

# Índice de esfericidad\*

Sosa, R.A.<sup>1</sup>

**Resumen:** El estudio de la geometría ventricular ha despertado cierto interés en los cardiólogos en los últimos años. Es sabido que el corazón patológico ve alterada su anatomía. El uso de técnicas sencillas para evaluar la geometría ventricular permite conocer el valor clínico de la distorsión geométrica en pacientes con insuficiencia cardíaca. El interés acerca del conocimiento de las modificaciones en la forma del corazón se ha visto incrementado por la sospecha de que la transformación en la geometría del ventrículo izquierdo hacia la esfericidad tiene valor pronóstico. La ecocardiografía es la técnica no invasiva que más se ha utilizado para evaluar la geometría del ventrículo izquierdo, concretamente los modos M y bidimensional. El objetivo de este trabajo es determinar el valor del Índice de Esfericidad en caninos normales y con insuficiencia mitral crónica en fase II (clasificación según ISACHC), a través de ecocardiografía, por la técnica de división del eje largo sobre el eje corto y por la técnica de división del área medida en eje largo apical sobre el área medida en eje corto, ambas determinadas por planimetría. De esta forma se intentará definir, a través de este índice, una nueva herramienta de valor pronóstico que resulte útil a la hora de determinar la severidad que presenta cada caso de insuficiencia mitral crónica. En este trabajo se utilizaron pacientes caninos normales y con insuficiencia mitral crónica en fase II. A cada uno de ellos se le midió el índice de esfericidad mediante ecocardiografía, comparando los resultados de ambos grupos entre sí. De esta forma se pudo concluir que los índices de esfericidad medidos en animales con insuficiencia mitral crónica en fase II presentan un valor menor que aquellos medidos en animales sin patología, ya que el corazón con insuficiencia mitral desarrolla una forma más globosa en respuesta a la sobrecarga de volumen.

**Palabras claves:** insuficiencia cardíaca, ecocardiografía, modo M, índice de esfericidad, insuficiencia mitral crónica.

## *Index of Sphericity*

**Abstract:** The study of ventricular geometry has aroused some interest in the cardiologists in recent years. It is well known that a pathological heart has its anatomy altered. The use of simple techniques to assess ventricular geometry allows to know the clinical value of the geometric distortion in patients with heart failure. The interest about the knowledge of the changes in the shape of the heart has been increased by the suspicion that the transformation in the geometry of the left ventricle to the sphericity has prognostic value. Echocardiography is the non-invasive technique that has been used more to evaluate left ventricular geometry, specifically the M and two-dimensional modes. The objective of this study is to determine the value of the index of Sphericity in normal canines and with chronic mitral regurgitation in phase II (classification according to ISACHC), through echocardiography, by the technique of the long axis on the short axis division and by the technical division of the area measured in apical long axis on the area measured in short axis, both determined by planimetry. In this way and through this index, a new tool for prognosis will be attempted to do to be useful in determining the severity that each case of chronic mitral regurgitation presents. Normal canines and patients with chronic mitral regurgitation in phase II were used in this work. Each of them was measured by echocardiography sphericity index, comparing the results of both groups together. In this way one could conclude that sphericity rates measured in animals with chronic mitral regurgitation in phased II present one less value than those measured in animals without pathology, since the heart with mitral

\* Recibido: 06/09/2013. Aceptado: 10/12/2013.

1 Cátedra de Patología Médica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa.

2 Email Andrés Sosa: cvetaaron@cpnet.com.ar.

regurgitation develops a more globose form in response to volume overload.

**Keywords:** heart failure, echocardiography, M-mode, index of sphericity, chronic mitral regurgitation.

---

## \ Introducción \

---

El interés sobre la geometría ventricular comenzó en Medicina Humana, y se remonta a los estudios de Woods en 1892. Este autor intuye la relación entre la forma y el tamaño del corazón con la mecánica simple cardíaca. Es en la década de los 50 cuando Burton (1957) refiere que el aumento de los volúmenes cardíacos junto con un aumento en el radio interno del ventrículo lleva a una mayor tensión o estrés de pared. Estos datos son posteriormente verificados de forma experimental por Burns *et al.* (1969) y Hefner *et al.* (1962). Esta relación es entendida por la aplicación de la ley de Laplace, que predice que el estrés de pared es una función de la presión de distensión, el radio de la curvatura y el grosor de la pared. Según este principio, a mayor presión desarrollada por el ventrículo izquierdo mayor tensión de pared y, así mismo, ante mayor dilatación ventricular, y por tanto mayor radio, es superior la tensión a la que es sometida la pared ventricular. Por otro lado, la tensión de pared es inversamente proporcional a la curvatura de la pared. Así, aumentos en la esfericidad ventricular llevan a la redistribución regional de la tensión de pared. Tanto el estrés sistólico como el diastólico son importantes determinantes de la función miocárdica y tienen una influencia significativa sobre el consumo de oxígeno. Por lo tanto, es posible que alteraciones de la geometría ventricular puedan afectar de forma adversa a la función global cardíaca, independientemente de la capacidad funcional intrínseca del miocardio. Un mejor conocimiento de las características morfológicas del ventrículo izquierdo puede ayudarnos a valorar mejor la función miocárdica y a predecir el pronóstico de nuestros pacientes cardiópatas.

