

## Modificación de la técnica no invasiva de Palomo para la estimación de la presión diastólica final del ventrículo izquierdo en perros sanos

### Modification of the non-invasive Palomo technique for the estimation of the estimation of the end diastolic pressure of the left ventricle in healthy dogs

BUZZANO, OO<sup>1</sup>; PIDAL, G<sup>2</sup>; LIGHTOWLER, CH<sup>3</sup>; PRADOS, AP<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Unidad de Cardiología. <sup>2</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra Medicina IV. <sup>3</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias. <sup>4</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Farmacología y Bases de la Terapéutica.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue estimar en forma no invasiva la presión diastólica final del ventrículo izquierdo (PDFVI) en perros sanos, utilizando la modificación de la técnica original y de la fórmula desarrollada por Palomo y colaboradores. Los valores obtenidos se compararon con los logrados utilizando la técnica Doppler para calcular el índice entre las ondas E transmitral y E' tisular. La fórmula modificada y utilizada fue:  $PDFVI = 21,6 * (q-C / Tf-E) + 1,1$ . Se estudiaron doscientos treinta perros sanos (108 hembras y 122 machos); el peso promedio fue de 14,5 kg y la edad promedio de 8 años. Siguiendo las recomendaciones validadas por la Sociedad Americana de Ecocardiografía se realizó un ecotomograma en eje corto en la ventana paraesternal derecha a nivel de la válvula mitral en el formato modo-M guiado registrándose simultáneamente un registro electrocardiográfico. Con el objeto de realizar la comparación con el método investigado, se realizó un estudio Doppler pulsado del flujo transmitral y un Doppler tisular. El procedimiento propuesto resultó sencillo, útil, confiable, y reproducible en la clínica diaria. Se realizaron pruebas de similitud entre ambos métodos, se elaboró un modelo de regresión lineal entre el nuevo método propuesto (fórmula modificada de Palomo) y el método de referencia (Em/Et). Además, se aplicaron las técnicas de correspondencia (TSI), el coeficiente de correlación de Pearson, la prueba t, la prueba r y el estudio de los intervalos de confianza, no encontrándose diferencias estadísticas significativas. Los resultados expresados como media aritmética  $\pm$  error estándar fueron: para la relación Em/Et de  $9,43 \pm 0,037$  con un coeficiente de variación (CV) de 5,88 % e intervalo de confianza de (IC) 95 % Li 9,36 y Ls 9,51. Para la fórmula modificada propuesta de  $10,027 \pm 0,34$  con CV 4,83 % e IC 95 % Li 9,97 y Ls 10,10.

**Palabras clave:** (presión diastólica final), (ventrículo izquierdo), (perros sanos).

## ABSTRACT

The objective of this study was to noninvasively estimate the left ventricular end diastolic pressure (LVEDP) in healthy dogs, using a modification of the original technique and formula developed by Palomo *et al.* The values obtained were compared with those obtained using the Doppler technique to calculate the index between E transmitral and tissue E' waves. The modified and used formula was: **PDFVI = 21.6 \* (q-C / Tf-E) + 1.1**. Two hundred and thirty healthy dogs (108 females and 122 males) were studied; the average weight was 14.5 kg, and the average age was 8 years. Following the recommendations validated by the American Society of Echocardiography, a short-axis echotomogram was performed in the right parasternal window at the level of the mitral valve in the guided M-mode format, and simultaneously recording an electrocardiogram. To make the comparison with the investigated method, a pulsed Doppler study of transmitral flow and tissue Doppler imaging was carried out. The proposed procedure was simple, useful, reliable, and reproducible in the daily clinic. Similarity tests were performed between both methods, a linear regression model was developed between the new proposed method (Palomo's modified formula) and the reference method (Em/Et). In addition, the correspondence techniques (TSI), Pearson's correlation coefficient, the t test, the r test, and the study of the confidence intervals were applied, not finding significant statistical differences. The results expressed as arithmetic mean  $\pm$  standard error were for the Em/Et ratio of  $9.43 \pm 0.037$  with a coefficient of variation (CV) of 5.88 % and confidence interval of (CI) 95 % Li 9.36 and Ls 9.51. For the proposed modified formula of  $10.027 \pm 0.34$  with CV 4.83 % and 95 % CI Li 9.97 and Ls 10.10.

