

**DIAGNOSTICO ECOCARDIOGRAFICO EN EQUINOS FINA SANGRE DE
CARRERA.
ECHOCARDIOGRAPHIC DIAGNOSIS IN THOROUGHBRED
HORSES.**

Adolfo Godoy P¹., Ivan Núñez P¹., Gabriela Pidal².,Cristóbal Dörner SM.¹

ABSTRACT

Echocardiographic examination is a fundamental part of cardiovascular exam if they want to evaluate the real connotation in the presentation of heart murmurs and / or arrhythmias and also where you want to evaluate the performance or the state in which it is related to process of adaptation of cardiovascular system to exercise. The horses are used right and left parasternal windows in which the transducer is moved between the 3rd and 5th intercostal space. In the right parasternal window is where you get more information and it can cut the heart in short axis and long-axis.

In the long axis obtained from the right parasternal get the picture of four chambers (biventricular inflow tract), 5 chamber and left outflow tract. In the image of 4 cameras are 2 atrioventricular valves, that is to say, the tricuspid and mitral valves. In the image of the outflow tract of the left ventricle, we'll see right ventricle, right atrium, interventricular septum, left ventricle, sigmoid aortic valve and the aorta. In the image of 5 cameras the right ventricle, right atrium, left atrium, left ventricle and the aorta can be observed. Sometimes a picture is a round hypoechoic near the aorta corresponding to the pulmonary artery.

Adaptive changes induced by training translate into changes in the heart that is evident on echocardiography. These changes are caused by increased volume at the end of diastole and increased cardiac output. The changes that can be evidenced by ultrasound are: Increase of cardiac mass, suggesting cardiac hypertrophy, mainly the left ventricle in trained horses. It is also suggested increasing the size of the cavity of the left ventricle and left atrium without changes in ventricular wall thickness, which may reflect the different types of training.

Key words: Echocardiography, Thoroughbred Horses., Cardiovascular System

RESUMEN

El examen ecocardiográfico es una parte fundamental del examen cardiovascular si se quiere evaluar la real connotación que pudiesen tener murmullos cardiacos y/o arritmias como también en aquellos casos que se desea evaluar el rendimiento deportivo ó el estado en el cual se encuentra éste en relación al proceso de adaptación del sistema cardiovascular al ejercicio. En el equino se usan las ventanas paraesternales derecha e izquierda, en las cuales se mueve el transductor entre el 3º y 5º espacio intercostal. Por la ventana paraesternal derecha es por donde se obtiene mayor informacion y en ella se puede realizar el corte del corazón en el eje corto y también en el eje largo.

En el eje largo obtenido desde la ventana paraesternal derecha se obtiene la imagen de cuatro cámaras (tracto de entrada biventricular), 5 cámaras y tracto de salida izquierdo. En la imagen de 4 cámaras se ven 2 válvulas atrioventriculares, es decir, la tricúspide y la mitral. En la imagen del tracto de salida del ventrículo izquierdo, vamos a ver ventrículo derecho, atrio derecha, tabique interventricular, ventrículo izquierdo, válvula sigmoidea aórtica y la aorta. En la imagen de 5 cámaras se aprecia ventrículo derecho, atrio derecho, atrio izquierdo, ventrículo izquierdo y también se puede observar la aorta.

Hay veces que se ve una imagen hipocogénica de forma redondeada cercana a la aorta que corresponde a la arteria pulmonar.

Los cambios adaptativos inducidos por el entrenamiento se traducen en cambios en el corazón que se evidencian en la ecocardiografía. Estos cambios son producidos por aumento del volumen al final de la diástole y aumento del débito cardíaco. Los cambios que se pueden evidenciar mediante ecografía son: Aumento de la masa cardíaca, sugiriendo hipertrofia cardíaca, principalmente del ventrículo izquierdo, en caballos entrenados. También se ha sugerido el aumento del tamaño de la cavidad del ventrículo izquierdo y del atrio izquierdo pero sin cambios en el grosor de la pared ventricular, lo que podría reflejar los diferentes tipos de entrenamiento.

Palabras clave: Ecocardiografía, Fina Sangre de Carrera, Sistema Cardiovascular.

¹**Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile. Casilla 2 Correo 15, La Granja. Santiago, Chile. agodoy@uchile.cl**

²**Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroain 280. Buenos Aires. Argentina. www.fvet.uba.ar**

INTRODUCCION

Un porcentaje importante de los caballos fina sangre de carrera en competencia, sobre 50% de ellos, presentan al examen clínico cardiológico de rutina (auscultación y/o electrocardiografía) anomalías tales como soplos y/o arritmias (Godoy *et al.*, 1991; Kriz *et al.*, 2000). Considerando que estos animales se encuentran compitiendo e incluso con éxito frente a ejemplares que no presentan dichas alteraciones, resulta lógico pensar que en la mayoría de estos casos se trate de una forma de expresión del proceso de adaptación del sistema cardiovascular al ejercicio, más que a un fenómeno patológico con base orgánica, especialmente si consideramos la baja incidencia de cardiopatías en

estos animales. Sin embargo si bien es cierto esto corresponde a la mayoría de los caballos compitiendo, no podemos asegurar que sean el cien por ciento de ellos y por lo tanto dada la responsabilidad que nos compete como Médicos Veterinarios en el sentido de autorizar la participación de estos animales en carrera, donde además del eventual riesgo de la vida del animal indirectamente está en juego la integridad física de los jinetes, al menos nos compete en este sentido una responsabilidad ética, de ahí que se deban realizar todos los esfuerzos técnicos-profesionales con el objeto de dilucidar si ésta “anomalía” corresponde a un fenómeno fisiológico, funcional sin base orgánica o a una cardiopatía que pueda poner en riesgo la vida del ejemplar.