Los primeros estudios no experimentales fueron realizados por Gould *et al.* (1974) en sujetos normales y con disfunción miocárdica de distinta etiología. Este autor demuestra cómo pacientes con mala función ventricular presentan ventrículos geoméricamente más esféricos y con mayor estrés de pared que aquellos con ventrículos de morfología normal. Además, los ventrículos más esféricos reflejaban una contractilidad más severamente deprimida medida como la relación estrés de pared/velocidad de acortamiento y que se reflejaba además por una respuesta atenuada a la infusión de inotrópicos como dobutamina. Estos estudios demuestran que los

ventrículos más esféricos tienen un mayor estrés de pared pero también tienen una distribución anormal de éste. Esta distribución anormal del estrés se refleja como una tasa estrés circunferencial/estrés longitudinal disminuida. Para comprender esto debemos recordar que el estrés o tensión de pared actúa en tres direcciones que son mutuamente perpendiculares: estrés meridional o longitudinal, estrés circunferencial y estrés radial. En condiciones normales el estrés circunferencial es la mayor fuerza generada contra la pared ventricular, y el estrés radial puede considerarse despreciable. En pacientes con disfunción ventricular se produce una elevación del estrés radial y longitudinal, pero sobre todo existe un aumento del estrés longitudinal. La distorsión morfológica del ventrículo izquierdo aumenta el consumo miocárdico de oxígeno a través del aumento de tensión parietal descrito previamente. Es, probablemente, por este mecanismo por el que se produce el efecto deletéreo del cambio geométrico ventricular.

Existen datos actuales que implican a las alteraciones en la geometría ventricular izquierda como el determinante principal de la aparición de regurgitación mitral funcional en cardiopatía isquémica y miocardiopatía dilatada. Sabbah *et al.* (1992) han realizado una serie de interesantes estudios sobre este tema. Estos autores han demostrado una relación temporal entre el inicio de la regurgitación mitral funcional y el desarrollo de cambios geométricos en el ventrículo, mientras que no fue asociado con aumentos del volumen telediastólico, aumento del diámetro del anillo mitral o alteraciones en la contractilidad de segmentos sobre los que asientan los músculos papilares. Recientemente, Lamas *et al.* (1997) analizando a un subgrupo de 727 pacientes que se sometieron a ventriculografía, observa que la presencia de regurgitación mitral es un predictor independiente de mortalidad postinfarto. Es importante recalcar que, en este estudio, en el 98,6% de los pacientes con regurgitación mitral ésta era de carácter leve (grado I o II). Así, el autor discute que el aumento de la mortalidad no está, por tanto, en la sobrecarga hemodinámica que supone esta regurgitación mitral leve como el reflejo de la distorsión geométrica del ventrículo. Por otro lado, Lamas *et al.* (1996) analizaron el índice de esfericidad sistólico en un subgrupo de pacientes y lo correlacionó de forma prospectiva con su evolución clínica durante un período de seguimiento de 3,5 años. El aumento de esfericidad ventricular predijo un aumento progresivo de la aparición de eventos cardiovasculares como insuficiencia cardíaca o mortalidad cardiovascular. Tras el análisis multivariable el índice de esfericidad sistólica persistía como factor predictor de evolución clínica independientemente de la fracción de eyección. Ello sugiere a los autores que la distorsión

ventricular hacia la esfericidad es un componente pronóstico anterior a la disfunción contráctil.

Es importante mencionar que en muchos de estos estudios no siempre se encontraba una relación clara entre fracción de eyección o volúmenes telesistólico y telediastólico con la mortalidad o una mala evolución clínica. Sin embargo, la geometría ventricular distorsionada hacia la esfericidad fue un mejor predictor pronóstico que estos índices. Algunos datos que pueden aclarar esta situación se exponen a continuación:

La fracción de eyección es un índice de la función ventricular convencionalmente usado por su facilidad de cálculo y disponibilidad. Sin embargo, puede verse afectada por cambios en la precarga y, sobre todo, en la poscarga. Para evitar estas dependencias se han usado otros índices de función ventricular que puedan ser relativamente independientes de la precarga y de la poscarga. En el estudio de Borow *et al.* (1988) usando el índice estrés de pared-velocidad de acortamiento o en el estudio de Yoshikaway Sato (1987) usando el índice estrés de pared telesistólico- volumen telesistólico se encontró un cierto paralelismo entre geometría ventricular hacia la esfericidad y disminución de la función ventricular medida por estos parámetros. Esto puede explicar por qué en la mayoría de los estudios clínicos la geometría ventricular fue mejor predictor de evolución pronóstica que la fracción de eyección o los volúmenes ventriculares. Probablemente esto indica que la geometría ventricular es un mejor indicador de la función ventricular que los índices de la fase de eyección y con una menor dependencia de la precarga y la poscarga. Otro factor de interés es cómo la geometría ventricular alterada puede verse modificada tras una actuación terapéutica, ya sea farmacológica o no. En el estudio de Lamas *et al.* (1996) que valoraba la importancia de la morfología ventricular y la capacidad de ejercicio se analizaron dos grupos. Un grupo aleatorizado a tratamiento con captopril y un grupo placebo. En el grupo tratado con captopril con la misma distorsión basal de la forma ventricular mejoró la capacidad de ejercicio a través de una reducción del estrés de pared. En un análisis de un subgrupo de 42 pacientes pertenecientes a los 2 grupos de seguimiento (prevención y tratamiento) se encontró cómo el tratamiento con enalapril conseguía reducir el estrés diastólico frente al grupo placebo. Con respecto a la geometría ventricular, la esfericidad ventricular aumentó en el grupo placebo durante el seguimiento mientras que disminuyó en el grupo tratado con enalapril.

