

# Determinación de los valores del índice de Tei (índice de *performance* miocárdico) en caninos con insuficiencia cardiaca, evaluados mediante ecocardiografía Doppler

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

## RESUMEN

Ha sido demostrado que el índice de Tei del ventrículo izquierdo (índice de *performance* miocárdico) puede ser de utilidad clínica para estimar la función de este ventrículo, incluyendo tanto la función sistólica como la diastólica. El propósito de este estudio fue evaluar el índice de Tei en perros con falla cardiaca (FC). El índice de Tei incrementó significati-

vamente en perros con FC, comparado con caninos sanos. En conclusión, el estudio demostró que el índice de Tei fue medible en perros y no está influenciado por la frecuencia cardiaca, la edad ni el peso.

**Palabras clave:** caninos, ecocardiografía, función ventricular izquierda, falla cardiaca, índice de Tei.

\* MV, MSc. Docente del Departamento de Fisiología y Clínica de Pequeños Animales de la Universidad de La Salle, Centro de Investigación (CISAHE), Bogotá (Colombia). Correo electrónico: ivalvarez@unisalle.edu.co

\*\* MD, Especialista Cardiólogo. Unidad de Cardiología, Hospital Universitario La Samaritana, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: cortizg@hotmail.com

\*\*\* MD, Especialista Anestesiólogo. Intensivista, profesor coordinador de la Unidad de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: lecruzm@unal.edu.co

## **DETERMINATION OF LEFT VENTRICULAR TEI INDEX (INDEX OF MYOCARDIAL PERFORMANCE) IN DOGS WITH HEART FAILURE BY DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY**

### **ABSTRACT**

The left ventricular (LV) Tei index (index of myocardial performance) has been demonstrated to be clinically useful in estimating comprehensive LV function, including the systolic and diastolic performances. The purposes of this study were to evaluate the LV Tei index in dogs with Heart Failure (HF). The LV Tei index significantly increased in dogs with HF compared with normal dogs. In conclusion, our stu-

dy demonstrated that the LV Tei index was measurable in dogs and not influenced by heart rate, age and body weight. The LV Tei index significantly increased in dogs with HF.

**Keywords:** canine, echocardiography, left ventricular function, heart failure, Tei index.

## INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardiaca (IC) es un síndrome clínico en el cual una enfermedad cardiaca reduce el gasto cardiaco, incrementa la presión venosa y está acompañada de anormalidades moleculares y muerte celular miocárdica que causan un deterioro progresivo del corazón (Katz, 2001). Este síndrome representa un complejo de interacciones de respuestas compensatorias para atender y preservar la función cardiaca y el flujo sanguíneo tisular (Schrier y Braham, 1999; Jessup y Brozena, 2003; Sisson, 2004). Esto dependerá de la severidad de la enfermedad cardiaca subyacente, en la cual los mecanismos compensatorios pueden preservar la homeostasis sin alcanzar el punto de la producción de efectos deletéreos.

Recientemente se ha demostrado que en la mayoría de los pacientes con insuficiencia cardiaca coexisten tanto alteraciones de la función sistólica como disfunción diastólica (Aurigemma y Gerard, 2004; Brutsaert y Keulenaer, 2006), y, en muchos casos, la función sistólica es normal, como sucede en los pacientes con hipertensión arterial, cardiomiopatía hipertrófica (Sanderson, 2007) y en caninos con degeneración valvular mixomatosa (Zile *et ál.*, 2004; Teshima *et ál.*, 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 *et ál.*, 1989; Bonagura y Miller, 1998a; Popovic y Thomas, 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 fracción 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 la alteración en la red de colágeno extramiocárdico (Zile & Brutsaert, 2002). La afección de los procesos de relajación activa hace que el ventrículo sea rígido, menos distensible, y, como consecuencia, el tiempo de llenado se disminuye y la presión diastólica se eleva, elevando de esta manera la presión venosa central, y haciendo que el tono venoso incrementado eleve la presión hidrostática de los capilares, generando edemas. Dentro de las evaluaciones más frecuentes para determinar la función diastólica, se incluyen: flujos trasmitrales, flujo venoso pulmonar, tiempo de relajación isovolumétrica, la relación que hay entre la velocidad diastólica temprana trasmitral y la velocidad diastólica pulmonar (Hori *et ál.*, 2008).

