

Esfericidad ventricular izquierda (índice de esfericidad) en el perro

Left Ventricular Sphericity (Sphericity Index) In the Dog

BUZZANO, OO¹; BARRIOS, RJ¹; ALMAGRO, MV¹; LIGHTOWLER, CH^{2#}

¹Médicos de planta, ²Jefe. Unidad de Cardiología. Hospital Escuela de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. UBA. Chorroarín 280 (1427) C.A.B.A.

El presente estudio forma parte del proyecto de Investigación clínica, código CV06, aprobado y subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires. Programación Científica 2011-2014. Protocolo de autorización CICUAL 2010/40

RESUMEN

Las enfermedades cardíacas imponen fenómenos de adaptación que llevan a la modificación de la geometría cardíaca. El grado con que el corazón se aparta de su forma normal, tiene significado clínico y hemodinámico. Cuanto más tiende el corazón a la forma esférica, peor es el pronóstico de la enfermedad desencadenante. El índice de esfericidad permite una evaluación cuantitativa del grado de esfericidad que ha alcanzado el corazón enfermo. En el presente estudio se determinó el valor normal del índice de esfericidad por dos técnicas en 91 caninos. El valor obtenido para el índice de esfericidad por la técnica de la división de los ejes fue de 1,58 y para el caso de la división de las áreas determinadas por planimetría de 1,45. En ambos casos se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre machos y hembras. Cabe destacar la importancia del índice de esfericidad tanto como indicador de agravamiento cardíaco y pronóstico, dado que los procesos de mayor incidencia en cardiología canina, las endocardiosis valvulares, principalmente la endocardiosis mitral y las cardiomiopatías, principalmente las dilatadas, cursan todas con sobrecarga de volumen que lleva inexorablemente a la geometría ventricular izquierda hacia la esfericidad.

Palabras clave: (geometría cardíaca), (esfericidad), (índice de esfericidad).

Correspondencia *e-mail*: Carlos H. Lightowler olmo@fvet.uba.ar

Recibido: 05-09-2012

Aceptado: 06-04-2013

SUMMARY

Heart disease imposes adaptation phenomena which lead to the modification of the cardiac geometry. The degree of heart change from its normal form has clinical and hemodynamic significance. The more the heart tends to the spherical shape, the worse is the prognosis. The sphericity index allows a quantitative assessment of the degree of sphericity has reached the diseased heart. In this study the authors determined the normal value of the sphericity index by two techniques in 91 dogs. The value obtained for the sphericity index by dividing axes was 1.58 and for the case of division of areas of 1.45. In both cases, significant differences ($p < 0.05$) between males and females were obtained. The sphericity index is an indicator of worsening to the heart and to prognosis, since the processes of higher incidence in canine cardiology, the endocardiosis of mitral valve and dilated cardiomyopathies, both promote volume overload that leads inexorably to left ventricular sphericity

Key words: (heart geometry), (sphericity), (sphericity index).

INTRODUCCIÓN

En forma dinámica y permanente el corazón manifiesta cambios adaptativos fisiológicos tanto sistólicos como diastólicos en el transcurso del proceso mecánico, hecho que se ve reflejado en la geometría y curvatura de la pared del ventrículo izquierdo (VI). Esta adaptación, sin lugar a dudas, mantiene correlato con la función sistólica y diastólica⁷.

Ante la presencia de una afección cardíaca, la remodelación provoca modificaciones en la forma, tamaño y función ventricular izquierda como consecuencia de alteraciones moleculares, celulares e intersticiales. En las primeras setenta y dos horas la remodelación temprana se produce por efecto de factores mecánicos, neurohumorales y genéticos; en dichas condiciones el VI incrementa el estrés parietal sistodiastólico en un intento por mantener el volumen eyectivo, continuando posteriormente con los fenómenos adaptativos tardíos^{8, 12}.

La transición estructural del corazón desde una forma elipsoidal a otra esférica se asocia a una disfunción ventricular progresiva, que se incrementa con el avance de la distorsión geométrica^{4,11}.

El *Índice de Esfericidad* (IE) o *Excentricidad Ventricular Izquierda* (EVI) permite evaluar

la geometría de dicha cámara durante la remodelación patológica que se va instalando en diversos tipos de enfermedades cardíacas (miocardiopatías, valvulopatías, cardiopatía hipertensiva y anomalías congénitas)¹⁸.

