recapturarse por la vaina introductora y volverse a liberar. En general, para esta técnica es necesario que el paciente tenga un peso superior a 2,5 kg para permitir el acceso vascular y la cateterización. Pese a esta limitación de peso mínimo, un estudio reciente realizado por Stauthammer *et al.* (2015) muestra el éxito del uso de dispositivos ACDO más pequeños que permiten ocluir el DAP satisfactoriamente en pacientes de menos de 2,5 kg. Existen una serie de contraindicaciones a la utilización del ACDO, como la presencia de trombos en el lugar de implante o la evidencia de trombosis arterial en los vasos que se tienen que cateterizar, los procesos infecciosos activos, los pacientes con vasos demasiado pequeños para colocar el catéter introductor (inferior a 2,5 kg) o cuando la anatomía del DAP hace que el

dispositivo ACDO pueda interferir en el flujo aórtico (ventanas aórtico-pulmonares, DAPs arteriales muy cortos, etc).

Como describen Saunders *et al.* (2010), la angiografía combinada con la fluoroscopia es una técnica estándar utilizada para la colocación de este dispositivo. Frente a la TEE (descrita en el apartado 4.b.), esta técnica presenta ciertas desventajas, entre las que cabe destacar que la fluoroscopia no está disponible en todos los países y que existe riesgo de sobreexposición del veterinario a la radiación. La combinación de la TEE con la angiografía y la fluoroscopia ha demostrado que se puede reducir el tiempo de utilización de la fluoroscopia requerido para la colocación del ACDO, pero sigue siendo complementaria a la TEE. Por ello, la TEE ha demostrado ser una técnica eficaz para monitorizar cada paso de esta intervención sin necesidad de utilizar la fluoroscopia, evitando así la exposición a la radiación, además de ser una mejor opción que la TTE. Existen también algunos inconvenientes en la utilización de la TEE, como la necesidad de personal especializado, el coste del procedimiento y el posible desplazamiento físico de la aorta y el DAP al introducir la sonda ecográfica por el esófago.

#### **5.4.2. TRATAMIENTO MÉDICO:**

Como indican Kittleson y Kienle (2000), el objetivo del tratamiento médico cuando la comunicación es izquierda-derecha es tratar la insuficiencia cardíaca. Cuando el animal ya presenta edema pulmonar es necesario tratarlo previamente con furosemida durante las 24-48 horas previas a la anestesia para ligadura o procedimiento de mínima invasión por su efecto diurético. Se debe tener en cuenta que los diuréticos deshidratan los tejidos y hacen más frágiles las estructuras vasculares, aumentando el riesgo de rotura del DAP durante la ligadura. En perros de mayor edad, con un DAP de tamaño moderado a grande, que presentan insuficiencia cardíaca a causa del DAP y de la insuficiencia miocárdica, es necesario administrar furosemida, un IECA (inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina) y digoxina.

García *et al.* (2009) indican que, a diferencia de lo que ocurre en medicina humana, en medicina veterinaria los antiinflamatorios no esteroideos no consiguen cerrar el DAP ya que éste carece de suficiente musculatura lisa para ello.

Según las descripciones de Kittleson y Kienle (2000) y Moore y Stepien (2001), cuando existe comunicación derecha-izquierda, la terapia consiste en el control de la policitemia mediante flebotomías periódicas o bien en la administración de hidroxiurea a una dosis de 30 mg/kg/día durante 7-20 días y posteriormente a mitad de dosis cada 24 horas con el fin de reducir el hematocrito por debajo del 65%. La hidroxiurea es un fármaco mielodepresor que

produce la inhibición transitoria de la médula ósea. Se deben realizar hemogramas cada 7-14 días y el tratamiento debe suprimirse si aparece leucopenia, trombocitopenia o anemia. Los efectos secundarios de la hidroxiurea en el perro incluyen anorexia, vómitos, hipoplasia de la médula ósea y desprendimiento de las uñas.