Recientemente, Tei y colaboradores propusieron un nuevo índice doppler que permite el estudio combinado de algunos de los intervalos sistólicos y diastólicos (Tei *et ál.*, 1995). La mayoría de los pacientes con IC presentan afectaciones sistólicas y diastólicas combinadas, lo cual tiene implicaciones diagnósticas, terapéuticas y pronósticas (Fuentes, 2003). No se dispone en la actualidad de un método no invasivo confiable para evaluar la disfunción ventricular sistólica y diastólica, sin embargo, el índice de Tei ha tenido amplia difusión dentro de la comunidad ecocardiográfica en Japón y los Estados Unidos, es simple de obtener, reproducible e independiente de la frecuencia cardiaca y la presión arterial (Tei *et ál.*, 1995; Uzunhasan *et ál.*, 2006). 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 *et ál.*, 1996).

En medicina humana, sin embargo, trabajos más recientes utilizan el índice de Tei en la evaluación de

la función del ventrículo izquierdo en pacientes con hipertensión arterial sistémica (Burgess & Ray, 1998; Kang *et ál.*, 1998). Este índice se calcula a través de ecocardiografía espectral, localizando el doppler pulsado en la válvula mitral y aortica (figura 1). El acortamiento del índice de Tei ha sido planteado en estudios previos utilizados en modelos animales y en medicina humana (Cannesson *et ál.*, 2006; Uzunhasan *et ál.*, 2006), y se asocia con una disminución del volumen de latido, lo que provoca un cierre prematuro de la válvula aórtica, 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 *et ál.* (1998) encontraron que el índice de Tei (IT) puede ser un indicador precoz de afección en pacientes con cardiopatía hipertensiva, aun con función sistólica preservada. Marin *et ál.* (1998) demostraron que el IT era más sensible que la FE para detectar alteraciones de la función cardiaca en pacientes humanos con cardiopatía isquémica confirmada angiográficamente.

Burgess y Ray (1998), en una serie de pacientes con infarto, encontraron un índice de Tei significativamente mayor en pacientes con infarto miocárdico complicado, y fue el predictor más específico de muerte cardiovascular. El índice Tei es otro método no invasivo de evaluación de la función miocárdica global, independiente de la frecuencia cardíaca, y útil para estimar la severidad y pronóstico de la afectación miocárdica.

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

Este trabajo pretende evaluar el índice de TEI del ventrículo izquierdo en caninos sanos y con insuficiencia cardiaca, independientemente de la etiología por ecocardiografía doppler.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### POBLACIÓN DEL ESTUDIO

Estuvo compuesta por 61 caninos (*Canis familiares*) de diferentes razas, entre los 2 y 15 años de edad, de peso entre 7 y 30 kg, sin distinción de sexo. La población del estudio fue dividida en dos grupos: 31 caninos sanos y 30 con insuficiencia cardiaca, independientemente de su etiología. Los pacientes provinieron de diferentes clínicas veterinarias de Bogotá, se encontraban dentro de un plan de control sanitario y fueron sometidos a un examen clínico general y cardiológico. Para asegurar la exclusión de enfermedad sistémica o condiciones circulatorias específicas, se realizaron registros electrocardiográficos con 6 derivaciones (electrocardiógrafo Shiller AT 101 de 3 canales).

### MEDICIONES ECOCARDIOGRÁFICAS

Se realizaron las imágenes sin sedación ni control químico, todas las imágenes ecocardiográficas fueron realizadas en decúbito lateral tanto de la ventana paraesternal derecha como de la izquierda, se utilizó un ecocardiógrafo VIVID-i LG BT06 MFG (doppler color, doppler continuo CW, doppler pulsado PW, M-Modo, Angio, Tissue Harmonics, DICOM Media, DVD-RW, Echo Pac, ECG 3S-RS (1,5-3,5 Mhz) Cardiac Sector 7S (4-9 Mhz)). Se esperaron 10 minutos antes de realizar el registro, para que los animales se aclimataran y tranquilizaran. Se realizaron cortes longitudinales y transversales que fueron almacenados en la memoria del equipo. De acuerdo con el tamaño del animal, se utilizaron transductores entre 5 y 7 Mhz. Se hicieron proyecciones habituales (eje