Este índice se convierte entonces en un indicador morfológico reproducible y en un signo fidedigno de disfunción ventricular, coincidente con la detección de alteraciones hemodinámicas¹⁷. Por ello, su investigación aporta un dato relevante en la emisión del pronóstico del paciente.

El objetivo del presente estudio fue determinar el valor del IE en caninos normales por dos técnicas y verificar si existían diferencias significativas entre machos y hembras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales utilizados

Se incluyeron en el presente estudio 91 perros de diversos tamaños, pesos, razas, machos y hembras.

Criterios de inclusión: animales libres de: a) enfermedades cardíacas primarias y secundarias, descartadas por evaluación clínica, electrocardiograma y ultrasonido cardíaco; b) neoplasias de bazo; c) enfermedad de Cushing y d) cualquier forma de hipertensión

Equipamiento utilizado

Las imágenes ecocardiográficas fueron tomadas con un ecógrafo Sonoscape, (Modelo S8, SONOSCAPE, Co., Ltd; Yizhe Building, Yuquan Road, Shenzhen, China) configurado con un transductor phased array multifrecuencia tipo 5P y otro Sonosite (modelo Titan, Sonosite Company, 21919 30th Avenue Southeast Bothell, Washington 98021 U.S.A.) configurado con un transductor electrónico microconvexo modelo CV11.

Metodología

Todos los estudios ecocardiográficos fueron realizados con los animales en estación y libres de sujeción química.

Para el cálculo del IE en el presente estudio se emplearon las técnicas de la división de los ejes cardíacos largo y corto y la de planimetría en eje largo y corto para determinar las respectivas áreas ventriculares, empleando para el primer caso la fórmula: IE: Eje largo/ Eje corto y para el segundo la fórmula IE: área en eje largo/área en eje corto.

Para las mediciones en eje largo, tanto del eje mayor como para la planimetría en dicho plano, las imágenes fueron tomadas desde la ventana paraesternal izquierda empleando la imagen apical de cuatro cámaras.

Para el caso de las mediciones en eje corto se captaron las imágenes desde la ventana paraesternal derecha, realizando ambas mediciones (eje corto y planimetría).

Con el objeto de determinar el momento exacto de la telediástole (momento en que se realizaron las mediciones) las imágenes ecocardiográficas fueron sincronizadas con un registro electrocardiográfico simultáneo. Todas las mediciones se realizaron siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía¹⁴.

La medición del eje largo del VI se realizó desde el centro de una línea hipotética trazada a nivel del anillo mitral hasta el ápex cardíaco. El eje corto fue medido transversalmente equidistante de ambos paquetes de cuerdas tendinosas, punto donde dicho ventrículo

alcanza su tamaño máximo (Figura 1). Dada la importancia de delimitar el borde endocárdico para optimizar las mediciones, en todos los casos se empleó segunda armónica.

Para el cálculo del área ventricular en ambos ejes se utilizó planimetría sobre imágenes idénticas a las descritas previamente (Figura 2)

Los valores finales tomados para los cálculos definitivos fueron el resultado del promedio de cinco determinaciones realizadas sobre ecotomogramas diferentes.

Procesamiento estadístico

Los datos obtenidos se procesaron con el programa InfoStat, versión 2010 con un nivel de significación del 5%. Se realizó para los valores obtenidos por cada técnica la estadística descriptiva y se realizó en estudio de varianza y post-varianza para verificar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre el índice de esfericidad de machos y hembras.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados de la estadística descriptiva para ambas técnicas empleadas y las tablas 2 y 3 los resultados del análisis de varianza y post-varianza.

El análisis de varianza mostró que los datos obtenidos por ambas técnicas presentaron diferencias significativas en los sexos ($p < 0,0244$ para la técnica de los ejes y $0,0001$ para la técnica de las áreas), hecho confirmado por el estudio DGC (Prueba de Di Rienzo, Guzman y Casenave).

DISCUSIÓN

Finalizados los ajustes geométricos iniciales, luego de algún tiempo se inicia la etapa del remodelado tardío. En principio, la hipertrofia excéntrica ventricular se produce en respuesta a la sobrecarga crónica de volumen para contrarrestar el efecto de la dilatación. La aparición de las adaptaciones geométricas camerales deriva, si no es controlada, finalmente en insuficiencia cardíaca^{3, 5}.

