

Determinación de los valores normales del índice de Tei (índice de performance miocárdico) y otros parámetros ecocardiográficos doppler de la función ventricular izquierda en caninos sanos

Iván Álvarez* / Carlos Ortiz** / Luis Eduardo Cruz***

RESUMEN

La falla cardíaca está relacionada con anormalidades en la contracción y relajación ventricular. Estudios recientes han mostrado que en la mayoría de los pacientes con insuficiencia cardíaca coexisten alteraciones de la función sistólica y diastólica, y en algunos casos la función sistólica es normal pero la falla cardíaca es generada por disfunción ventricular diastólica. El índice de *performance* miocárdico (tiempo de contracción isovolumétrica sumado al tiempo de eyección ventricular dividido el tiempo de eyección, “Índice de Tei”) ha sido descrito como una manera más efectiva para el análisis de la Disfunción Miocárdica Global que otros parámetros de función sistólica y diastólica. Con base en estos antecedentes,

los autores determinaron el valor normal del índice de Tei para el ventrículo izquierdo en caninos sanos en la ciudad de Bogotá (2.600 msnm) con el objeto de utilizar dicho valor como índice de la función sistodiastólica. Se obtuvo un valor medio de 0,33 con un desvío estándar de 0,10. Asimismo pudo verificarse que no existe correlación con la frecuencia cardíaca, peso corporal ni con la fracción de eyección ventricular izquierdo ($P < 0,05$).

Palabras clave: falla cardíaca, índice de Tei, ecocardiografía doppler, disfunción sistólica y diastólica.

* MV, M.Sc. Docente del Departamento de Fisiología y Clínica de pequeños Animales de la Universidad de La Salle, Centro de Investigaciones CISAHE – ULS. Correo electrónico: ivalvarez@unisalle.edu.co

** MD, Esp. Cardiología. Cardiólogo del Hospital Universitario La Samaritana Bogotá –Colombia.

*** MD. Anestesiólogo, Intensivista. Profesor Coordinador Unidad de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá –Colombia.

Fecha de recepción: octubre 29 de 2009.

Fecha de aprobación: febrero 26 de 2010.

DETERMINATION OF TEI INDEX (INDEX OF MYOCARDIAL PERFORMANCE) AND OTHER ECHOCARDIOGRAPHY DOPPLER PARAMETERS OF LEFT VENTRICULAR FUNCTION IN HEALTHY DOGS

ABSTRACT

Congestive heart failure is related to contraction and relaxation ventricle abnormalities. Recent studies had shown that in the majority of the patients with congestive cardiac failure coexist alteration of systolic and diastolic function and in many cases the systolic function is normal and the cardiac failure is supported only by the diastolic dysfunction. A combined myocardial performance index (isovolumetric contraction time plus isovolumetric relaxation time divided by ejection time, 'Tei-Index') has been described which may be more effective for analysis of global cardiac dysfunction than systolic and dias-

tolic measures alone. Supported by these previous information, the authors determined the normal value of the left ventricular Tei index in healthy dogs at Bogotá (at an altitude of 2600 mosl) in order to evaluate the systodiastolic function. A mean value of 0,33 with a standard deviation of 0,10 was obtained. No correlation exists with cardiac rate), body weight neither with ejection fraction ($P > 0,05$).

Keywords: heart failure, tei index, echocardiography, systolic and diastolic dysfunction.

INTRODUCCIÓN

La ecocardiografía es un método diagnóstico no invasivo, seguro (no radiación) y de amplia utilización en la clínica, que permite la evaluación anatómica funcional del corazón. Sin ninguna duda, se puede decir que la ecocardiografía revolucionó la cardiología en medicina humana y veterinaria, ya que permite observar en tiempo real la actividad mecánica del corazón, cuantificar el tamaño y la función cardiaca. Los estudios ecocardiográficos en medicina veterinaria, se remontan a los últimos treinta años y su uso ha desplazado a técnicas complejas e invasivas como la cateterización y la angiografía (Bonagura, 1998a).

Recientemente se ha demostrado que en la mayoría de los pacientes con insuficiencia cardiaca coexisten tanto alteraciones de la función sistólica como alteraciones diastólica (Aurigemma, 2004) y, en muchos casos, la función sistólica se encuentra normal como sucede en los pacientes con hipertensión arterial (Sanderson, 2007) o caninos con Degeneración valvular mixomatosa (Zile, 2004; Teshima, 2007).

Actualmente, la ecocardiografía se ha convertido en el método no invasivo estándar para la evaluación tanto de la función sistólica como diastólica del ventrículo izquierdo (Nishimura, 1989; Bonagura 1998a; Popovic, 2006). En la disfunción sistólica, la contractilidad está deprimida, cualquier alteración miocárdica puede generar disfunción sistólica; dentro de las evaluaciones más frecuentes para determinar la función sistólica se incluyen los índices de la fase de eyección, fracción de acortamiento, velocidad de acortamiento de las fibras circunferenciales, flujos aórticos, índice cardiaco, entre otros (Hahn, 2007).