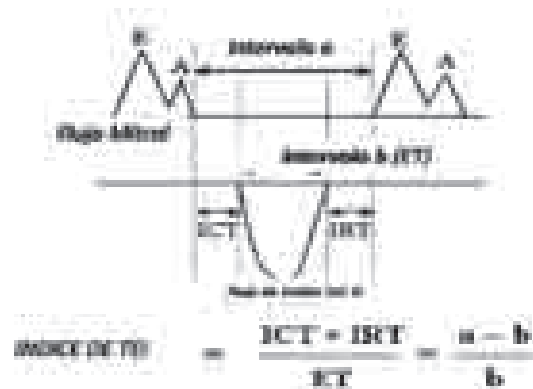
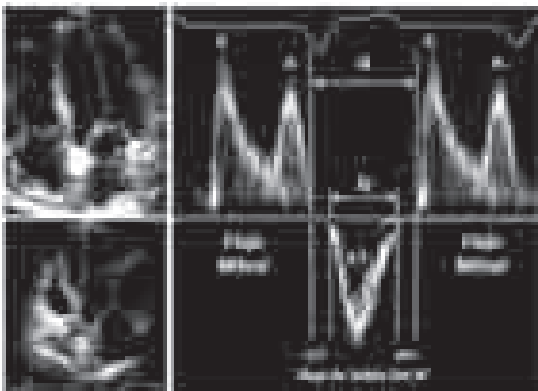
longitudinal, eje transversal y cuatro cavidades) utilizando modo M, modo B y doppler color y espectral. Se calcularon los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección, utilizando el método de Simpson modificado. Se realizaron registros doppler color y espectral (pulsado y continuo). El patrón de llenado del VI se registró en la vista de 4 cámaras apical; el volumen de muestra se situó en 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 video.

El índice de Tei se determinó siguiendo los 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). En todas las variables ecocardiográficas se obtuvieron los promedios de tres mediciones.

**Figura 1.** Registro ecocardiográfico del índice de Tei. La figura izquierda muestra una vista apical de cuatro cámaras que registran los flujos trasmitrales con doppler pulsado; la figura derecha 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*: tiempo de eyección ventricular aórtica.



Fuente: Tei *et al.*, 1997.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos son expresados en promedios, mediana, moda, valores mínimos y máximos, rangos, desviación 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 t de Student. Se establecieron correlaciones entre el índice Tei y otros indicadores de función ventricular. Se establecieron los indicadores de sensibilidad, especificidad y capacidad predictiva mediante las curvas ROC. La significancia estadística se determinó con un valor de *p* < 0,05.

## RESULTADOS

### CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE LA POBLACIÓN

Se estudiaron 68 caninos, de diferentes razas, sexos y edades comprendidas entre los 2 y 15 años de edad, 7 caninos fueron excluidos del estudio porque 4 de ellos presentaron fibrilación auricular, 3 de ellos tenían mala ventana acústica. Los caninos fueron divididos en dos grupos, el grupo 1 estuvo conformado por 31 caninos sanos, 17 hembras, 14 machos de edades comprendidas entre 3 y 12 años y de 7 a 30 kg de peso. El grupo 2 estuvo conformado por 30 caninos con diagnóstico clínico de insuficiencia cardiaca (IC) de diversa etiología, 18 machos, 12 hembras de edades entre 2 y 13 años, y peso corporal de 7 a 30 kg

**Tabla 1.** Características demográficas, medias y desviaciones estándar de caninos sanos y con insuficiencia cardiaca. No hay diferencias estadísticamente significativas  $p < 0,05$ .

	Caninos sanos	Caninos con insuficiencia cardiaca
Número	31	30
Sexo (machos/hembras)	14/17	18/12
Edad (años)	5,4 ± 2,66	8,9 ± 3,5
SC (m/s <sup>2</sup> )	0,57 ± 0,23	0,54 ± 0,23
Peso (Kg)	14,5 ± 8,5	13,4 ± 8,4

Fuente: elaboración propia.

Los caninos sanos y pacientes con insuficiencia cardiaca no mostraron diferencias significativas con respecto al sexo, la edad y el peso, tal como se ilustra en la tabla 1.