La alteración geométrica ventricular tardía se produce por cambios en el entramado de

Tabla 1. Resultados de la estadística descriptiva para los valores del IE obtenidos por las dos técnicas estudiadas.

Ítem	Técnica de la división de los ejes cardíacos	Técnica de la división de las áreas
n	91	91
media	1,58	1,45
Desvío estándar	0,31	0,22
Error estándar	0,03	0,02
Valor mínimo	1,17	1,10
Valor máximo	2,38	1,88

Tabla 2. Datos del análisis de varianza correspondientes a la técnica de la división de ejes para el cálculo del índice de esfericidad

```

Variable N  R²  R² Aj  CV
IE ejes  91  0.06  0.05  19.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
 F.V.  SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo  0.48  1  0.48  5.24  0.0244
Sexo    0.48  1  0.48  5.24  0.0244
Error   8.10  89  0.09
Total   8.58  90

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.1317
Error: 0.0910 gl: 89
Sexo Medias n  E.E.
H      1.47  27  0.06  A
M      1.63  64  0.04   B
Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

```

Tabla 3. Datos del análisis de varianza correspondientes a la técnica de la división de áreas calculadas por planimetría para el cálculo del índice de esfericidad

```

Variable N  R²  R² Aj  CV
IE area  91  0.15  0.14  13.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
 F.V.  SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo  0.64  1  0.64  16.17  0.0001
Sexo    0.64  1  0.64  16.17  0.0001
Error   3.54  89  0.04
Total   4.18  90

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.0870
Error: 0.0397 gl: 89
Sexo Medias n  E.E.
H      1.32  27  0.04  A
M      1.50  64  0.02   B
Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

```

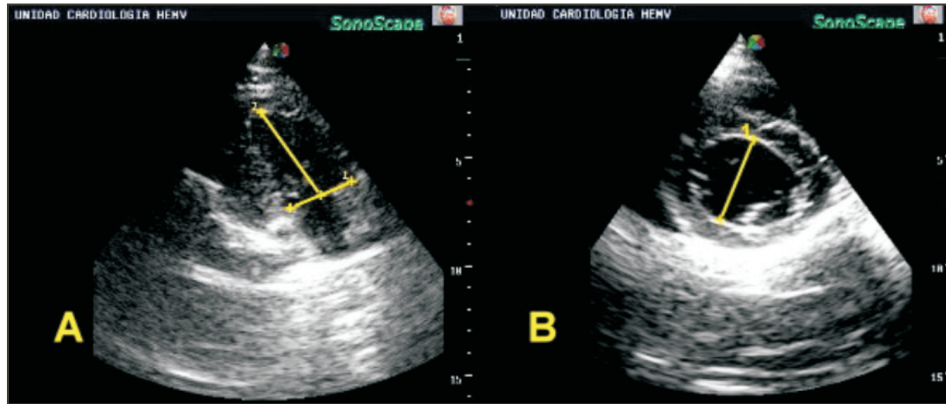


Figura 1. Ecotomograma en eje largo (A) y en eje corto (B). Ambas imágenes muestran cómo se miden los ejes cardíacos para obtener el IE. En la imagen A la línea 1, trazada a nivel del anillo mitral sirve como límite superior para la medición del eje cardíaco largo (2), B-Eje corto (1) medido a la altura de las cuerdas tendinosas

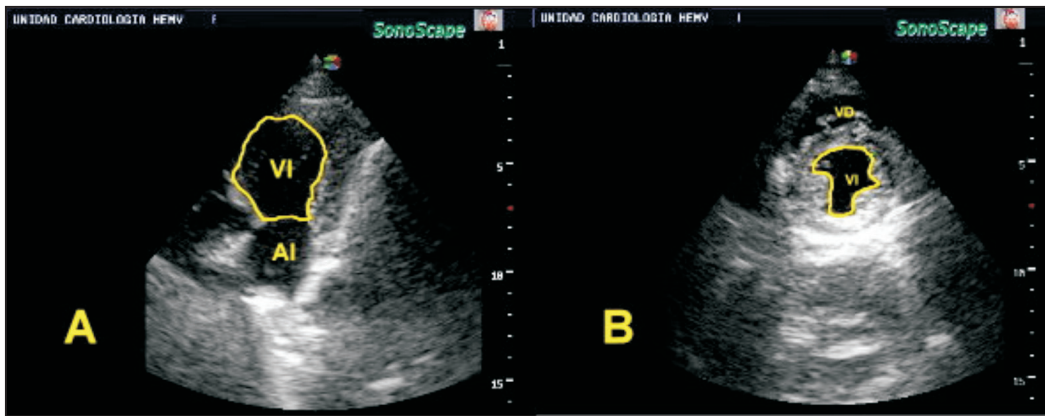


Figura 2. Manera como se realiza la planimetría para obtener el área y calcular el IE, A en el eje largo y B en el eje corto. VI: ventrículo izquierdo; AI: atrio izquierdo; VD: ventrículo derecho