Tal y como indican Silva *et al.* (2014), el uso de sildenafil como tratamiento para la hipertensión pulmonar, que se desarrolla en pacientes con DAP derecha-izquierda, ha sido demostrado en los últimos años como un método eficaz para disminuir los signos clínicos, sobre todo por su acción sobre la circulación pulmonar. Este fármaco actúa inhibiendo selectivamente los receptores de la fosfodiesterasa tipo 5 (PDE5), que es muy abundante en los pulmones y produce vasodilatación pulmonar mediada por óxido nítrico. Bach *et al.* (2006) puntualizan que si esta vasodilatación no es eficazmente controlada, puede conducir a una hipotensión sistémica, por lo que se debe monitorizar al paciente hasta su estabilización.

Brown *et al.* (2010) afirman que los pacientes tratados con sildenafil tienen una mejor calidad de vida, mayor supervivencia y mayor tolerancia al ejercicio. Además indican que esta mejoría se ve potenciada con la combinación de sildenafil con pimobendan.

---

## 6. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

---

La combinación de distintas técnicas como la radiografía, la ecografía, la angiografía y la fluoroscopia empleadas en el diagnóstico y control del tratamiento del DAP han supuesto un gran avance en el control de esta enfermedad en la especie canina en los últimos años, ya que permiten realizar un diagnóstico temprano a un bajo coste económico con la finalidad de instaurar un tratamiento adecuado de forma temprana lo que supone una mejora de la calidad y la esperanza de vida del paciente. Existen otras técnicas diagnósticas, como la RM o la TCMD que, a pesar de ser muy precisas, su elevado coste limita su utilización.

Las nuevas técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas desarrolladas para el tratamiento del DAP son ventajosas frente a la ligadura quirúrgica convencional ya que reducen considerablemente el riesgo para el paciente. No obstante se encuentran limitadas por el mayor coste económico de la intervención y la necesidad de personal especializado.

En los perros afectados de DAP, con comunicación derecha-izquierda, en la que el tratamiento quirúrgico está contraindicado, el pronóstico mejora considerablemente mediante el tratamiento de la hipertensión pulmonar secundaria con sildenafil, fármaco que permite una mejoría de la calidad de vida y la supervivencia de estos pacientes.

The combination of different diagnostic techniques such as radiography, ultrasound, angiography and fluoroscopy, used in the diagnosis and treatment control of PDA, has been a breakthrough in the control of this disease in dogs in the recent years. It is due to these techniques allow an early diagnosis with low cost in order to establish an early appropriate treatment, which involves an improvement of the quality and life expectancy of the patient. There are other diagnostic techniques such as MRI or MDCT that, despite being very precise, their high cost limits their use.

The new minimally invasive surgical techniques developed for the treatment of PDA are advantageous over conventional surgical techniques because they significantly reduce the risk for the patient. However they are limited by the higher cost of the intervention and the need for specialized personnel.

In dogs affected with PDA with right-to-left communication, in which surgical treatment is contraindicated, the prognosis considerably improves with the treatment of secondary pulmonary hypertension with sildenafil, a drug that allows an improvement of the quality life and survival on these patients.



---

## 7. VALORACIÓN PERSONAL

---

La realización de este trabajo ha supuesto un reto para mí ya que nunca me había enfrentado de forma individual a la elaboración de un trabajo de estas características. Además, la libertad para elegir cualquier tema supone un esfuerzo a la hora de buscar e investigar sobre temas que sean de actualidad, estén poco descritos o que simplemente sean más de tu agrado y te interese estudiar más en profundidad. Mi elección del DAP como trabajo de fin de grado vino a consecuencia de las prácticas que he ido realizando durante este curso en la consulta de ecografía, ya que es una técnica que me interesa mucho y de la que quiero aprender todo lo posible. Durante este periodo, me he dado cuenta de que la ecografía tiene un papel fundamental más allá del diagnóstico ya que, en patologías como el DAP, es clave también para el tratamiento y control posterior de la enfermedad.

Por otro lado, he aprendido a buscar bibliografía de referencia de fuentes contrastadas, compararlas, aplicarlas a mi estudio y condensarlas de forma que toda la información quede ajustada a un esquema de forma clara y ordenada. Además, me he acostumbrado a consultar la información en inglés, ya que resulta imprescindible para acceder a la mayoría de fuentes y se trata de una herramienta fundamental en el ámbito laboral.