### MEDICIONES DERIVADAS DE LA ECOCARDIOGRAFÍA DOPPLER

Las variables derivadas de la ecocardiografía doppler de los caninos sanos y enfermos se muestran en la tabla 2. Los caninos normales y pacientes con insuficiencia cardiaca no mostraron diferencias significativas con respecto a: intervalo *a* (tiempo que incluye contracción isovolumétrica, tiempo de eyección y tiempo de relajación isovolumétrica); la relación *E/A*, tiempo de desaceleración de la onda *E*, pendiente de desaceleración de la onda *E*; la suma de tiempo de contracción isovolumétrica y relajación isovolumétrica (*ICT + TRI*) velocidad máxima de flujo aórtico; y el gradiente de presión de flujo aórtico. Las velocidades trasmitrales (*E, A*), el índice *Tei*, el tiempo de eyección aórtico (*TE*), mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

El índice *Tei* fue fácilmente obtenido en todos los sujetos del estudio; este índice fue significativamente mayor en caninos con insuficiencia cardiaca que en el grupo control  $p < 0,0001$ .

Los pacientes con y sin insuficiencia cardiaca no mostraron diferencias con respecto a la relación *E/A*, sin embargo, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las velocidades de flujos trasmitrales, y se encontró un incremento significativo en los caninos con insuficiencia cardiaca tanto para las velocidades de la onda *E* ( $p < 0,0001$ ), como la onda *A* ( $p < 0,0001$ ).

**Tabla 2.** Características y valores de las mediciones ecocardiográficas doppler en grupos normales ( $n = 31$ ) y caninos con insuficiencia cardiaca ( $n = 30$ ).

	Caninos sanos	Caninos con insuficiencia cardiaca
<b>Variable</b>	31	30
<b>Intervalo <math>\alpha</math> (ms)</b>	208,6 $\pm$ 22,11	212 $\pm$ 37
<b>ICT + IRT (ms)</b>	68,7 $\pm$ 23	77 $\pm$ 14
<b>TE (ms)</b>	157,5 $\pm$ 18,7	142 $\pm$ 30*
<b>TEI</b>	0,33 $\pm$ 0,10	0,52 $\pm$ 0,2*
<b>Onda E (m/s)</b>	0,66 $\pm$ 0,16	0,91 $\pm$ 0,26*
<b>Onda A (m/s)</b>	0,47 $\pm$ 0,13	0,76 $\pm$ 0,33*
<b>E/A</b>	1,45 $\pm$ 0,44	1,37 $\pm$ 0,43
<b>TD (ms)</b>	87,05 $\pm$ 17,3	109,2 $\pm$ 43
<b>PD (m/s<sup>2</sup>)</b>	7,87 $\pm$ 2,68	9,20 $\pm$ 3,96
<b>Ao Vmáx. (m/s)</b>	0,98 $\pm$ 0,27	1,2 $\pm$ 0,6
<b>PAo (mmHg)</b>	4,16 $\pm$ 2,33	6,9 $\pm$ 5

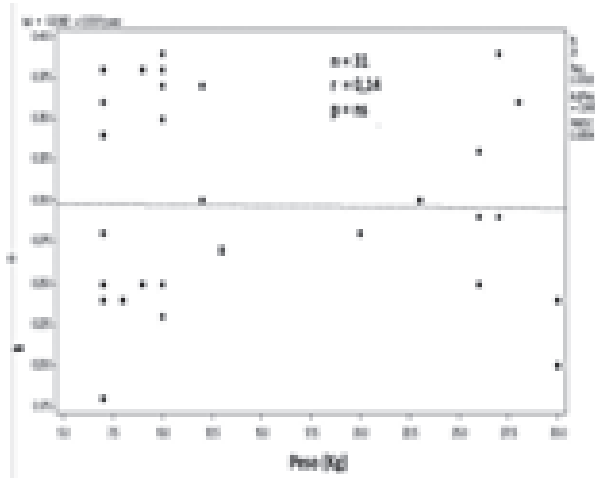
Fuente: elaboración propia.

Diferencias significativas del grupo enfermos con respecto al grupo control (\*),  $p < 0,05$ . 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 del flujo aórtico (Ao V máx.), gradiente de presión del flujo Aórtico (PAo), relación de veloci-

dad 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).