La disfunción diastólica está determinada por propiedades elásticas pasivas del ventrículo izquierdo y por procesos de relajación activa. Las propiedades elásticas pasivas generalmente son causadas por un incremento de la masa miocárdica y alteración en

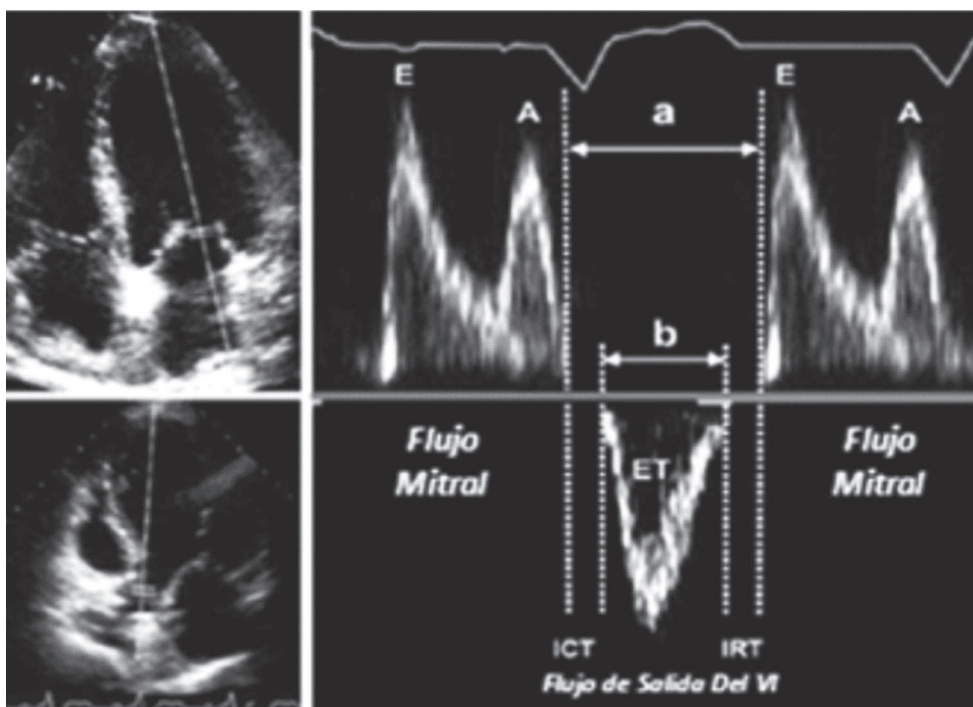
la red de colágeno extramiocárdico (Zile, 2002). La afección de los procesos de relajación activa hace que el ventrículo sea rígido, menos distensible, lo que produce una disminución en el tiempo de llenado y una elevación de la presión diastólica, aumentando la presión venosa central, o el tono venoso incrementado la presión hidrostática de los capilares generando edemas. Dentro de las evaluaciones más frecuentes para determinar la función diastólica se incluyen los flujos trasmitrales, el tiempo de relajación isovolumétrica, el flujo venoso pulmonar, así como la relación entre la velocidad diastólica temprana trasmitral y la velocidad diastólica pulmonar (Hori, 2008).

La insuficiencia cardiaca puede ser producida por una afectación de la función sistólica con una disminución del volumen latido o por una alteración del llenado ventricular que condiciona una falla diastólica. En muchos pacientes la falla sistólica y diastólica coexisten (Burgess, 1998). El autor Chuwa Tei (1995) propone su índice que evalúa la función sistólica y la diastólica de forma combinada, por tanto valora la función cardiaca globalmente.

El índice de Tei (IC) ha tenido amplia difusión dentro de la comunidad Ecocardiografía en Japón y EE.UU., ya que es simple de obtener, reproducible e independiente de la frecuencia cardiaca y la presión arterial (Tei, 1995). Diversos estudios lo han correlacionado con la severidad clínica de la IC en pacientes con miocardiopatía dilatada, amiloidosis cardiaca y tras un infarto agudo del miocardio (Tei, 1996).

Sin embargo, en medicina humana, trabajos más recientes utilizan el índice de Tei en la evaluación de la función del ventrículo izquierdo en pacientes con hipertensión arterial esencial (Burgess, 1998; Kang, 1998). Este índice se calcula a través de Ecocardiografía espectral localizando el Doppler pulsado en la válvula mitral y aórtica (figura 1).

Figura 1. Registro ecocardiográfico del Índice de Tei



La figura de arriba muestra una vista apical de cuatro cámaras registrando los flujos trasmitrales con Doppler pulsado; la figura de abajo sostiene el Volumen. Muestra sobre el plano valvular aórtico en la vista apical con Doppler pulsado. ICT: Tiempo de contracción Isovolumétrica, IRT: Tiempo de Relajación isovolumétrica, ET: es Tiempo de eyección ventricular aórtico. Fuente: Tei,1997.