colágeno de la matriz extracelular, lo que se traducen una mayor laxitud y movimiento de las fibras del miocardio. Estas modificaciones favorecen la dilatación cameral.

Hace más de una centuria se inició la investigación de la morfología cardíaca¹⁹. Sobre la base de los distintos hallazgos recogidos a través de los años se logró relacionar el volumen de la cámara con el incremento del radio interno del VI y con la tensión de la pared o estrés parietal; sus modificaciones incrementan el consumo de oxígeno, haciendo al trabajo cardíaco menos eficiente¹. En el proceso del aprendizaje sobre la esfericidad del corazón, muchos son los datos que han sido evaluados por diferentes investigadores y como consecuencia de ello la geometría ventricular pudo relacionarse

con la evolución clínica, el desarrollo de eventos cardíacos y la mayor susceptibilidad a la muerte súbita^{2, 6, 18}.

La adaptación de la arquitectura cardíaca desde una forma elipsoidal a otra esférica toma relevancia como marcador precoz de disfunción en modelos animales^{10, 13}.

Tres son las formas más utilizadas para el cálculo del IE: 1- Relación (cociente) entre los ejes mayor (o largo) y menor (o corto) del VI. Su tendencia hacia el valor 1 indica un cambio distorsivo hacia la esfera. Esta relación parte del supuesto que la división del eje mayor del VI por el menor del mismo ventrículo normal es siempre superior a 1, adaptándose al cálculo realizado sobre una elipse trunca con la cual se compara habitualmente al VI normal^{9, 13, 20}.

2- Relación (cociente) entre el volumen del VI y el volumen hipotético de una esfera cuyo diámetro es igual al eje mayor del ventrículo izquierdo. A medida que se incrementa el valor de este índice, la geometría del VI se acerca a la forma de una esfera. Este cálculo puede llevarse a cabo tanto en telesístole como en telediástole¹⁰, y

3- Relación (cociente) entre las áreas telediásticas del VI calculadas por planimetría a partir de ecotomogramas bidimensionales paraesternales izquierdos y derechos (longitudinal [largo] / transversal [corto])¹⁵.

La especie canina padece frecuentemente alteraciones cardíacas como son las valvulopatías y las miocardiopatías. Estas entidades en algún momento de su evolución fisiopatológica tienden a la sobrecarga de volumen del VI y con ello a la configuración más esférica del VI. De esta manera la adaptación estructural transfiere tensión hacia el ápex cardíaco, igualando la existente en la región media, con lo cual el cambio biomecánico por redistribución de fuerzas determina mayor efecto de esfericidad durante la diástole¹⁶.

La esfericidad per se, es estímulo de desarrollo y determinante de progresión en el remodelado. Se afecta así el mecanismo contráctil, la rotación apicobasal, la función sistodiastólica y el anclaje de las válvulas atrioventriculares.

El presente estudio se realizó empleando la primera y tercera técnica, básicamente por su facilidad de cálculo, en razón de que las mediciones necesarias son realizadas habitualmente en los estudios rutinarios de ecocardiografía bidimensional.

De acuerdo a los datos obtenidos, se observa que la técnica que emplea la división de los ejes cardíacos mostró un valor más alto (1,58) y una mayor dispersión (desvío estándar de 0,31) en relación al cálculo a través de las áreas donde el valor del índice es menor (1,45) aunque la dispersión es menor (desvío estándar de 0,22).

Ambas técnicas muestran que existe una clara diferencia en el valor del índice de esfericidad para los machos (1,63 y 1,50 para cada una de las técnicas- ver tablas 2 y 3 y figuras 3 y 4) respecto de las hembras (1,47 y 1,32)

respectivamente. Estos resultados indicarían que las hembras presentan, normalmente, un mayor grado de esfericidad que los machos.