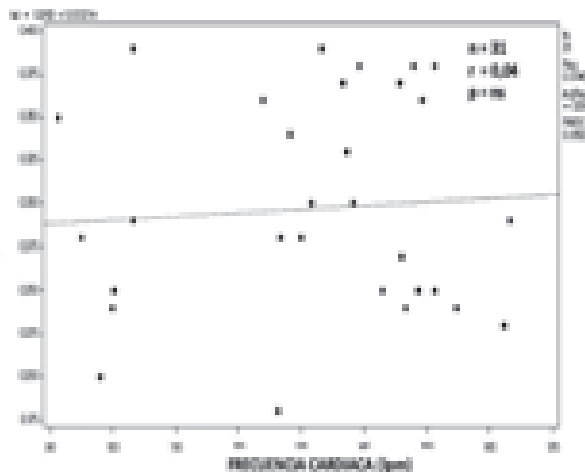
En el grupo de los caninos sanos no hubo correlaciones significativas entre el índice Tei y la frecuencia cardiaca, el peso, la edad y la fracción de eyección obtenida por el método de Simpson (figuras 2, 3 y 4).

**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).



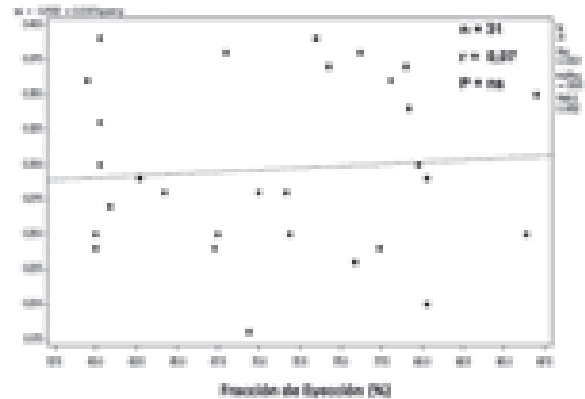
Fuente: elaboración propia.

**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).



Fuente: elaboración propia.

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



Fuente: elaboración propia.

En el grupo de insuficiencia cardiaca no se encontró una disminución significativa de la fracción de eyección, solo el 6% mostró una FE por debajo del 50%; al comparar la fracción de eyección con el resto de las variables se encontró: el índice Tei y *ICT + IRT* fue significativamente diferente entre ambos grupos, los valores mayores se encontraron en el grupo con fracción de eyección < 50% (tabla 3).



**Tabla 3.** Comportamiento de las variables ecocardiográficas de acuerdo con la **FE**.

Variable	Media de valores <i>FE &lt; 50%</i>	Media de valores <i>FE &gt; 50%</i>	<i>p</i>
<i>AI/Ao</i>	1,3	1,5	0,3840
<i>Vcf</i>	0,2	0,3	0,44
<i>FC (lpm)</i>	135	143	0,4303
Onda <i>E</i> (m/s)	0,85	0,91	0,9461
Onda <i>A</i> (m/s)	1,02	0,72	0,0616
<i>TD</i> (ms)	100	110	0,8517
<i>PD</i> (m/s <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )	12,2	8,8	0,2093
<i>TE</i> (ms)	148	139	0,6978
<i>ICT + IRT</i> (ms)	99,3	73,9	0,05*
<i>TEI</i>	0,75	0,55	0,05*

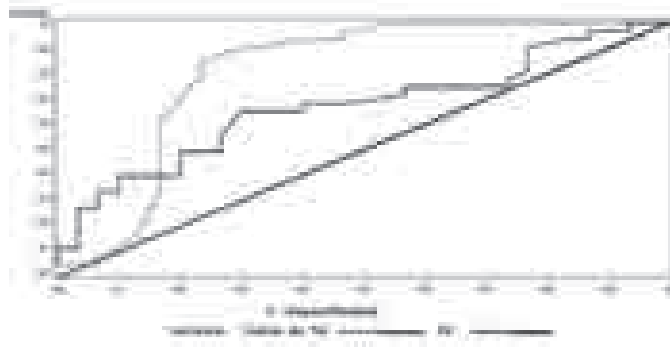
Fuente: elaboración propia.

Relación aurícula izquierda/raíz aorta (*AI/Ao*), velocidad de las fibras circunferenciales (*Vcf*), 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*), tiempo de eyección aórtico (*TE*, suma de tiempo de contracción isovolumétrica y relajación isovolumétrica (*ICT + IRT*), índice de desempeño miocárdico o *TEI* (*TEI*).

### EVALUACIÓN DE PRUEBAS DIAGNÓSTICAS MEDIANTE CURVAS ROC (RECEIVER OPERATING CHARACTERISTIC)

Se utilizó el gráfico de curvas ROC para mostrar todos los pares de sensibilidad-especificidad resultantes de la variación continua de los puntos de corte en todo el rango de resultados observados de la separación de la presencia o ausencia de falla cardíaca. El índice de Tei dio un área bajo la curva de 0,81 para la separación de pacientes sanos y enfermos; esto fue significativamente mejor predictor que la fracción de eyección, la cual tuvo un área bajo la curva de 0,66 (figura 5).