El acortamiento del índice de Tei ha sido planteado en estudios previos utilizados en modelos animales y en medicina humana (Cannesson, 2006; Uzunhasan, 2006) y se asocia con una disminución del volumen latido lo que provoca un cierre prematuro de la válvula aórtica, que es uno de los factores que prolonga la relajación isovolumétrica. La precisión diagnóstica del índice en relación con grados diferentes de afectación de la función cardiaca global es motivo de investigación en la actualidad.

Kang y otros encontraron que el Índice de Tei (IT) puede ser un indicador precoz de afección en pacientes con cardiopatía hipertensiva aun con función sistólica preservada (Kang, 1998). Marin y otros demostraron que el IT era más sensible que la Fracción de Eyección para detectar alteraciones de la función

cardiaca en pacientes con cardiopatía isquémica confirmada angiográficamente (Marin, 1998).

$$\text{ÍNDICE DE TEI} = \frac{\text{ICT} + \text{IRT}}{\text{ET}} = \frac{a - b}{b}$$

Burgess y otros (año), en una serie de pacientes humanos, encontraron un Índice de Tei (IT) significativamente mayor en pacientes con infarto miocárdico complicado, además el IT fue el indicio más específico de muerte cardiovascular (Burgess, 1998). El Índice Tei es otro método no invasivo de evaluación de la función miocárdica global, independiente de la frecuencia cardiaca y útil para estimar la severidad y pronóstico de la afectación miocárdica, sin embargo,

este dato en animales caninos dista de ser aceptado universalmente. En caninos este índice puede llegar a ser un evaluador tanto de la alteración de la función sistólica como disfunción de la diastólica, hecho que puede tener implicancias diagnósticas, terapéuticas y pronósticas (Lightowler, 2006).

Bruch *et ál.*, del Departamento de Cardiología de la Universidad de Essen en Alemania, registraron el Índice de Tei en pacientes humanos con insuficiencia cardiaca congestiva leve a moderada, independientemente de la etiología, en ellos encontraron que el Índice de Tei puede incrementarse a medida que se agrava la enfermedad cardiaca y que al ser independiente de la frecuencia cardiaca y la presión arterial puede ser un predictor de la función ventricular izquierda (Marín, 1998).

Dado que la función ventricular global determina del desempeño cardiaco, es predecible que los índices clásicos de función sistólica y los de función diastólica no tengan la mejor capacidad de discriminación de la función cardiovascular alterada, requiriéndose integrar los dos momentos de la actividad ventricular para evaluar su rendimiento (Brutsaert, 2006). Esta hipótesis ha sido trabajada, el Índice de Tei involucra tanto medidas en sístole como en diástole y por la evidencia publicada se ha convertido en un buen indicador de la función ventricular global tanto en humanos (Kang, 1998; Marín, 1998; Brunch, 2000) como en caninos (Dukes-McEwan, 2002; Lightowler, 2006).

Un gran número de índices derivados de la ecocardiografía ha aparecido con el fin de determinar la función del ventrículo izquierdo para pronosticar y evaluar un manejo terapéutico adecuado. Aunque en la literatura universal se encuentran estudios sobre la ecocardiografía veterinaria, aún existen discusiones sobre los valores normales, variación en las diferentes razas, efectos de la altitud, edad, peso, etc.

Este trabajo pretende determinar el Índice de Tei y otras variables Ecocardiograficas Doppler en caninos sanos; con el objeto de establecer su valor medio normal a la altura de Bogotá, Colombia (2.600 msnm) y emplearlo como herramienta diagnóstica para categorizar el grado de insuficiencia cardiaca de los pacientes caninos cardiopatas y verificar la existencia o no de correlación entre el parámetro estudiado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población del estudio estuvo compuesta por treinta y un caninos (*Canis familiaris*) de diferentes razas entre los dos y quince años de edad (calculada mediante cronometría dentaria), de peso entre 7 y 30 kg, sin distinción de sexo. Estos animales fueron suministrados voluntariamente por propietarios de mascotas en diferentes centros veterinarios de salud; algunos animales fueron obtenidos del centro de autoridad sanitaria de Bogotá (Centro de Zoonosis) los cuales se encontraban dentro de un plan de control antirrábico. Los perros fueron sometidos a un examen clínico general y cardiológico. Para asegurar la exclusión de enfermedad sistémica y/o condiciones circulatorias específicas se realizaron registros electrocardiográficos (Electrocardiógrafo Shiller AT 101. de 3 canales) con seis derivaciones (DI,II,III, aVR, aVL, aVF), un estudio ecocardiográfico bidimensional y Doppler de las cuatro válvulas cardiacas. Se excluyeron animales con sintomatología cardiovascular, con malas ventanas Ecocardiográficas, con arritmias patológicas o alteraciones Ecocardiográficas.

Todos los animales fueron registrados sin anestesia, ni ninguna forma de sujeción química, en decúbito lateral realizando cortes convencionales en ventanas paraesternal derecha e izquierda. Previo al inicio de cada examen ecocardiográfico los animales fueron pesados en una báscula convencional y se dio espera de diez minutos antes de realizar el registro para permitir que los animales se aclimataran y se tranquilizaran.