Cabe destacar la importancia del índice de esfericidad tanto como indicador de agravamiento cardíaco y pronóstico, dado que los procesos de mayor incidencia en cardiología canina, las endocardiosis valvulares, principalmente la endocardiosis mitral y las cardiomiopatías, principalmente las dilatadas, cursan todas con sobrecarga de volumen que lleva inexorablemente la geometría ventricular izquierda hacia la esfericidad¹⁶.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Burton, A.C. The importance of the shape and size of the heart. *Am Heart J* 1957; 54: 801-809.
- 2- Burns, J.W.; Covell, J.W.; Myers, R. Comparison of directly measured left ventricular wall stress and stress calculated from geometric reference figures. *Circ Res* 1969; 24:575-582.
- 3- Cohn, J.N.; Ferrari, R.; Sharpe, N. Cardiac remodeling- concepts and clinical implications: a consensus paper from an international forum on cardiac remodeling. *JAm Coll Cardiol*. 2000; 35: 569-82.
- 4- Dhalla, N.S.; Saini-Chohan, H.K.; Rodriguez-Leyva, D. *et al* Subcellular remodeling may induce cardiac dysfunction in congestive heart failure. *Cardiovasc Res*. 2009; 81:429-38
- 5- Field, B.J.; Russell, R.O.; Dowling, J.T.; Rackley, C.F. Regional left ventricular performance in the year following myocardial infarction. *Circulation*. 1972; 46:679-95.
- 6- Hefner, L.L.; Sheffield, T.; Cobbs, G.C. *et al* Relation between mural force and pressure in the left ventricle of the dog. *Circ Res* 1962; II: 654-663
- 7- Hutchins, G.M.; Bulkley, B.H.; Moore, G.W. *et al* Shape of the human cardiac ventricles. *Am J Cardiol* 1978; 41:646-654.

- 8- Hutchins, G.M.; Bulkley, B.H. Infarct expansion versus extension: two different complications of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1978, 41:1127-47
- 9- Kono, T.; Sabbah, H.N.; Stein, P.D. *et al* Left ventricular shape as a determinant of functional mitral regurgitation in patients with severe heart failure secondary to either coronary artery disease or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1991; 68: 355-359.
- 10- Lamas, G.A.; Mitchell, G.F.; Flaker, G.C. *et al* The predictive value of LV systolic sphericity index: a magnification independent assessment of LV shape. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 223A
- 11- Pfeffer, M.A.; Braunwald, E. Ventricular remodeling after myocardial infarction: experimental observations and clinical implications. *Circulation.* 1990; 81:161-72.
- 12- Raymond, G.; Mackay, M.D.; Marc, A.; Pfeffer, M.D. *et al* Left ventricular remodeling after myocardial infarction: a corollary to infarct expansion. *Circulation.* 1986; 74:693-702.
- 13- Sabbah, H.N.; Kono, T.; Rosman, H. *et al* Left ventricular shape: a factor in the etiology of functional mitral regurgitation in heart failure. *Am Heart J* 1992; 123:961-966.
- 14- Sahn, D.J.; DeMaria, A.; Kisslo, J.; Weyman, A.E. The Committee on M-mode standardization of the American Society of Echocardiography. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation.* 1978; 58:1072-83.
- 15- Solomon, S.D.; Greaves, S.C.; Ryan, M. *et al* Temporal dissociation of left ventricular function and remodeling following experimental myocardial infarction in rats. *J Card Fail.* 1999; 5: 213-23
- 16- Tilley, L.P.; Goodwin, J.K. Manual of Canine and Feline Cardiology. 3rd Edition, 2001. WB Saunders CO, Philadelphia.
- 17- Tomlinson, C.W. Left ventricular geometry and function in experimental heart failure. *Can J Cardiol* 1987; 3: 305-310
- 18- Vokonas, P.S.; Gorlin, R.; Cohn, P.F. *et al* Dynamic geometry of the left ventricle in mitral regurgitation. *Circulation* 1973; 48:786-795
- 19- Woods, R.H. A few applications of a physical theorem to membrane in the human body in a state of tension. *J Anat Physiol* 1892; 26:302-307
- 20- Zhong, L.; Su, Y.; Yeo, S.Y. *et al* Left ventricular regional wall curvedness and wall stress in patients with ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Physiol.* 2009; 296: H573-8