**Figura 5.** Análisis de curvas ROC para la presencia o ausencia de la falla cardíaca congestiva. El área bajo la curva fue de 0,81 para el índice de Tei y 0,66 para la fracción de eyección por el método de Simpson modificado.



Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

### DEMOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN

En este estudio, el 63% de la población de caninos con IC tuvieron valvulopatías degenerativas; este valor

coincide con resultados previamente publicados, donde la mayoría de las causas de la insuficiencia cardiaca en caninos (75%) son debido a valvulopatías como degeneración valvular mixomatosa. A pesar de que en este estudio predominaron los machos 60% (18/30), en la literatura universal no se referencia una predisposición por sexo (Fox & Moise, 1988).

A pesar de la heterogeneidad de la población con respecto a la edad, el sexo, la raza y el peso, en este estudio se compararon valores de función cardiaca por métodos ecocardiográficos entre caninos sanos y caninos con diferentes grados de insuficiencia cardiaca. El estudio de Teshima *et ál.* (2007) sugiere que la edad puede tener influencia sobre el índice Tei, y que se requieren otros estudios para evaluar las diferencias. Este primer estudio en nuestro medio tuvo como objetivo el abordaje no discriminado por edad ni raza del desempeño cardiaco, siendo igualmente posible tratar estas diferencias en otros estudios.

### MEDICIONES ECOCARDIOGRÁFICAS DOPPLER

En este estudio se encontró que el índice de Tei se incrementó significativamente para los caninos con IC, comparados con el grupo de control. El aumento del índice Tei puede atribuirse a una disfunción ventricular izquierda en pacientes con falla cardiaca, independientemente de la etiología. Esto es de esperar por cuanto el índice de Tei involucra lo propuesto por Mancini y Costelo (1982) como “índice isovolumétrico”, y refleja la actividad energética del ventrículo, que se ve comprometida en la IC.

Adicionalmente, este hallazgo concuerda con las publicaciones en medicina humana donde se ha encontrado que este índice es un indicador de la función global en pacientes con amiloidosis cardiaca (Tei *et ál.*, 1996) y cardiomiopatía dilatada (Tei, 1995). Conjuntamente, el índice de Tei ventricular izquierdo ha

tenido una correlación significativa con indicadores invasivos de la función ventricular (+  $dP/dt$ , -  $dP/dt$  y Tau) en pacientes con cardiomiopatía dilatada (CMD) o enfermedad cardiaca isquémica (Tei *et ál.*, 1997). Más recientemente, otras publicaciones han encontrado correlaciones significativas ( $r = 0,75$ ) entre el índice de Tei y el péptido natriurético cerebral (PNC), los cuales se incrementan proporcionalmente (Mikkelsen *et ál.*, 2006). En medicina veterinaria se ha reportado que el índice de Tei se correlaciona bien con el +  $dP/dt$  y -  $dP/dt$  normal (Teshima *et ál.*, 2007), y también con la severidad de la enfermedad en caninos con CMD (Dukes *et ál.*, 2002).

El análisis de sensibilidad y especificidad con los índices Tei y la fracción de eyección en el presente estudio, mostraron una mayor sensibilidad y especificidad del índice de Tei (sensibilidad de 70%; especificidad de 91%) con respecto a la fracción de eyección (sensibilidad de 7%; especificidad de 97%), para determinar pacientes caninos con insuficiencia cardiaca. Las curvas ROC muestran correspondientemente una mayor área bajo curva para el índice Tei, comparado con la fracción de eyección, sugiriendo la bondad de este índice. En este estudio, cuatro animales fueron excluidos por presentar fibrilación auricular, lo que no permitió medir el índice de Tei por ausencia de la onda A (contracción auricular), por tanto, este índice presenta limitaciones en aquellos pacientes que presenten alteraciones electrocardiográficas como la fibrilación auricular y bloqueos A-V de tercer grado, ya que no permiten evidenciar la morfología correcta de los flujos trasmitrales.