Recientemente, Ren *et al.* (1996) han relacionado la preservación de la función cardíaca en la reparación mitral frente al remplazo valvular en

pacientes con regurgitación mitral con los cambios que se producen en la geometría ventricular. Este autor encuentra ventrículos más elípticos tras la cirugía de reparación mitral que tras el remplazo valvular, y estos cambios se correlacionan con mejor función ventricular tras la reparación mitral. Tischler *et al.* (1994) han encontrado datos similares tras cirugía mitral tanto en reposo como con el ejercicio.

Es obvio que la mejor forma de estudiar la geometría del ventrículo izquierdo sería el análisis de la pieza anatómica. Esto lógicamente no es posible, excepto en estudios experimentales. Por ello se utilizan métodos más o menos indirectos para conocer la morfología ventricular izquierda. Han sido utilizados diferentes métodos. Su gran variedad y la falta de estandarización en su uso hace muchas veces difícil la valoración de los diferentes estudios clínicos en relación con la geometría ventricular.

El método usado con frecuencia por su sencillez de cálculo es la relación eje mayor/eje menor del ventrículo izquierdo. Puede ser calculado tanto por ecocardiografía como por ventriculografía. En cuanto su valor se acerque a 1, mayor distorsión hacia la esfericidad. Sin embargo, incluso este método simple ha sido calculado de formas muy diferentes. Hay autores que usan el mayor eje transversal y otros usan una media de múltiples ejes transversales medidos. Hay grupos que lo calculan en la proyección del eje corto por ecografía transtorácica mientras que otros lo hacen en el plano apical, ya sea por eco transtorácico o transesofágico.

En el año 2011 Ljungvall, Hoglund y Carnabuci publicaron un trabajo en una revista de Cardiología en Pequeños Animales acerca de la evaluación de la forma y volumen global y regional del ventrículo izquierdo mediante ecocardiografía 3 dimensiones en tiempo real. El objetivo de dicho trabajo fue investigar los cambios en la forma y volumen del ventrículo izquierdo en respuesta a diferentes severidades de la enfermedad mitral mixomatosa naturalmente adquirida en perros mediante la ecocardiografía 3D. Los perros seleccionados de forma prospectiva se clasificaron, mediante ecocardiografía estándar, en grupos de sanos, leves, moderados y severamente afectados. Se delimitó el borde endocárdico del ventrículo izquierdo (se obtuvieron automáticamente los segmentos basales, medios y apicales del ventrículo izquierdo en base a su longitud en eje largo) a partir del cual se obtuvieron los volúmenes diastólico (EDV), sistólico (ESV), longitud del ventrículo izquierdo en eje largo e índice de esfericidad. Como resultado se obtuvo que EDV y ESV global y regional (indexados al peso corporal) aumentaron en mayor proporción en perros con enfermedad mitral crónica. Los 3

segmentos regionales del VI contribuyeron a incrementar el EDV y ESV global con el incremento de la severidad de la enfermedad, pero el EDV medio fue el que más contribuyó al incremento global del EDV. Además, el eje largo y el índice de esfericidad del ventrículo incrementaron con el aumento de la severidad de la cardiopatía. Los segmentos basales y apicales del EDV mostraron la mayor asociación con el índice de esfericidad. De esta forma, llegaron a la conclusión que el incremento más importante del volumen ventricular izquierdo se encontró en perros con EMM severa. El incremento del EDV, principalmente en el segmento medio, ocasiona redondeamiento de los segmentos apicales y basales en respuesta al incremento de la severidad de la EMM. Así, estos especialistas creen que la evaluación del volumen y la forma del ventrículo izquierdo potencialmente podrían permitir una detección temprana de cardiopatías con riesgo de una evolución rápida a fallo cardiaco congestivo.

Uno de los últimos estudios relacionados a la esfericidad ventricular fue realizado en el Hospital Escuela de Cardiología de la Facultad de Cs. Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, a cargo del Dr. Carlos Lightowler. En el mismo 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. Estos datos aún no han sido publicados.