Si bien es cierto el examen clínico aporta antecedentes importantes en la evaluación del sistema cardiovascular, como así mismo el estudio electrocardiográfico en los trastornos del ritmo y conducción cardíaca, la forma de identificar exactamente las alteraciones anatómicas que dan origen a un murmullo cardíaco o a un arritmia y evaluar su real impacto hemodinámico es a través de un estudio ecocardiográfico. (Reef, 1998; Reef *et al*, 2005).

Por otra parte el rendimiento deportivo del caballo fina sangre inglés se basa principalmente en el proceso aeróbico (Seder *et al.*, 2003) lo cual a su vez depende entre otras cosas del proceso de adaptación cardíaca a la carga atlética progresiva al ejercicio. Esto se debería a que el proceso de entrenamiento produce cambios anatómicos en el corazón, apareciendo un significativo aumento en las cavidades cardíacas. Este fenómeno que para el caso de los ventrículos corresponde a una hipertrofia excéntrica que refuerza las paredes, sin restar capacidad receptiva para la función diastólica cardíaca (Evans ,1985) en el caso de la aurículas este fenómeno se expresa como una dilatación fisiológica sin aumento de la masa auricular (Dörner, 2009). Estos cambios anatómicos de la bomba cardíaca permiten aumentar la cantidad de sangre que se eyecta a la aorta en cada sístole y por lo tanto se logra un mayor rendimiento atlético especialmente si consideramos que la frecuencia cardíaca sube por sobre 200 ciclos/min. en carrera, el volumen minuto cardíaco mejora notablemente en competencia, por otra

parte hay que considerar que no se podría solucionar de otra manera las crecidas necesidades de oxigenación que tienen los músculos en plena carrera (Evans, 1985).

El mecanismo fisiológico que explica este favorable cambio anatómico de la víscera, dice relación con el crecido retorno de sangre venosa al corazón por la succión ventilatoria y el ordeño venoso de los músculos en actividad (con lo que se distienden las cavidades acomodándose al crecido contenido), más la fuerte presión aórtica que debe vencer el ventrículo izquierdo en el momento de la fase sistólica (Evans, 1985). Por lo tanto, la sobrecarga auricular a la que se enfrentan los ejemplares en ejercicio, que se constituye en una situación crónica podría originar dilatación de las aurículas (Baron *et al*, 1970). Dichos cambios si bien es cierto algunos de ellos pueden inferirse a partir de algunas mediciones electrocardiográficas la forma más objetiva y exacta de evaluarlas es a través del estudio ecocardiográfico. Por lo tanto la completa evaluación ecocardiográfica permite no solo determinar una condición patológica o fisiológica del corazón sino que además determinar el estado estructural del corazón en relación al periodo de entrenamiento que se encuentre y por lo tanto permite predecir y monitorear el proceso de adaptación del corazón al ejercicio y de esta manera seguir o modificar cuantitativamente y/o cualitativamente el sistema de entrenamiento. (Seder *et al*, 2003).

ULTRASONOGRAFÍA

La ultrasonografía es un recurso diagnóstico ampliamente usado en la clínica equina, tanto en el caballo adulto como en el neonato y tiene la ventaja de ser un procedimiento no invasivo y generalmente no requiere sedación y/o métodos coercitivos traumáticos para el animal. Se usa con bastante éxito en evaluación de afecciones del sistema músculo esquelético, en la evaluación de alteraciones de sistema cardio respiratorio y en el manejo reproductivo.

El ultrasonido es una onda de sonido de alta frecuencia que se produce cuando un cristal piezoeléctrico, montado en un transductor, es estimulado por una corriente eléctrica. Se caracteriza por tener una frecuencia y longitud de onda específica, que no se encuentra en el rango de lo audible por el oído humano (20-20.000Hz) (Basterra y Campos, 2009). Aunque las frecuencias de ultrasonido pueden variar desde 1 a 100 MHz, las ondas de ultrasonido que normalmente se emplean en exámenes de diagnóstico veterinario se encuentran en un rango entre 2 y 15 MHz (Porter y Ramírez, 2005).

La alta frecuencia del ultrasonido empleado en el diagnóstico, permite controlar tanto la dirección como el enfoque de la transmisión y reflexión de estructuras pequeñas, incluso en el rango submilimétrico. La interacción entre el ultrasonido y los tejidos consiste en la reflexión, refracción, transmisión y atenuación.