ECOCARDIOGRAFÍA DOPPLER COLOR Y ESPECTRAL

Se colocaron los animales en decúbito lateral derecho donde se realizaron cortes longitudinales y transversales que fueron almacenados en la memoria del equipo. De acuerdo al tamaño del animal se utilizaron transductores entre 5 – 7 mHz (Ecocardiógrafo LG VIVID-i BT06 MFG Doppler Color, Doppler continuo CW, Doppler pulsado PW, M-Modo, Angio, Tissue Harmonics). Luego se ubicó al animal en decúbito lateral izquierdo, donde se realizaron cortes longitudinales y transversales buscando proyecciones habituales (eje longitudinal, eje transversal y cuatro cavidades) utilizando modo M, modo B, doppler color y espectral. En cada paciente se promediaron tres registros en un intervalo de cinco minutos.

Se realizaron registros Doppler color y espectral (pulsado y continuo). El patrón de llenado del Ventrículo Izquierdo (VI) se registró en la vista de cuatro cámaras apical, el volumen de muestra se situó al nivel de las puntas de las valvas de la mitral, tricúspide, aórtica y pulmonar. El patrón de flujo del tracto de salida del VI se obtuvo en la vista de eje largo apical con el volumen de muestra por debajo de la válvula aórtica. Todas estas imágenes se tomaron a una velocidad de barrido de 50 m/s y fueron grabadas en vídeo.

El Índice de Tei se determinó siguiendo lineamientos establecidos por Tei (1995). Se midió el intervalo de tiempo entre el cierre del llenado ventricular izquierdo (final de la onda A) y el comienzo de dicho llenado (comienzo de la onda E), denominando esta el tiempo *a* y el tiempo de eyección ventricular izquierdo (TEVI), utilizando en ambos casos doppler pulsado (figura 1).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos son expresados en: promedios, mediana, moda, valores mínimos y máximos, rangos, desvia-

ción estándar y varianzas de las variables cuantitativas. Se realizan tablas de distribución de frecuencias (porcentajes) para variables cualitativas. Se realizan pruebas de normalidad, utilizando la Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis de medias se utilizó el test de t-Student. Se estableció la correlación de Pearson entre el índice TEI y otros indicadores de función ventricular. La significancia estadística se determinó con un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los valores de las variables Ecocardiográficas Modo M, Modo B, y valores normales Doppler obtenidos se encuentran en la tabla 1. En el presente estudio los valores del Índice de Tei fueron 0,33 con desviación estándar de 0,10.

Tabla 1. Características y valores de las mediciones ecocardiográficas en caninos sanos (n = 31)

	Caninos Sanos
NÚMERO	31
FC (Latidos/minuto)	131 ± 20
FE (%)	69 ± 9
FA (%)	38,9 ± 7
Vcf (%/ms)	0,25 ± 0,07
AI/Ao	1,08 ± 0,07
ICT + IRT (ms)	68,7 ± 23
TE (ms)	157,5 ± 18,7
TEI	0,33 ± 0,10
Onda E Mitral(m/s)	0,66 ± 0,16
Onda A Mitral (m/s)	0,47 ± 0,13
E/A	1,45 ± 0,44
TD (ms)	87,05 ± 17,3
PD (m/s ²)	7,87 ± 2,68
Ao Vmax (m/s)	0,98 ± 0,20
Po Vmax (m/s)	0,96 ± 0,17

Abreviaturas: Tiempo de Eyección Aórtico (TE); Velocidad máxima de la onda E (Onda E); Velocidad

máxima de la onda A (Onda A); Tiempo de Desaceleración de la onda E (TD); Pendiente de Desaceleración de la onda E (PD); Velocidad máxima de flujo Aórtico (Ao Vamax); Velocidad máxima de flujo Pulmonar (Po Vamax); Relación de velocidad de la onda E/A (E/A); Suma de tiempo de contracción isovolumétrica y relajación isovolumétrica (ICT + IRT); Índice de desempeño miocárdico o TEI (TEI); Fre-

cuencia Cardíaca (FC); Relación Aurícula izquierda/raíz Aorta (AI/Ao); Velocidad de las fibras circunferenciales (Vcf).

En los animales no se encontró ninguna correlación significativa entre el Índice Tei y la frecuencia cardíaca, el peso, la edad y la fracción de eyección (figuras 2, 3, 4).

Figura 2. Relación entre el Índice Tei del VI y el peso corporal en perros sanos. El Índice Tei no tiene una correlación significativa con el peso corporal (ns = no significancia).