En fin, sabemos que el corazón sometido a sobrecarga crónica de volumen ve alterada su geometría ventricular. Más aún, si esta geometría ventricular alterada es mejor parámetro que los índices de la función ventricular habitualmente utilizados, es objeto de análisis.

## \ Materiales y métodos \

En el presente estudio se incluyeron 17 perros sanos y 17 perros con insuficiencia mitral crónica en fase II, tanto machos como hembras.

Los pacientes incluidos dentro del grupo de animales con insuficiencia mitral crónica en fase II fueron aquellos que presentaban síntomas de insuficiencia cardíaca leve o moderada (intolerancia al ejercicio, taquipnea y, principalmente, tos) y cuyo corazón mostraba signos de sobrecarga de volumen de atrio y ventrículo izquierdo (medida por ecocardiografía). A estos pacientes no se les realizó electrocardiograma y no se les midió la presión arterial.

Las medidas fueron tomadas a partir de imágenes obtenidas por ecocardiografía, utilizando ecógrafos marca Sonoscape, modelos S6 y S8, con transductores multifrecuenciaphasedarray 2P y 5P.

Las ecocardiografías se realizaron con los animales en estación y sin sedación.

Para realizar el cálculo del índice se utilizaron 2 fórmulas: Eje largo/Eje corto y área en eje largo/área en eje corto.

Las imágenes obtenidas en eje corto se tomaron desde la ventana paraesternal derecha (imagen 1), mientras que aquellas obtenidas en eje largo se tomaron desde la ventana paraesternal izquierda, a través de un corte apical de cuatro cámaras (imagen 2). Todas las mediciones se realizaron en telediástole.

## \ Resultados \

Los resultados de la división del Eje largo/Eje corto y del área en eje largo/área en eje corto medidos en los diferentes pacientes se exponen en la Tabla N° 1.

Las estadísticas descriptivas para las variables en cada uno de los grupos se exponen en las Tablas N° 2 y 3.

La función de probabilidad estimada para largo/ancho se expone en el Gráfico N° 1.

La comparación de medidas poblacionales para la variable largo/ancho en ambas poblaciones (Prueba de ADEVA) se expone en las Tablas N° 4, 5 y 6.

La relación largo/ancho en ambos grupos se expone en el Gráfico N° 2.

Las medidas de Área eje largo/área eje corto se exponen en las Tablas N° 7 y 8.

La función de densidad estimada para área eje largo/área eje corto se expone en el Gráfico N° 3.

La comparación de medidas poblacionales para la variable área eje largo/área eje corto en ambas poblaciones (Prueba de ADEVA) se expone en las Tablas N° 9, 10 y 11.

La relación área eje largo/área eje corto en ambos grupos se expone en el Gráfico N° 4.

La relación y regresión entre las variables estudiadas en ambos grupos se exponen en el Gráfico N° 5, y en las Tablas N° 12, 13 y 14.

Regresiones estimadas, para a relación largo/ancho (y) en función del área eje largo/área eje corto (x)

$$\begin{array}{ll} \text{Caninos normales} & y = 0,57 + 0,70 x \\ \text{Caninos mitrales} & y = -0,96 + 1,89 x \end{array}$$

### **Estimación de coeficientes**

#### *Caninos Normales*

$$\begin{array}{llll} a_n = 0,57 & IC_{(95\%)} = (-0,25; 1,40) & (p > 0,05) & \alpha_n = 0 \\ b_n = 0,70 & IC_{(95\%)} = (0,15; 1,25) & (p < 0,05) & \beta_n \neq 0 \end{array}$$

#### *Caninos mitrales*

$$\begin{array}{llll} a_m = -0,96 & IC_{(95\%)} = (-1,49; -0,42) & (p < 0,05) & \alpha_m \neq 0 \\ b_m = 1,89 & IC_{(95\%)} = (1,43; 2,34) & (p < 0,05) & \beta_m \neq 0 \end{array}$$

### **Comparación de coeficientes**

Para ambas regresiones las ordenadas al origen difieren

$$\alpha_n \neq \alpha_m \quad p = 0,0037 < 0,05$$

Para ambas regresiones las pendientes difieren

$$\beta_n \neq \beta_m \quad p = 0,0040 < 0,05$$

## \ **Discusión** \

La remodelación ventricular en perros con enfermedad mitral crónica se caracteriza por cambios en la geometría del ventrículo izquierdo en respuesta a la sobrecarga crónica de volumen. Uno de los cambios adaptativos más importantes a esta sobrecarga crónica de volumen es el agrandamiento del ventrículo izquierdo que, a su vez, está asociado con la severidad de la regurgitación y la insuficiencia mitral. Puesto que nuevos sarcómeros se añaden “en serie”, los miocitos se alargan y la hipertrofia excéntrica compensadora normaliza el estrés parietal causado por la sobrecarga de volumen. Los valores medios de las variables estudiadas (relación largo/

ancho y relación área eje largo/área eje corto) son menores en el grupo de caninos mitrales en fase II que en los caninos normales. La regresión lineal resultó significativa en ambos grupos, pero los caninos normales presentaron ordenada al origen y pendiente menores. Esto significa que los pacientes con insuficiencia mitral crónica en fase II parten de un índice de esfericidad menor y que, a un mismo valor de relación largo/ancho, los caninos mitrales en fase II tienen un menor valor de relación eje largo/ eje corto, ya que su corazón es más esférico.