**Keywords:** (end diastolic pressure), (left ventricle), (healthy dogs).

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la presión diastólica final del ventrículo izquierdo (PDFVI) de un paciente es un dato de importancia en la clínica cardiológica, ya que describe tanto el estado funcional cardíaco como la presión de trabajo del ventrículo izquierdo, siendo útil, además, tanto para el seguimiento evolutivo como para la valoración de los efectos que pueden causar los medicamentos a nivel cardiocirculatorio en los perros sometidos a tratamiento<sup>12</sup>.

En el año 1980, Palomo y colaboradores<sup>13</sup> describieron una técnica no invasiva para calcular la PDFVI que consiste en combinar ciertos accidentes del fonocardiograma, del electrocardiograma y del ultrasonido cardíaco. Estos estudios fueron realizados en forma simultánea y permitieron desarrollar sobre esa base la siguiente ecuación:

$$\text{PDFVI} = 21,6 * (\text{q-C} / \text{A2-E}) + 1,1$$

donde PDFVI es la presión diastólica final del ventrículo izquierdo, q-C es el tiempo en milisegundos entre la onda "q" del electrocardiograma y el punto C del mitrograma y A2-E corresponde

al tiempo en milisegundos entre el componente aórtico del segundo ruido cardíaco y el punto E del ecograma mitral.

Estudios previos demostraron que el segundo ruido cardíaco (A2), que representa el cierre de las válvulas aórtica y pulmonar, coincide en el tiempo con el final de la onda T del electrocardiograma<sup>3</sup>.

Las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía<sup>9</sup> para realizar el examen ecocardiográfico bidimensional y el modo-M guiado a nivel de la válvula mitral, permiten evaluar tanto la estructura como el movimiento de apertura y cierre de la misma.

El registro en simultáneo del electrocardiograma tiene correlato temporal con los mencionados movimientos de la válvula mitral.

Dado que la ecocardiografía en la actualidad es una técnica corriente en la clínica cardiológica, mientras que el fonocardiograma ha perdido vigencia, se estudió la modificación de la ecuación de Palomo reemplazando el intervalo de tiempo A2-E de la fórmula original por el intervalo de tiempo en milisegundos desde el fin de la onda T del electrocardiograma hasta el punto E del mitrograma, que denominamos Tf-E, con lo que se

reemplaza el uso del fonocardiograma, quedando la fórmula propuesta como sigue:

$$\text{PDFVI} = 21,6 * (\text{q-C} / \text{Tf-E}) + 1,1$$

Nuestro objetivo fue verificar la utilidad de la fórmula propuesta, comparando los valores hallados en este estudio con los obtenidos a través de la fórmula clásica empleada en los perros, correspondiente al cociente entre la onda E del flujo transmitral (Em) obtenida por Doppler de flujo y la onda E't obtenida por Doppler tisular pulsado, conocida como relación Em/E't<sup>11,7</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se incluyeron un total de 230 caninos, 108 hembras y 122 machos adultos, seleccionados al azar entre los pacientes que concurrieron a la Unidad de Cardiología del Hospital Escuela de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, desde el mes de enero del año 2018 hasta el mes de noviembre del año 2019.

Todos los pacientes incluidos en el estudio fueron tratados y manejados acorde a los lineamientos establecidos por el Código Ético desarrollado por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas, publicado en la Crónica de la OMS<sup>4</sup> siguiendo las reglas éticas que regulan la investigación científica<sup>8</sup>.

El presente plan de trabajo fue aprobado por el Comité Institucional para Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA) con fecha 05 de setiembre de 2017 y número 2017/54.

Los criterios de inclusión utilizados en el presente protocolo fueron los siguientes:

1. Especie canina, adulto ( $\geq 2$  años), con un peso entre 10 y 15 kilos.
2. Sin signos electrocardiográficos de disritmias cardíacas patológicas ni sobrecargas eléctricas camerales.
3. Sin signos ecocardiográficos de alteraciones estructurales cardíacas ni sobrecarga de volumen del ventrículo izquierdo, con fracciones de eyección y de acortamiento dentro de los rangos normales para la especie.
4. Normotensos.
5. Sin ningún tipo de tratamiento médico.
6. Libres de enfermedades sistémicas.

Con el objeto de verificar los criterios de inclusión se procedió de la siguiente manera:

## Evaluación clínica

A todos los caninos incluidos en la presente investigación se les realizó una reseña, recabando datos sobre la edad, raza, sexo, se constató el peso corporal y se verificaron los antecedentes clínicos generales previos. No se emplearon drogas sedantes y la sujeción fue realizada solamente por los respectivos propietarios.