Igual que otros estudios, en este trabajo el índice de Tei no se correlacionó significativamente con la edad, el peso ni la frecuencia cardiaca, lo que lo hace valioso en la evaluación de la función ventricular de manera independiente a la morfología del paciente (Eidem *et ál.*, 1998; Eto *et ál.*, 1999). Solo se encontró

el trabajo de Teshima *et ál.* (2007) en el que existe 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.

Uno de los parámetros para evaluar la función cardíaca son los flujos trasmitrales 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, 1998a, 1998b). En el presente estudio se encontró un incremento significativo de las velocidades pico tanto de la onda *E*, como de la onda *A* con respecto al grupo de control, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la relación de las velocidades *E/A*, ni en el tiempo, ni en la pendiente de desaceleración de la onda *E*. Se ha encontrado que esos patrones de flujo trasmitral para el llenado ventricular pueden estar influidos por otros factores fisiológicos en sujetos normales, por ejemplo, la edad, donde la proporción *E/A* puede verse reducida en perros viejos, igual que ocurre en las cardiopatías (Vandenberg & Kieso, 1990).

## 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 cardíaca en caninos con insuficiencia cardíaca de moderada a severa de diferentes orígenes. En la población evaluada, el índice fue fácilmente medido en todos los sujetos y se demostró que no se ve afectado por la frecuencia cardíaca, el peso o la edad.

Surge como recomendación que en los caninos con insuficiencia cardíaca, al predominar la etiología valvular, es más útil el uso del índice Tei para complementar la información que ofrece la fracción de eyección.

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 posición del corazón dentro del sujeto, la variabilidad intra e interobservacional de cada evaluador, etcétera.