## \ Conclusiones \

Desde el punto de vista clínico podemos concluir que los índices de esfericidad medidos en animales con insuficiencia mitral crónica en fase II presentan un valor menor que aquellos medidos en animales sin patología. Es decir que el corazón con insuficiencia mitral crónica sufre una modificación en su anatomía, cambiando la forma elíptica hacia una forma más globosa en respuesta a la sobrecarga de volumen. Sin embargo, el incremento progresivo de la sobrecarga de volumen no puede ser compensado indefinidamente y algunos perros desarrollan fallo cardiaco congestivo.

## \ Bibliografía \

- Borow, K.M.; Lang, R.M.; Neumann, A.; Carroll, J.D.; Rajfer, S.I. 1988. Physiologic mechanism governing hemodynamic response to positive inotropic therapy in patients with dilated cardiomyopathy. *Circulation*. 77: 625-637.
- Braunwald, E. 1971. Control of myocardial oxygen consumption. Physiologic and clinical considerations. *Am. J. Cardiol*. 27: 416-432.
- Braunwald, E.; Sonnenblick, E.; Ross, J. 1997. Mechanisms of cardiac contraction and relaxation. En: Braunwald E, editor. *Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine* (5ª ed.). Filadelfia: Saunders.
- Burton, A.C. 1957. The importance of the shape and size of the heart. *Am Heart J*. 54: 801-809.
- Burns, J.W.; Covell, J.W.; Myers, R. 1969. Comparison of directly measured left ventricular wall stress and stress calculated from geometric reference figures. *Circ Res*. 24: 575-582.
- Douglas, P.S.; Morrow, R.; Ioli, A.; Reichek, N. 1989. Left ventricular shape, afterload and survival in idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 13: 311-315.
- Douglas, P.; Reichek, N.; Hackney, K.; Ioli, A.; John Sutton, M.G. 1987. Contribution of afterload, hypertrophy and geometry to left ventricular ejection fraction in aortic valve stenosis, pure aortic regurgitation and idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 59: 1.398-1.404.
- Field, B.J.; Russell, R.O.; Dowling, J.T.; Rackley, C.F. 1972. Regional left ventricular performance in the year following myocardial infarction. *Circulation*. 46:679-95.
- Gould, K.L.; Lipscomb, K.; Hamilton, G.W.; Kennedy, J.W. 1974. Relation of left ventricular shape, function and wall stress in man. *Am J Cardiol*. 34: 627-634.
- Hefner, L.L.; Sheffield, T.; Cobbs, G.C.; Klip, W. 1962. Relation between mural force and

- pressure in the left ventricle of the dog. *Circ Res.* 11: 654-663.
- Hutchins, G.M.; Bulkley, B.H.; Moore, G.W.; Piasio, M.A.; Lohr, F.T. 1978. Shape of the human cardiac ventricles. *Am J Cardiol.* 41:646-654.
- Kass, D.A.; Traill, T.A.; Keating, M.; Altieri, P.I.; Maughan, W.L. 1988. Abnormalities of dynamic ventricular shape change in patients with aortic and mitral valvular regurgitation: assessment by Fourier shape analysis and global geometric indexes. *Circ Res.* 62: 127-138.
- Kono, T.; Sabbah, H.N.; Stein, P.D. 1991. 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.* 68: 355-359.
- Lamas, G.A.; Mitchell, G.F.; Flaker, G.C. 1996. The predictive value of LV systolic sphericity index: a magnification independent assessment of LV shape. *J Am Coll Cardiol.* 27: 223A.
- Lamas, G.A.; Mitchell, G.; Flaker, G.C.; Smith, S.C.; Gersh, B.J.; Basta, L. 1997. The clinical significance of mitral regurgitation following acute myocardial infarction. 96: 827-833.
- Laskey, W.K.; Sutton, M.S.J.; Zeevi, G.; Hirschfeld, J.W.; Reichek, N. 1984. Left ventricular mechanics in dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 54: 620-625.
- Ljungvall, I.; Hoglund, K.; Carnabuci, C. 2011. *J Vet Intern Med.*
- Municino, A.; De Simone, G.; Roman, M.J.; Cody, R.J.; Ganau, A.; Hajn, R.T. 1996. Assessment of left ventricular function by meridional and circumferential end-systolic stress/minor-axis shortening relations in dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 78: 544-549.
- Ren, J.F.; Aksut, S.; Lighty, G.W.; Vigilante, G.J.; Sink, J.D.; Segal, B.L. 1996. Mitral valve repair is superior to valve replacement for the early preservation of cardiac function: relation of ventricular geometry to function. *Am Heart J.* 131: 974-981.
- Sabbah, H.N.; Kono, T.; Rosman, H. 1992. Left ventricular shape: a factor in the etiology of functional mitral regurgitation in heart failure. *Am Heart J.* 123: 961-966.
- Sluysman, T.; Sanders, S.P.; Van der Velde, M.; Matijau, A.; Parness, I.A.; Spevak, P.J. 1992. Natural history and patterns of recovery of contractile function in single left ventricle after Fontan operation. *Circulation.* 86: 1.753-1.761.
- Tischler, M.D.; Cooper, K.; Rowen, M.; LeWinter, M.M. 1994. Mitral valve replacement versus mitral valve repair. A doppler and quantitative stress echocardiographic study. *Circulation.* 89: 132-137
- Vokonas, P.S.; Gorlin, R.; Cohn, P.F.; Herman, M.V.; Sonnenblick, E.H. 1973. Dynamic geometry of the left ventricle in mitral regurgitation. *Circulation.* 48: 786-795.
- Woods, R.H. 1892. A few applications of a physical theorem to membrane in the human body in a state of tension. *J Anat Physiol.* 26: 302.
- Yin, F.C.P. 1971. Ventricular wall stress. *Circ Res.* 28: 49-61.
- Yoshikawa, M.; Sato, T. 1987. Left ventricular end-systolic wall stress to volume relationship before and after surgical closure of ventricular septal defect. *Pediatr. Cardiol.* 8: 93-98.