---

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

- Achen, S. E., Miller, M. W., Gordon, S. G., Saunders, A. B., Roland, R. M. y Drourr, L. T. (2008) "Transarterial Ductal Occlusion with the Amplatzer Vascular Plug in 31 Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 22 (6), pp. 1348-1352.
- Bach, J. F., Rozanski, E. A., MacGregor, J., Betkowski, J. M. y Rush, J. E. (2006) "Retrospective Evaluation of Sildenafil Citrate as a Therapy for Pulmonary Hypertension in Dogs", *Journal of Internal Veterinary Medicine*, 20, pp. 1132-1135.
- Bökenhans, R. (2009) "Enfermedades del corazón en perros - Persistencia del conducto arterioso", *Foyel*, (5), pp. 465. Disponible en: [http://www.foyel.com/paginas/2009/05/465/persistencia\\_del\\_conducto\\_arterioso\\_en\\_perros](http://www.foyel.com/paginas/2009/05/465/persistencia_del_conducto_arterioso_en_perros)
- Boon, J. A. (2012) *Ecocardiografía veterinaria*. 2ª ed. Multimédica Ediciones Veterinaria, pp. 323-327.
- Brown, A. J., Davison, E. y Sleeper, M. M. (2010) "Clinical Efficacy of Sildenafil in Treatment of Pulmonary Arterial Hipertension in Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24, pp. 850-854.
- Buchanan, J. W. (2001) "Patent *Ductus Arteriosus*, Morphology, Pathogenesis, Types and Treatment", *Journal of Veterinary Cardiology*, 3, pp. 7-16.
- Buchanan, J. W. y Patterson, D. F. (2003) "Etiology of Patent *Ductus Arteriosus* in Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17, pp. 167-171.
- Coggins, K. G., Latour, A., Nguyen, M. S., Audoly, L., Coffman, T. M. y Koller, B. H. (2002) "Metabolism of PGE<sub>2</sub> by prostaglandin dehydrogenase is essential for remodeling the *ductus arteriosus*", *Nature Medicine*, 8, pp. 91-92.
- Domenech, O., Bussadori, C., Sancho, J. y Fernández-del Palacio, M. J. (2009) "Utilidad de la ecocardiografía transesofágica para el estudio de la morfología del conducto arterioso persistente en perros y su comparación con la angiocardiografía", *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 29, pp. 110-114.
- Esteve, P. P. y Aguilar, B. (2009) "Conducto Arterioso Persistente: Diagnóstico y novedades en el tratamiento", *Revista Centro Veterinario*, 35, pp. 4-11.

- García, L., Manubens, J., Gaztañaga, R. y Morais, R. (2009) "Conducto arterioso persistente: Diagnóstico y tratamiento" *Vetpraxis*. Disponible en: <http://www.vetpraxis.net/2009/05/21/conducto-arterioso-persistente-diagnostico-y-tratamiento/>
- García-Rodríguez, M. B., Ríos Granja, M. A., Pérez García, C. C., Gonzalo Orden, J. M., Cano Rábano, M. J. y Díez Prieto, I. (2009) "Complex cardiac congenital defects in an adult dog: An ultrasonographic and magnetic resonance imaging study", *Canadian Veterinary Journal*, 50, pp. 933-936.
- Hamabe, L., Kim, S., Yoshiyuki, R., Fukayama, T., Nakata, T. M., Fukushima, R. y Tanaka, R. (2015) "Echocardiographic Evaluation of Myocardial Changes Observed After Closure Of Patent *Ductus Arteriosus* in Dogs" *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29, pp. 126-131.
- Henjes, C. R., Nolte, I. y Wefstaedt, P. (2011) "Multidetector-row computed tomography of thoracic aortic anomalies in dogs and cats: Patent *ductus arteriosus* and vascular rings", *BMC Veterinary Research*, 7, pp. 57.
- Hutton, J. E., Steffey, M. A., Runge, J. J., McClaran, J. K., Silverman, S. J. y Klass, P. H. (2015) "Surgical and nonsurgical management of patent *ductus arteriosus* in cats: 28 cases (1991-2012)", *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 3, pp.278-285.
- Kittleson, M. D. y Kienle, R. D. (2000) *Medicina cardiovascular de pequeños animales*. 2ª ed. Multimédica Ediciones Veterinaria, pp. 218-230.
- Manubens, J., García Guasch, L., Morais Paiva, R. y Castro Sousa, P. (2008) "Técnica de cierre del conducto arterioso persistente. Colocación del dispositivo Amplatz canine duct occluder", *Revista Consulta*, 153, pp. 43-52.
- Manubens, J., García, L., Paiva, R., Gaztañaga, R. y Sousa, R. (2010) "Conducto arterioso persistente", *Argos Portal Veterinaria*. Disponible en: <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/675/ARTICULOS-ARCHIVO/Conducto-arterioso-persistente.html>
- Manubens, J. y García Guasch, L. (2014) "Diagnóstico y tratamiento del conducto arterioso persistente", *Argos Portal Veterinaria*. Disponible en: <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/9359/articulos-archivo/diagnostico-y-tratamiento-del-conducto-arterioso-persistente.html>