Antes del inicio de la evaluación clínica, los caninos tuvieron un período de adaptación a las condiciones del ambiente de 10 minutos. El examen consistió en:

- Inspección de las mucosas aparentes y determinación del tiempo de llenado capilar;
- Palpación del pulso arterial en la arteria femoral; del tórax y abdomen.
- Auscultación del tórax, examinando los cuatro focos valvulares y los campos pulmonares con el objeto de evaluar los ruidos cardíacos normales y la posible presencia de alteraciones sonoras.

## Exploraciones complementarias

Como exploraciones complementarias se realizaron: un electrocardiograma, un ecocardiograma bidimensional, un ecocardiograma Doppler y tensiometría.

Para el estudio electrocardiográfico se utilizó un electrocardiógrafo digital marca SonoScape modelo IE30V tricanal. Los registros fueron realizados con el animal en decúbito lateral derecho, con una calibración de: 1 centímetro = 1 milivoltio (1 cm=1 mV) y a una velocidad de corrida de papel de 50 milímetros por segundo (50 mm/seg.) Se registraron seis derivaciones (tres bipolares y tres unipolares).

Para la evaluación ultrasonográfica se utilizó un ecocardiógrafo marca SonoScape, modelo S8, configurado para esta oportunidad con dos transductores phased-array (modelos 2P y 5P) y un transductor electrónico microconvex multifrecuencia 5-8 MHz (modelo 612). El mencionado equipo posee placa de ecg para el registro simultáneo durante los estudios ecográficos.

El ecotomograma empleado para las mediciones fue captado desde la ventana paraesternal derecha, en eje corto a nivel de la válvula mitral.

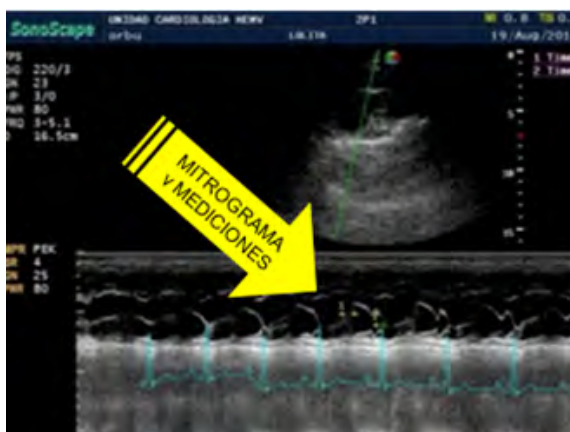
Para obtener el modo-M guiado el cursor de corte fue colocado a nivel del punto medio de la apertura de las valvas mitrales registrándose entonces el mitrograma. Además, utilizando el Doppler desde la ventana paraesternal izquierda, se registraron las velocidades tanto del flujo transmitral como del movimiento del anillo mitral parietal y septal (tisular).

Las mediciones se realizaron de acuerdo con los estándares establecidos por la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía (American Society of Echocardiography-ASE)<sup>14</sup>.

Ambos estudios se sincronizaron en el ecógrafo, registrándose el electrocardiograma a una velocidad de 50 mm/seg. Las mediciones de interés, tanto ecocardiográficas como electrocardiográficas se efectuaron manualmente utilizando el caliper del ecógrafo. Se obtuvieron datos relacionados con los intervalos de tiempo q-C y Tf-E.

En la figura 1 se observa la simultaneidad entre la imagen ecocardiográfica en modo-M (mitrograma) y el registro electrocardiográfico.

Para la medición de la tensión arterial se utilizó un equipo Sun Tech, modelo Vet 30, colocando el manguito del tamaño correspondiente en la arteria coccígea media<sup>1</sup>.



**Figura 1.** Ventana paraesternal derecha, en eje corto a nivel de la válvula mitral: “ecograma mitral o mitrograma”. Este ecotomograma permite evaluar el movimiento que realizan las valvas y sobre el cual se identifican los diferentes puntos fiduciales (DEFAC), se observa, además, en simultáneo el registro electrocardiográfico. De esta forma se miden los intervalos de tiempo: q-C y Tf-E.