Imagen N° 1: Imagen de un eje corto del ventrículo izquierdo, a la altura de los músculos papilares, obtenida desde la ventana paraesternal derecha. La línea azul corresponde al eje corto, y la amarilla al área medida por planimetría.

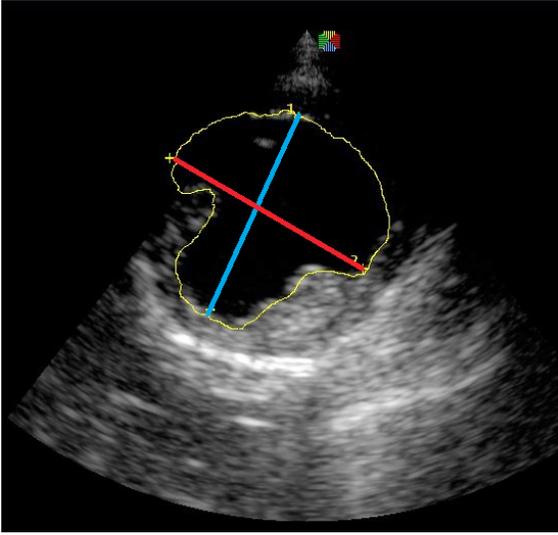


Imagen N° 2: Imagen de un eje largo, corte apical del ventrículo izquierdo, obtenida desde la ventana paraesternal izquierda. La línea azul corresponde al eje largo, la roja al eje corto, y la amarilla al área medida por planimetría.

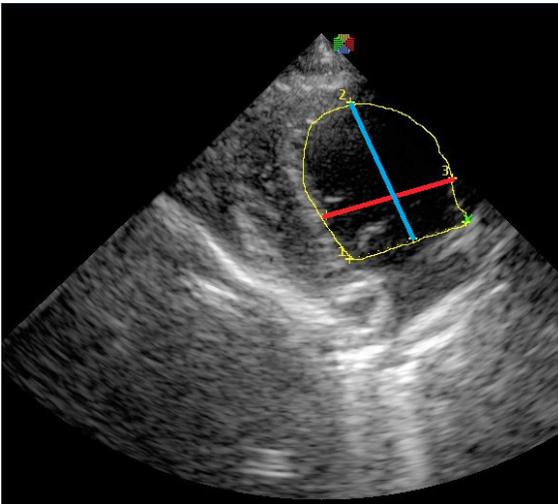


Tabla N° 1: valor resultante de la división del Eje largo/Eje corto y área en eje largo/área en eje corto en pacientes normales y con insuficiencia mitral crónica en fase II.

Animales normales	Largo/ancho	Area eje largo/area eje corto
1	1,56	1,54
2	1,68	1,55
3	1,7	1,61
4	1,45	1,42
5	1,81	1,5
6	1,56	1,48
7	1,78	1,71
8	1,72	1,58
9	1,52	1,46
10	1,79	1,57
11	1,66	1,34
12	1,84	1,61
13	1,4	1,57
14	1,4	1,25
15	1,6	1,37
16	1,62	1,49
17	1,59	1,47
Animales mitrales	Largo/Ancho	Area eje largo/srea eje corto
1	1,21	1,19
2	1,13	1,12
3	1,32	1,2
4	1,53	1,36
5	1,13	1,14
6	1,08	1,09
7	1,11	1,12
8	1,17	1,1
9	1,29	1,21
10	1,16	1,11
11	1,13	1,1
12	1,31	1,19
13	1,2	1,16
14	1,48	1,24
15	1,05	1,06
16	1,38	1,21
17	1,49	1,22

Tablas N° 2 y 3: estadísticas descriptivas para las variables en cada uno de los grupos