- Miller, M.W., Gordon, S. G., Saunders, A. B., Arsenault, W. G., Meurs, K. M., Lehmkuhl, L. B., Bonagura, J. D. y Fox, P. R. (2006) "Angiographic classification of patent *ductus* arteriosus morphology in the dog", *Journal of Veterinary Cardiology*, 8, pp. 109-114.
- Moore, K. W. y Stepien, L. (2001) "Hydroxyurea for Treatment of Polycythemia Secondary to Right-to-Left Shunting Patent *Ductus* Arteriosus in 4 Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 15, pp. 418-421.
- Patterson, D.F., Pyle, R. L., Buchanan, J. W., Trautvetter, E., Abt, D. A.(1971) "Hereditary Patent *Ductus* Arteriosus and Its Sequelae in the Dog", *Circulation Research*, 29, pp. 1-13.
- Porciello, F., Caivano, D., Giorgi, M. E., Knafelz, P., Rishniw, M., Moise, N. S., Bufalari, A., Fruganti, A. y Biretoni, F. (2014) "Transesophageal Echocardiography as the Sole Guidance for Occlusion of Patent *Ductus* Arteriosus using a Canine Ductal Occluder in Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 28, pp. 1504-1512.
- Pujadas, S. y Hidalgo, A. (2009) "Cardiopatías congénitas por resonancia magnética y tomografía computarizada con multidetector", *Revista Española de Cardiología*, 9, pp. 57-66.
- Saunders, A. B., Miller, M. W., Gordon, S. G. y Bahr, A. (2007) "Echocardiographic and Angiographic Comparison of Ductal Dimensions in Dogs with Patent *Ductus* Arteriosus", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21, pp. 68-75.
- Saunders, A. B., Achen, S. E., Gordon, S. G. y Miller, M. W. (2010) "Utility of Transesophageal Echocardiography for Transcatheter Occlusion of Patent *Ductus* Arteriosus in Dogs: Influence on the Decision-Making Process", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24, pp. 1407-1413.
- Silva, A. C., Oberlender, G., Mantovani, M. M., Muzzi, R. A. L., Pereira, L. J. y Zangeronimo, M. G. "Efficacy of sildenafil therapy for pulmonary hypertension in dogs: a systematic review", *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46, pp. 277-287.
- Smith, G. C. (1998) "The Pharmacology of the *Ductus* Arteriosus", *Pharmacological Reviews*, 50, pp. 35-58.
- Smith, P J. y Martin, M. W. S. (2007) "Transcatheter embolization of patent *ductus* arteriosus using an Amplatzer vascular plug in six dogs", *Journal of Small Animal Practice*, 48, pp. 80-86.

Stauthammer, C. D., Olson, J., Leeder, D., Hohnadel, K., Hanson, M. y Tobias, A. H. (2015) "Patent *ductus arteriosus* occlusion in small dogs utilizing a low profile Amplatz canine duct occluder prototype", *Journal of Veterinary Cardiology*, 17, pp. 203-209.

Yokoyama, U., Minamisawa, S. y Ishikawa, Y. (2010) "Regulation of vascular tone and remodeling of the *ductus arteriosus*", *Journal of Smooth Muscle Research*, 46, pp.77-87.