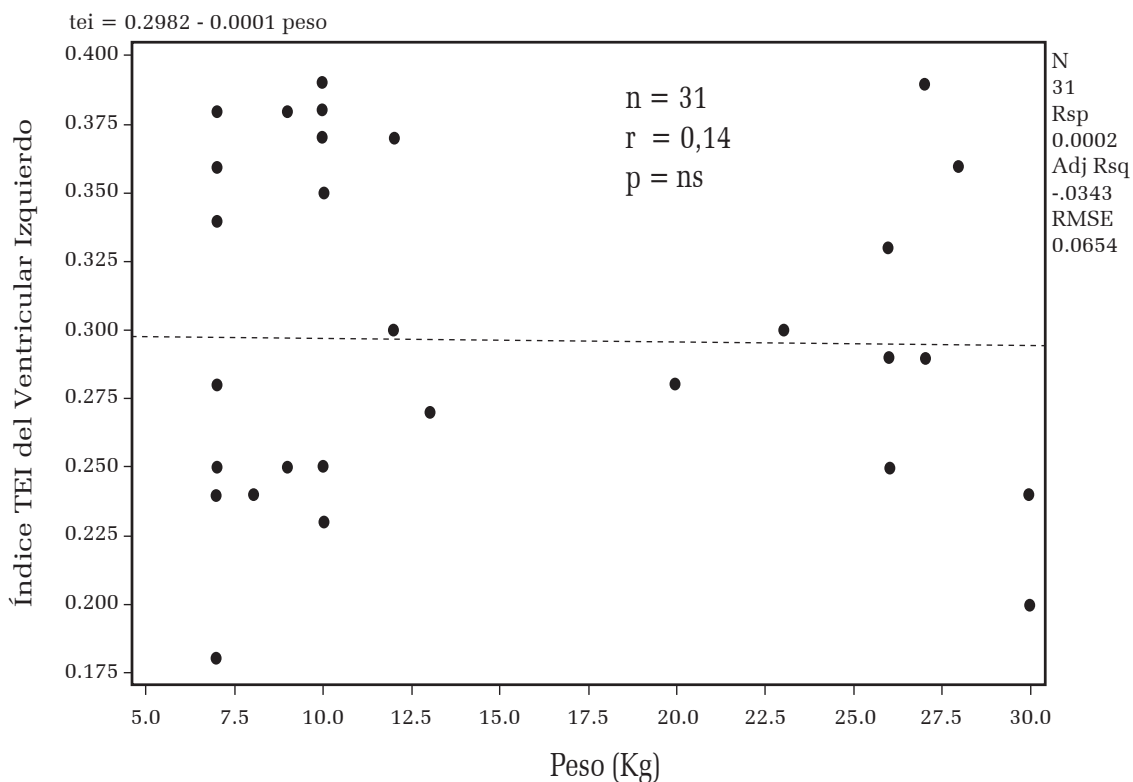


Figura 3. Relación entre el Índice Tei del VI y la frecuencia cardiaca en perros sanos. El Índice Tei no tiene una correlación significativa con la frecuencia cardiaca (ns = no significancia).

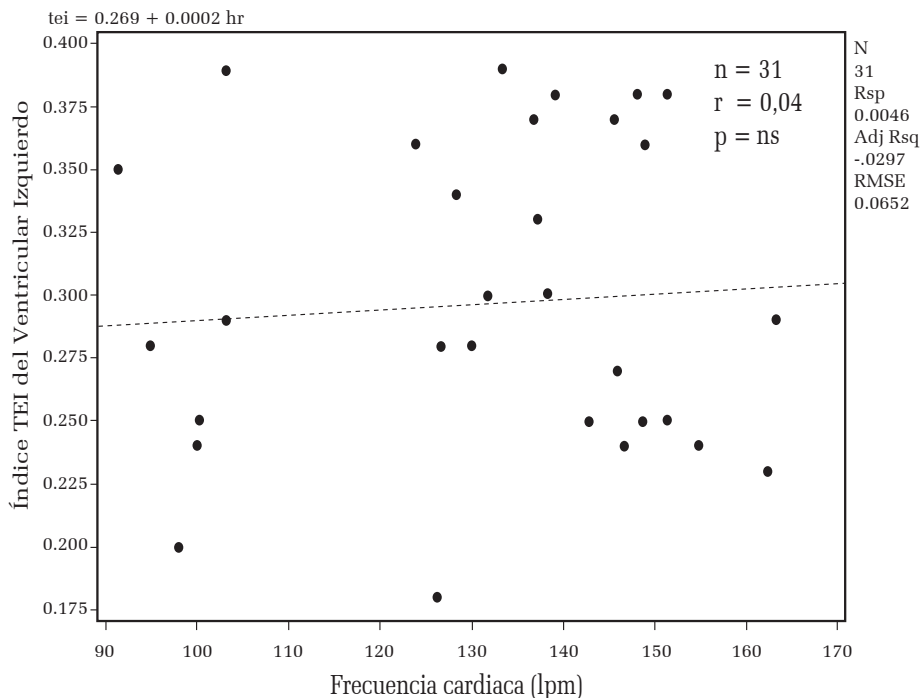
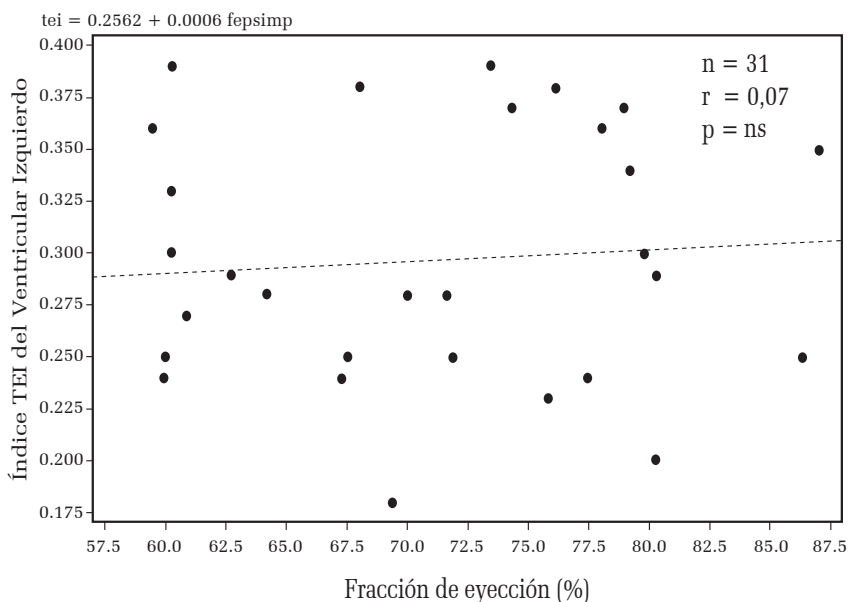