### **Medidas de Largo/ancho**

- Tabla N° 2: Intervalos de confianza

#### *Bilateral*

#### *Estimación paramétrica*

<i>grupo</i>	<i>Variable</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>E.E.</i>	<i>n</i>	<i>LI(95%)</i>	<i>LS(95%)</i>
mitrales	Largo/ancho	Media	1,245	0,037	17	1,168	1,323
mitrales	Largo/ancho	Varianza	0,023	0,008	17	0,013	0,053
normales	Largo/ancho	Media	1,628	0,033	17	1,557	1,699
normales	Largo/ancho	Varianza	0,019	0,007	17	0,011	0,044

- Tabla N° 3: Shapiro-Wilks (modificado)

<i>grupo</i>	<i>Variable</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>W*</i>	<i>p(Unilateral D)</i>
mitrales	Largo/ancho	17	1,25	0,15	0,88	0,0620
normales	Largo/ancho	17	1,63	0,14	0,92	0,3638

Tablas N° 4, 5 y 6: comparación de las medias poblacionales para la variable largo/ancho en ambas poblaciones, (Prueba de ADEVA)

- Tabla N° 4: Análisis de la varianza

<i>Variable</i>	<i>n</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Aj</i>	<i>CV</i>
Largo/ancho	34	0,65	0,64	10,07

- Tabla N° 5: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	1,25	1	1,25	59,58	<0,0001
grupo	1,25	1	1,25	59,58	<0,0001
Error	0,67	32	0,02		
Total	1,92	33			

- Tabla N° 6: Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10110

Error: 0,0209 gl: 32

grupo	Medias	n	E.E.	
normales	1,63	17	0,04	A
mitrales	1,25	17	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Tablas N° 7 y 8: medidas de Área eje largo/área eje corto

- Tabla N° 7: Intervalos de confianza

*Bilateral*

*Estimación paramétrica*

grupo	Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
mitrales	Área eje largo/ área eje co..	Media	1,166	0,018	17	1,128	1,204
mitrales	Área eje largo/ área eje co..	Varianza	0,005	0,002	17	0,003	0,012
normales	Área eje largo/ área eje co..	Media	1,501	0,027	17	1,443	1,559
normales	Área eje largo/ área eje co..	Varianza	0,013	0,004	17	0,007	0,029

- Tabla N° 8: Shapiro-Wilks (modificado)

grupo	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
mitrales	Área eje largo/ área eje co..	17	1,17	0,07	0,93	0,3653
normales	Área eje largo/ área eje co..	17	1,50	0,11	0,97	0,9268

Tablas N° 9, 10 y 11: comparación de las medias poblacionales para la variable área eje largo/área eje corto en ambas poblaciones (Prueba de ADEVA)

- Tabla N° 9: Análisis de la varianza

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Área eje largo/ área eje co..	34	0,768	0,761	7,126

- Tabla N° 10: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	0,956	1	0,956	105,813	<0,0001
grupo	0,956	1	0,956	105,813	<0,0001
Error	0,289	32	0,009		
Total	1,245	33			

- Tabla N° 11: Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06643

Error: 0,0209 gl: 32

<i>grupo</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	
normales	1,501	17	0,023	A
mitrales	1,166	17	0,023	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Tablas N° 12, 13 y 14: regresión entre las variables en estudio en ambos grupos.

- Tabla N° 12: Análisis de regresión lineal

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Aj</i>	<i>ECMP</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
Largo/ancho	34	0,86	0,85	0,01	-58,82	-51,19

- Tabla N° 13: Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

<i>Coef</i>	<i>Est.</i>	<i>E.E.</i>	<i>LI(95%)</i>	<i>LS(95%)</i>	<i>T</i>	<i>p-valor</i>	<i>CpMallows</i>
const	0,57	0,31	-0,06	1,21	1,84	0,0760	
Área eje largo/ área eje co..	0,70	0,21	0,28	1,13	3,38	0,0020	14,07
grupo mitrales	-1,53	0,49	-2,52	-0,54	-3,14	0,0037	12,60
grupo mitrales Área eje de la..	1,19	0,38	0,41	1,96	3,11	0,0040	12,41

• Tabla N° 14: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	1,65	3	0,55	62,85	<0,0001
Área eje largo/ eje corto	0,10	1	0,10	11,40	0,0020
grupo mitrales	0,09	1	0,09	9,89	0,0037
grupo mitrales/ Área eje de la..	0,08	1	0,08	9,69	0,0040
Error	0,26	30	0,01		
Total	1,92	33			

Gráfico N° 1: función de probabilidad estimada para largo/ancho.