## Análisis Estadístico

Se utilizó el programa estadístico GraphPad Prism 5.0. Se realizó estadística descriptiva. Los datos se expresaron como la media aritmética  $\pm$  error estándar de la media (ES). Para probar la efectividad del método presentado en esta investigación, se realizaron varias pruebas de similitud con un método ya validado (índice Em/E't promedio, obtenido por la técnica Doppler espectral pulsado). Para ello, se elaboró un modelo de regresión lineal entre el nuevo método (fórmula modificada de Palomo) y el método de referencia (Em/E'tp) y se aplicaron las técnicas de correspondencia (TSI), el coeficiente de correlación de Pearson, la prueba t, la prueba r y el estudio de los intervalos de confianza.

## RESULTADOS

Con el objeto de un mayor ordenamiento, los valores encontrados en el presente estudio se encuentran en la tabla 1. Los valores de la presión arterial obtenidos presentaron una media de  $134 \pm 8$  mmHg para la presión sistólica, con extremos de 98 y 145 mmHg y de  $80 \pm 4$  mmHg para la presión diastólica con extremos de 71 y 90 mmHg y se han agregado para verificar que en la muestra no se incluyeron casos de posible hipertensión arterial idiopática, siendo valores normales para los perros sanos.

El modelo de regresión lineal elaborado para comparar la validez de la fórmula de Palomo modificada y el método utilizado como referencia (índice Em/E'tp), utilizando las 230 mediciones obtenidas por ambos métodos permitió obtener una recta de regresión lineal estimada que responde a la siguiente ecuación:

$$\hat{Y}_i = -0,205 + 0,96135 \cdot X_i$$

Al hacer la prueba de comprobación de la validez de la ecuación obtenida (técnicas de correspondencia, coeficiente de correlación de Pearson, la prueba t, la prueba r y el estudio de los intervalos de confianza) se pudo establecer un  $r = +0,85$  con un intervalo de confianza del 95 %.

Los mencionados datos indican que en la muestra estudiada no se encontraron diferencias significativas entre el método tradicional del estudio de la PDFVI por medio del índice Em/E'tp y la modificación propuesta de la fórmula de Palomo aquí desarrollada.

## DISCUSIÓN

El conocimiento de la presión diastólica final del ventrículo izquierdo es importante tanto para establecer el pronóstico de los perros con enfermedades cardíacas, así como para el seguimiento evolutivo de los mismos, debido a que su valor se relaciona directamente con la toma de decisiones terapéuticas.

La técnica tradicional de medición fue recomendada por la Asociación Americana de Ecocardiografía y el índice validado deriva del cociente entre las ondas de llenado rápido del VI (E mitral) y el movimiento del anillo mitral (E' tisular), e indirectamente intenta estimar en forma rápida y sencilla los valores de las presiones izquierdas.

A través del tiempo se han descrito diversas técnicas para el cálculo de la PDFVI, desde la invasividad del cateterismo cardíaco para las determinaciones hemodinámicas, hasta las más actuales carentes de dicha condición<sup>6, 5, 10</sup>.

Sin embargo, la mayoría de ellas han sido desarrolladas para humanos, pero no todas se han aplicado en perros. Al respecto, un estudio preliminar descriptivo fue realizado en el año 2010<sup>2</sup>.

La introducción del ultrasonido diagnóstico y más específicamente la ecocardiografía a la medicina veterinaria permitió acceder a determinaciones antes imposibles de realizar, estableciéndose, a la fecha, como técnica "Gold standard" para la determinación de la PDFVI en el perro el índice Em/E'tp (parámetro hemodinámico) determinado por Doppler espectral pulsado.

El empleo de la fórmula propuesta (Palomo modificada) permitió estimar de manera no invasiva la presión telediastólica en los caninos sanos y observar valores que se hallaban en todos los casos dentro del rango de referencia informado previamente en la bibliografía para el cociente entre los valores de la técnica Doppler de flujo transmitral y tisular anular (parietal, septal, promedio) de la homónima válvula.

El procesamiento estadístico de los valores encontrados por la fórmula modificada y su confrontación con la técnica obtenida por Doppler espectral corroboró que no difieren significativamente.