Figura 4. Relación entre el Índice Tei del VI y la fracción de eyección obtenida por método de Simpson modificado en perros sanos. El Índice Tei no tiene una correlación significativa con la fracción de eyección (ns = no significancia)



DISCUSIÓN

Un gran número de índices derivados de la ecocardiografía han venido apareciendo con el fin de determinar la función del ventrículo izquierdo para pronosticar y evaluar un manejo terapéutico adecuado. Los valores del Índice de Tei en caninos sanos a la altura de Bogotá (2.600 msnm) independiente de la edad y la raza, fue de $0,33 \pm 0,10$; este valor coincide con los estudios publicados por varios autores (tabla 2). Cabe aclarar que los valores obtenidos en el presente estudio para los caninos normales son semejantes a los obtenidos en humanos sanos, así como también las correlaciones con la frecuencia cardíaca y fracción de eyección.

Igual que otros estudios, en este trabajo el Índice de Tei no se correlacionó con la edad, ni con el peso, ni la frecuencia cardíaca, lo que lo hace valioso en la evaluación de la función ventricular de manera independiente a la morfología del paciente (Eidem 1998; Eto 1999; Bruch, 2000). Sólo encontramos el trabajo de Teshima (2007) en el que hay correlación significativa entre el Índice de Tei con la edad, lo que significa que aún no hay evidencia científica de sus variaciones según edad ni peso.

Tabla 2. Valores Normales del Índice de Tei (índice de performance miocárdico) en caninos sanos

Publicaciones	Índice de Tei
Lightowler, Barrios, Casalonga, (2006)	$0,372 \pm 0,04$ n = 58
Teshima, Kazushi, Koji, Hiroshi, Masami, Yuka (2007)	$0,38 \pm 0,10$ n = 125
Camacho Aparecido, Marlos, Gonçalves, Sousa, Roberta, Newton Nunes (2007)	$0,43 \pm 0,10$ n = 16
Baumwart, Meurs, Bonagura (2005).	$0,35 \pm 0,05$ n = 45
Álvarez, Ortiz, Cruz (2010)	$0,33 \pm 0,09$ n = 31

Uno de los parámetros para evaluar la función cardíaca, y en especial para cuantificar la función Diastólica, es el flujo transmitral (Virginia, 2003) como la velocidad pico de la onda E, la velocidad pico de la onda A, la relación entre las velocidades pico E/A, la pendiente y el tiempo de desaceleración Isovolumétrica de la onda E (Bonagura, 1998). Se ha encontrado que esos patrones de flujo transmitrales para el llenado ventricular pueden estar influidos por otros factores fisiológicos en sujetos normales, como la edad, donde la proporción E/A puede verse reducida en perros viejos igual que ocurre en las cardiopatías (Vandenberg, 1990).

Adicional a estos datos de velocidad del flujo transmitral, se pueden medir los tiempos de aceleración y desaceleración y calcular la pendiente de desaceleración de la onda E, que ayudaría a estimar la función ventricular izquierda (Bonagura, 1998a). Sin embargo, en el presente estudio no se encontró diferencias estadísticamente significativas en estas medidas, posiblemente por la influencia de la edad y la imposibilidad de la maniobra de Válsala en los caninos.