La función circulatoria y cardíaca debe responder a las adaptaciones a la altitud, donde la hipoxia hipobárica es el medio que afecta el desarrollo y desempeño de los seres vivos. La altura de Bogotá (2.600 metros sobre el nivel del mar) ofrece un reto fisiológico con potenciales alcances clínicos, hasta ahora no estudiados completamente. Este estudio aporta como observación nueva los valores ecográficos normales encontrados en caninos sanos, y los valores encontrados en pacientes con IC serán motivo de futuras investigaciones que correlacionen las diferencias con este factor de altitud poco referido en la literatura.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los datos presentados en este estudio, se recomienda realizar futuras investigaciones en razas específicas con intervalos de edad y peso más pequeños, con el fin de determinar si se disminuye la variación de los datos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aurigemma, G. and Gerard, W. "Diastolic Failure Heart". *N. Engl J. Med.* 351. (2004): 1097-105.
- Bolton, G. Principles of Electrocardiography in Canine in Handbook of Canine and Feline ECG. Phyladelphia: Saunders, 1987.
- Boon, J. Manual of Veterinary Echocardiography. Baltimore: William & Wilkins, 1998.
- Bonagura, J. and Miller, D. "Doppler Echocardiography I". *Vet. Clinics of North America* 28 (6). (1998a): 1325-1359.
- Bonagura, J. and Miller, D. "Doppler Echocardiography II". *Vet. Clinics of North America* 28 (6). (1998b): 1529-1560.
- Brown, D., Knight, D. and 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. and Keulenaer, G.. "Diastolic Heart Failure: a Myth". *Current Opinion in Cardiology* 21 (3). (2006): 240-248.
- Burgess, M. and Ray, S. "Use of a Doppler-Derived Index combining Systolic and Diastolic Function in Patients After Myocardial Infarction". *Rev. Echocardiogr.* 15 (8). (1998): 12.
- Cannesson, M., Didier, J., Michael, R. and 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. and 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. Ultrasound.* 47. (2002): 154-165.
- Eidem, B. W., Tei, C., O'Leary, P. W., Cetta, F. and Seward, J. B. "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): pp 849-856.
- Eto, G., Ishii, M., Tei, C., Tsutsumi, T., Akagi, T. and Kato, H. "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 cardiaca. En: Tratado de medicina interna veterinaria. Phyladelphia: Elsevier Saunders, 2007.
- Fox, P. and Moise, S. Echocardiography and Doppler Imaging in Textbook of Canine and Feline Cardiology. Phyladelphia: W.B Saunders, 1988.
- Fuentes, V. "Diastolic Function-is this The Key to Successful Management of Many Feline Cardiomyopathies". *Journal of Feline Medicine and Surgery* 5. (2003): 51-56.
- Hahn, H. "Quantitative Left Ventricular Systolic Function: From Chamber to Myocardium". *Crit. Care Med.* 35 (8). (2007).
- Hori, Y., Kanai, K., Nakao, R., Hoshi, F. and Higuchi, S. "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. and Brozena, S. "Heart Failure". *New England Journal* 348 (20). (2003): 2007-2018.
- Kang, S. M., Ha, J. W., Rim, S. L. and 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): 446-52.
- Katz, A. Energy Utilization. Work and Heat. In: Katz, A. *Physiology of the Heart*. Third edition. Philadelphia: Lippincott/Williams & Wilkins, 2001, pp. 101-122.
- Katz, A. "Ernest Henry Starling, His Predecessors, and The 'Law of The Heart'". *Circulation* 106. (2002): 2986-2992.
- Kittleson, M. "Measurement of Systemic Arterial Blood Pressure. Symposium on Cardiopulmonary Diagnostic Techniques. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 13 (2). (1983): 321- 337.
- Kittleson, M. and Kienle, R. Ecografía. En: Kittleson, M. and Kienle, R. *Medicina cardiovascular de pequeños animales*. Barcelona: Multimédica, 2000.
- Lightowler, C., Barrios, J., Casalonga, O., Ditollo, B., Bartolomeo, M. y Rotondaro, M. "Determinación del valor normal del índice de Tei del ventrículo izquierdo en caninos sanos". *InVet* 8 (1). (2006): 41-49.
- Mancini, G. and 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, D. M., Katz, M. A., Bruch, C., Bartel, T., Baumgart, D. and Erbel, R. "The New Doppler Tei Index as a Sensitive Adjunctive Parameter for Assessment of Cardiac Function in Coronary Artery Disease". *Rev. Echocardiogr.* 15 (8). (1998): 12.
- Mikkelsen, K., Moller, J., Bie, P. and 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, R. A., Abel, M. D. and Hatle, L. K. "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, Z. and Thomas, J.. "Assessment of Left Ventricular Function by Cardiac Ultrasound". *Journal of the American College of Cardiology* 48 (10). (2006): 2012-2025.
- 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. and Fuentes, V. L. "Pulmonary Venous Flow Characteristics as Assessed by Transthoracic Pulsed Doppler in normal Dogs". *Vet. Radiol. Ultrasound.* 39. (1998): 33.
- Schrier, R. and Braham, W. "Hormones And Hemodynamics In Heart Failure. *New England Journal* 341 (8). (1999): 577-585.
- Sisson, D. "Neuroendocrine evaluation of cardiac disease". *Vet. Clin. Small Anim.* 34. (2004): 1105-1126.
- Tei, C. "New Non-Invasive Index for Combined Systolic and Diastolic Ventricular Function". *J. Cardiol.* 26. (1995): 135-136.
- Tei, C., Lieng, H. L. and Hodge, D. O. "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): 357-66.
- Tei, C., Dujardin, K. S. and Hodge, D. O. "Doppler Index Combining Systolic and Diastolic Myocardial Performance: Clinical Value in Cardiac Amyloidosis". *JACC* 28 (3). (1996): 658-63.
- Tei, C., Nishimura, R. A., Seward, J. B. and Tajik, A. J. "Noninvasive Doppler-Derived Myocardial Performance Index: Correlation with Simultaneous Measurements of Cardiac Catheterization Measurements". *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 10. (1997): 169-178.
- Teshima, K., Asano, K., Iwanaga, K., Koie, H., Uechi, M., Kato, Y. y Tanaka, S. "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.
- Torrent, G. "La mecánica agonista-antagonista de los segmentos descendente y ascendente de la banda miocárdica ventricular". *Rev. Esp. Cardiol.* 54 (9), septiembre. (2001): 1091-1102.
- Uzunhasan, I., Bader, K., Okçun, B. and Mutlu, H. "Correlation of the Tei Index With Left Ventricular Dilatation and Mortality in Patients With Acute Myocardial Infarction". *Int. Heart J.* May. (2006): 331-342.
- Vandenberg, B. F. and 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.
- Zile, M. and Brutsaert, D. "New Concepts in Diastolic Dysfunction and Diastolic Heart Failure: Part I". *Circulation* 105. (2002): 1387-1393.
- Zile, M., Baicu, C. and Gaasch, W. "Diastolic Heart Failure-Abnormalities in Active Relaxation and Passive Stiffness of The Left Ventricle". *N. Engl. J. Med.* 350. (2004): 1953-9.