Es relevante destacar la importancia práctica que tiene la posibilidad de aplicar la fórmula de Palomo modificada, básicamente por dos

**Tabla 1.** Se observan los valores obtenidos luego del procesamiento estadístico.

Variable	Media aritmética±error estándar	Intervalo de Confianza (95%)
Edad (años)	8,02±0,11	7,80-8,24
Peso (kilos)	14,53±0,34	13,86-15,20
Fracción de acortamiento (FA%)	39,4±0,41	38,58-40,20
Fracción de eyección (FEy%)	77,04±0,45	76,15-77,93
PDFVI (fórmula modificada)	10,027±0,34	9,97-10,10
PDFVI (Índice Em/E'tp)	9,43±0,037	9,36-9,51
Presión arterial sistólica (mmHg)	134±8	98-145
Presión arterial diastólica (mmHg)	80±4	71-90

razones: la primera de ellas es que no se necesita disponer de un fonocardiógrafo, equipamiento que en la actualidad prácticamente ha caído en desuso. La segunda razón y probablemente la más importante, es que en la práctica privada la mayoría de los profesionales utilizan ecógrafos sin la tecnología Doppler necesaria para la obtención del índice Em/E'tp. Es así que, nuestra propuesta permite entonces obtener un parámetro clínico de importancia para el diagnóstico, para el pronóstico y para la toma de decisiones terapéuticas en las enfermedades cardíacas del perro.

## CONCLUSIONES

Estos resultados permiten concluir entonces que:

1. La aplicación de la fórmula de Palomo modificada resulta un procedimiento sencillo de realizar, confiable, y de rápida obtención.
2. No se requiere contar con equipamiento sofisticado ni con tecnología Doppler. Solamente con un ecógrafo con prestaciones mínimas y acceso electrocardiográfico incluido puede obtenerse la PDFVI.
3. El estudio estadístico de comparación entre ambos métodos (fórmula de Palomo modificada e índice Em/E'tp), no presentó diferencias estadísticas significativas ( $r = 0,85$  con intervalo de confianza del 95 %).

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación corresponde al Proyecto aprobado y subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires. UBACyT 2018 Mod. II. 20720170200018BA

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acierno, M., Brown, S., Amanda E. Coleman, A. *et al.* ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *J Vet Intern Med.* 2018; 32:1803–1822.
2. Bartolomeo, M. *Doppler tisular en caninos. Relación Em/Et.* Tesina de Especialidad en Cardiología Clínica Veterinaria. 2010. Biblioteca. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires.
3. Caeiro, A. y Orias, O. *El fonocardiograma registrado en distintos focos de auscultación. Sus caracteres y relaciones con el pulso venoso y el electrocardiograma.* Instituto de fisiología, Facultad de Ciencias Médicas, Córdoba, República Argentina. Trabajos originales. sac.org.ar. 2015/03.
4. *Crónica de la OMS*, Vol. 39(2):55-60, 1985.
5. DeMaria, A., Wisenbaugh, T., Smith, M., Harrison, M., Berk, M. Doppler echocardiographic evaluation of diastolic dysfunction. *Circulation* 1991; 84 (Supl 1): 288-295.
6. Feigenbaun Hemodinámica en: *Feigenbaun. Ecocardiografía*, 6° ed. Panamericana. 2007, p 214-246. Madrid.
7. Gerber, B. Principios Físicos de las Técnicas de Imagen Cardiovascular. En: St. John Sutton, Rutherford. *Diagnóstico Clínico Cardiovascular por Imagen*. 1ª ed. Elsevier Saunders. 2005., 1-88. Madrid.
8. Guide for care and use of laboratory animals. Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th Edition. National Academies

- Press. Institute for Laboratory Animal Research. Division on Earth and Life Studies. 2011.
9. Lang, Roberto M., MD, Luigi P. Badano, *et al.* Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18:1445-61.
  10. Migliore, R., Adaniya, M., Barranco, M.y col.- Un nuevo método para estimar la presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo utilizando la rigidez de cámara derivada del tiempo de desaceleración. *Revista Argentina De Cardiología* / Vol. 71 N° 3 / Mayo-junio 2003.
  11. Mitter, S., Shah, S., Thomas, J. A Test in Context E/A and E/e to Assess Diastolic Dysfunction and LV Filling Pressure. *Journal of T H E American College of Cardiology* VOL. 69, No.11, 2017.
  12. Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Assessment of diastolic function of the heart: background and current applications of Doppler echocardiography. Part II. Clinical studies. *Mayo Clin Proc.* 1989; 64: 181-204.
  13. Palomo, Andrés R., M.D., Miguel A. Quinones, M.D., Alan D. Waggoner, *et al.* Echo-phonocardiography Determination of Left Atrial and Left Ventricular Filling Pressures with and Without Mitral Stenosis *Circulation* 61, No. 5, 1980.
  14. Recomendaciones para la Cuantificación de las Cavidades: Informe del Comité de Guías y Estándares de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. *J Am Soc. Echocardiogr.* 2005;18:1440-1463.