La evaluación de la función diastólica del ventrículo izquierdo presenta dificultades, la cual, por problemas de técnica puede arrojar valores anormales aun en pacientes cardiológicamente sanos y viceversa. Por ello es que se considera que una prueba ideal para evaluar la insuficiencia cardíaca en forma no invasiva sería aquella que permitiera integrar de forma simultánea y no aislada la evaluación de las funciones sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo y que no fuera influenciada por las condiciones de carga, ni por la frecuencia cardíaca.

Aunque en la literatura universal se encuentran estudios sobre la ecocardiografía veterinaria, aun existen discusiones sobre los valores normales, variación en las diferentes razas, efectos de la altitud, edad, peso, etc. Razón por la que con este trabajo se pretende determinar diferentes parámetros ecocardiográficos

Doppler de la función del ventrículo izquierdo en caninos sanos, en la ciudad de Bogotá ubicada a los 2.600 msnm.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actual investigación se reporta por primera vez en nuestro medio que el Índice de Tei es un indicador sensible y reproducible en la disfunción cardiaca en caninos sanos. En la población evaluada, el índice fue fácilmente medido en todos los sujetos y se demostró que no se ve afectado por la frecuencia cardiaca, el peso o la edad.

Adicionalmente, los resultados confiables de la ecocardiografía dependen de las características mismas del equipo, de la calidad de la imagen, la posición

del transductor, el ángulo de interrogación Doppler, la posición del paciente, la variabilidad intra e inter observacional de cada evaluador, la posición del corazón dentro del sujeto, entre otros factores.

La función circulatoria y cardiaca debe responder a las adaptaciones, a la altitud donde la hipoxia hipóbárica es el medio que afecta el desarrollo y desempeño de los seres vivos. La altura de Bogotá (2.600 msnm) ofrece un reto fisiológico con potenciales alcances clínicos, hasta ahora no estudiados completamente. Este estudio presenta valores ecocardiográficos e índices cardiacos normales en caninos sanos a los 2600 msnm exclusivamente; por tanto, se sugiere continuar la investigación de estos parámetros para determinar las influencias que puedan tener sobre ellos la altitud y la presencia de cardiopatías.

BIBLIOGRAFÍA

- Aurigemma, G. y Gerard, W. "Diastolic Failure Heart". *N Engl J Med* 351. (2004): 1097-1105.
- Baumwart, RD.; Meurs, KM. y Bonagura, JD. "Tei index of myocardial performance applied to ventricle in normal dogs". *J Vet Intern Med* 19. 6. (2005): 828-832.
- Bolton, G. *Principles of Electrocardiography in Canine in Handbook of canine and feline ECG*. CIUDAD: Saunders, 1987.
- Boon, J. *Manual of Veterinary Echocardiography*. William & Wilkins, 1998.
- Bonagura, J. y Millar, D. "Doppler Echocardiography I". *Vet Clinics of North America* 28. 6. (1998a): 1325 - 1359.
- . "Doppler Echocardiography II". *Vet Clinics of North America* 28. 6. (1998b): 1529-1560.
- Brown, D.; Knight, D. y King, R. "Use of pulsed-Wave Doppler echocardiography to determine aortic and pulmonary velocity and flow variables in clinically normal dogs". *Am J Vet Res* 52. (1991): 543.
- Brutsaert, D. y Keulenaer, G. "Diastolic Heart failure: a myth". *Current Opinion in Cardiology* 21. 3. (2006): 240-248.
- Burgess, M. y Ray, S. "Use of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic function in patients after myocardial infarction". *Rev Echocardiogr* 15. 8. (1998): 12.
- Camacho Aparecido, Marlos Gonçalves Sousa, Roberta Carareto, Andriago Barboza De-Nardi, Fábio L.C. Brito, Newton Nunes . "Effects of isoflurane on Tei-index of myocardial performance in healthy dogs". *Can Vet J* 48. (2007): 277-282.