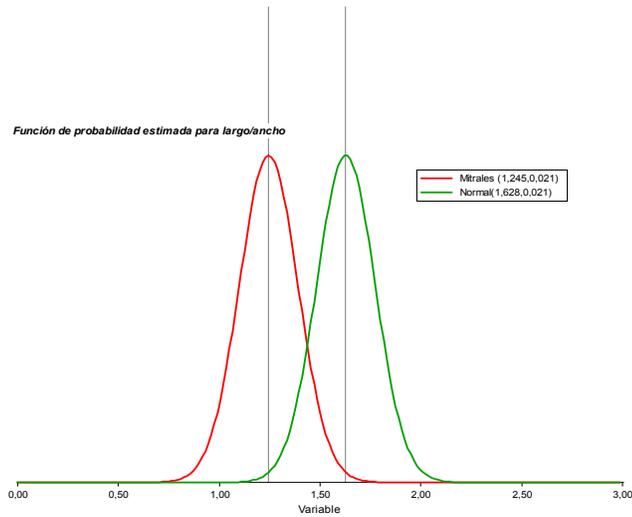


Gráfico N° 2: relación largo/ancho en ambos grupos.

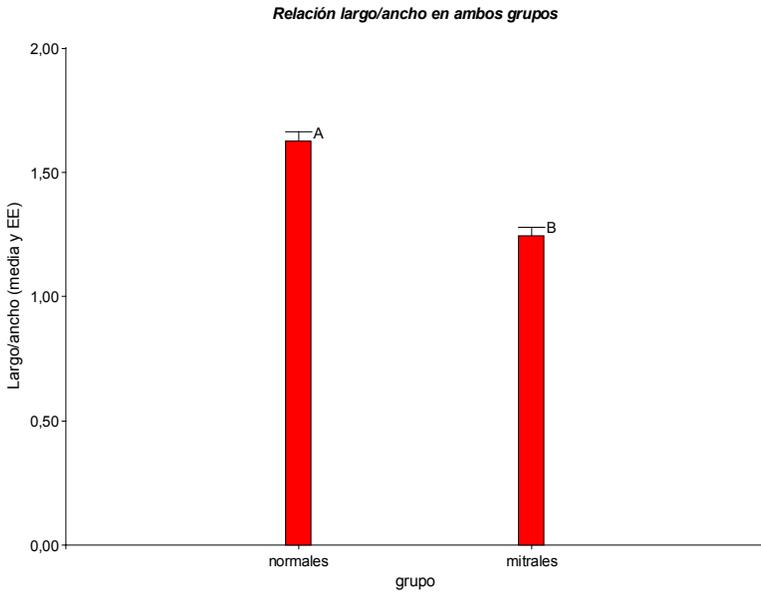


Gráfico N° 3: función de densidad estimada para área eje largo/área eje corto.

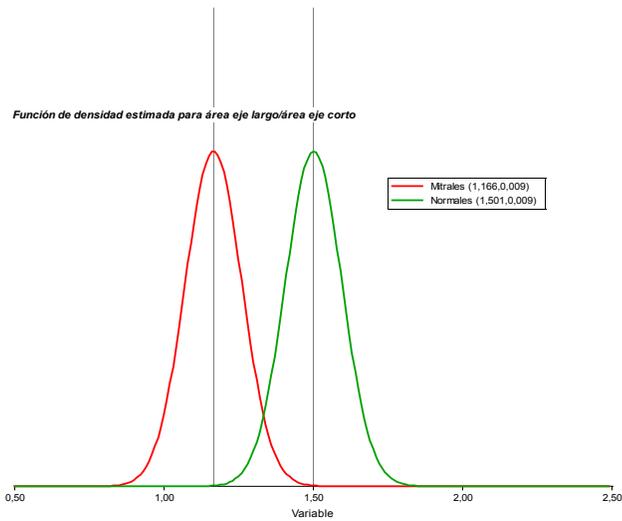


Gráfico N° 4: relación área eje largo/área eje corto en ambos grupos.

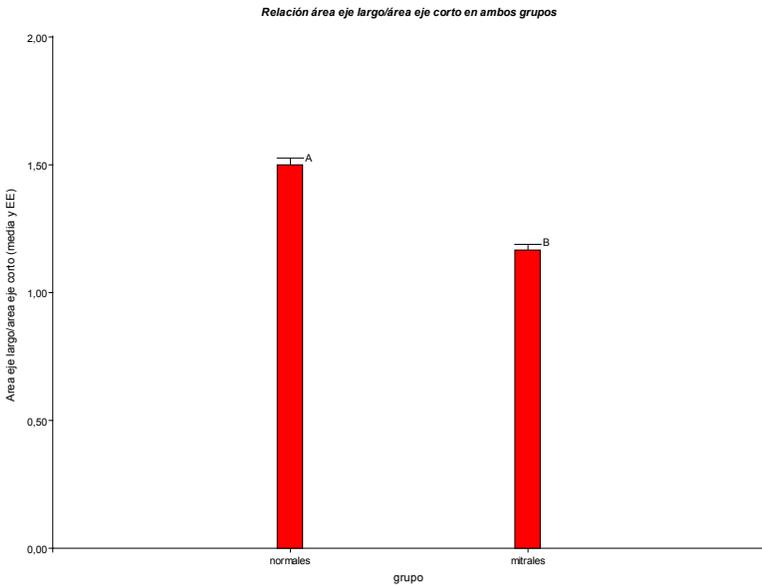


Gráfico N° 5: regresión entre las variables en estudio en ambos grupos.