- Cannesson, M., Didier, J. Michael, R. y Gorcsan, J. "Effects of modulation of left ventricular contractile state and loading conditions on tissue Doppler myocardial performance index". *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 290. (2006): 1952–1959.
- Chen, C.; Rodríguez, L. y Guerrero, J. "No invasive estimation of the instantaneous first derivative of Left ventricular pressure using continuous – wave Doppler echocardiography". *Circulation* 83. (1991): 2101.
- Dukes- McEwans, L. *et ál* "Evaluation of a novel Doppler index of combined of systolic and diastolic myocardial performance in dilated cardiomyopathy". *Vet Radiol Ultrasoun* 47. (2002): 154-165.
- Eidem, B. *et ál*. "Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly". *J. Am. Soc. Echocardiogr* 11. (1998): 849–856.
- Eto, G. *et ál*. "Assessment of global left ventricular function in normal children and in children with dilated cardiomyopathy". *J. Am. Soc. Echocardiogr* 12. (1999): 1058–1064.
- Ettinger, S. y Feldman, E. Fisiopatología de la Insuficiencia Cardíaca en Tratado de Medicina Interna Veterinaria. Elsevier Saunders, 2007.
- Fox, P. y Moise, S. *Echocardiography and Doppler Imaging in Textbook of canine and feline Cardiology*. Philadelphia: W.B Saunders, 1988.
- Hahn, H. "Quantitative left ventricular systolic function: From chamber to myocardium". *Crit Care Med* 35. 8. (2007): 535-551.
- Hori, Y. *et ál*. "Assessing Diastolic Function with Doppler Echocardiography Using a Novel Index: Ratio of the Transmitral Early Diastolic Velocity to Pulmonary Diastolic Velocity". *J. Vet. Med. Sci* 70. 4. (2008): 359–366.
- Jessup, M. y Brozena, S. "Heart Failure". *New England Journal* 348. 20. (2003): 2007-2018.
- Kang, SM.; Ha, JW.; Rim, SL. y Chung, N. "Index of myocardial performance using Doppler parameters in the evaluation of left ventricular function in patients with essential hypertension". *Yonsei Md J* 39. 5. (1998): 446–452.
- Lightowler, C.; *et ál*. "Determinación del valor normal del índice de Tei del ventrículo izquierdo en caninos sanos". *InVet* 8. 1. (2006): 41–49.
- Mancini, G. y Costelo, D. "The isovolumic index: a new noninvasive approach to the assessment of the left ventricular function in man". *Am J Cardiol* 50. (1982): 1401-1408.
- Mann, L. "Mechanisms and Models in Heart Failure: A Combinatorial Approach". *Circulation* 100. (1999): 999–1008.
- Marin DM, Katz MA, Bruch C, Bartel T, Baumgart D, Erbel, R. The new doppler Tei index as a sensitive adjunctive parameter for assessment of cardiac function in coronary artery disease. En: *Rev Echocardiogr*; 15. 8. (1998): 12.
- Mikkelsen, K.; Moller, J.; Bie, P. y Hghfelt, T. "Tei Index neurohormonal activation in patients with incident heart failure: Serial changes and prognostic value". *European Journal of Heart Failure* 8. (2006): 599–608.
- Nishimura, RA.; Abel, MD. y Hatle, LK. "Significance of Doppler indices of diastolic filling of the left ventricle: Comparison with invasive hemodynamic in a canine model". *Am Heart J* 118. (1989): 1248.
- Popovic. Assessment of Left Ventricular Function by Cardiac Ultrasound. *Journal of the American College of Cardiology* 48. 10. (2006).
- Sanderson, J.E. "Heart failure with a normal ejection fraction". *Heart* 93. (2007): 155–158.

- Sisson, D. "Neuroendocrine evaluation of cardiac disease". *Vet Clin Small Anim* 34. (2004): 1105–1126.
- Schober, K. y Fuentes, VL. "Pulmonary venous flow characteristics as assessed by Transthoracic pulsed Doppler in normal dogs". *Vet Radiol Ultrasound* 39. (1998): 33.
- Schrier, R. y Braham, W. "Hormones And Hemodynamics In Heart Failure". *New England Journal* 341. 8. (1999): 577–585.
- Uzunhasan, I.; Khalid B.; Bans O.; Hasim, M. "Correlation of the Tei Index With Left Ventricular Dilatation and Mortality in Patients With Acute Myocardial Infarction". *Int Heart J* Vol. 47, No. 3, (2006): 331–342.
- Tei, C.; Lieng, HL. y Hodge, DO. "New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function- A study in normal and dilated cardiomyopathy". *J Cardiol* 26. (1995): 357–366.
- Tei, C. "New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function". *J Cardiol* 26. (1995): 135–136.
- Tei C, Dujardin KS, Hodge, D. Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: clinical value in cardiac amyloidosis. *JACC* 28. (1996): 658–663.
- Tei, C.; Nishimura, R.; Seward, J. y Tajik, A. "Noninvasive Doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurements of cardiac catheterization measurements". *J. Am. Soc. Echocardiogr* 10. (1997): 169–178.
- Teshima K, *et ál.* "Evaluation of Left Ventricular Tei Index (Index of Myocardial Performance) in Healthy Dogs and Dogs with Mitral Regurgitation". *J. Vet. Med. Sci.* 69. 2. (2007): 117–123.
- Vandenberg, BF y Kieso, F. "Effect of age on diastolic left ventricular filling at rest and during inotropic stimulation and acute systemic hypertension: Experimental studies in conscious beagle". *Am Heart J* 120. (1990): 73.
- Virginia, L. "Diastolic function—is this the key to successful management of many feline cardiomyopathies". *Journal of Feline Medicine and Surgery* 5. (2003): 51–56.
- Zile, M. y Brutsaert, D. "New Concepts in Diastolic Dysfunction and Diastolic Heart Failure: Part I". *Circulation* 105. (2002): 1387–1393.
- Zile, MR.; Baicu, CF. y Gaasch, WH. "Diastolic heart failure — abnormalities in active relaxation and passive stiffness of the left ventricle". *N Engl J Med* 350. (2004): 1953–1959.