La interacción de las ondas de ultrasonido con el tejido involucra reflexión de las ondas que retornan hacia el transductor, refracción que desvía el trayecto de la onda, transmisión de ondas a mayor profundidad y atenuación de las ondas como resultado de pérdida de energía (Oyama, 2004).

El grosor del cristal piezoeléctrico determina la frecuencia que posee el transductor. De esta manera, la disminución de grosor de cristal produce longitudes de onda más corta y frecuencias más altas. La frecuencia es inversamente proporcional a la profundidad de penetración del haz de sonido. Por lo tanto, las ondas de ultrasonido de baja frecuencia (2-5 MHz) son capaces de penetrar distancias más profundas en comparación con el ultrasonido de ondas de alta frecuencia (10-15 MHz) (Porter y Ramírez, 2005).

El paso de las ondas de sonido a través del tejido depende de su impedancia acústica. El sonido también se refleja cuando atraviesa la interfaz que existe entre los tejidos de diferente impedancia. El ultrasonido no atraviesa el aire o el hueso, reflejándose completamente. El sonido reflejado es captado por los cristales que componen el receptor, lo que genera la producción de una señal eléctrica, la que es procesada y

transformada para que pueda ser visualizada en forma de pulsos de luz, con intensidad de brillo variable en una pantalla (Oyama, 2004).

ECOCARDIOGRAFÍA

La ecocardiografía se ha usado para la evaluación de corazón en relación a cambios en el grosor de la pared, tamaño de las cámaras y en la determinación de la función y apariencia de las válvulas del corazón (Hallowell *et al.*, 2007).

En el caballo, como se señaló anteriormente el examen ecocardiográfico es una parte fundamental del examen cardiovascular si se quiere evaluar la real connotación que pudiesen tener murmullos cardiacos y/o arritmias o en aquellos casos que se desea evaluar el rendimiento deportivo ó el estado en el cual este se encuentra el proceso de adaptación del sistema cardiovascular al ejercicio (Reef *et al.*, 2005). En el examen ecocardiográfico el sonido es dirigido hacia el cuerpo y se refleja en la interface entre los tejidos de diferente impedancia acústica, tales como el miocardio, válvulas y sangre. La sangre refleja poco o nada del ultrasonido, por lo que aparece relativamente negra (hipo o anecoica) en comparación con el miocardio, que refleja más el ultrasonido y por lo tanto aparece relativamente blanco (o hiperecoico). El endocardio y las válvulas son las estructuras más ecogénicas (Patteson, 1996).

Dado que el corazón está rodeado por los pulmones en la mayor parte de su superficie y está contenido dentro de la cavidad torácica, el haz de ultrasonido debe ser dirigido a través de sectores anatómicos específicos o ventanas acústicas, donde se evite la interferencia del aire contenido en los pulmones y/o la estructura ósea de la pared costal (Patteson, 1996).

Este examen entrega el diagnóstico definitivo en varias patologías cardíacas en el equino, mostrando lesiones vegetativas hipoecoicas en la endocarditis inmadura y de mayor ecogenicidad cuando posee mayor madurez (Reef *et al.*, 2005), o revelando el volumen de fluido pericardial en un ejemplar con pericarditis (Reef *et al.*, 2005).

Aunque este examen puede emplearse para la predicción de la condición atlética de un individuo (Hodgson y Rose, 1994), ello sólo es posible si se cuenta con valores establecidos de referencia ecocardiográfica, ya que las diferentes razas poseen diferentes características estructurales de la masa cardíaca que a su vez se relaciona con el tipo de entrenamiento al que es sometido el ejemplar. (Dos Santos *et al.*, 2004).

MODO B Y MODO M

En la imagen en modo B (por su sigla en inglés, “brightness”), la amplitud de la onda de sonido reflejada en los diferentes tejidos y posteriormente captada por el receptor, es interpretada en el monitor por el brillo que poseen los diferentes tejidos por los que atraviesa el ultrasonido. Las estructuras que reflejan fuertemente el ultrasonido son reproducidas como puntos brillantes, mientras que aquellas que reflejan más débilmente son reproducidas como puntos oscuros. En el modo B la sangre refleja muy poco y el lumen de un vaso sanguíneo se aprecia en pantalla como una banda hipoecoica. Esto permite la identificación confiable de las estructuras investigadas. El análisis del movimiento de las secuencias de imágenes obtenidas en modo B puede revelar información importante de la distensión de la pared arterial en estudio, como de las cavidades cardíacas (Golematis *et al.*, 2005).

El modo M (por su sigla en inglés, “motion”) permite ver cómo evolucionan en el tiempo, a lo largo del ciclo cardíaco, las diferentes estructuras anatómicas. Puede ser utilizado en el estudio en movimiento de la superficie del musculo cardíaco y la cavidad ventricular para obtener información diagnóstica. El modo M involucra mediciones seriadas en el tiempo de la ubicación en profundidad de una eco-estructura en particular, obteniendo información a partir de pulsos periódicos en una sola dirección, a lo largo del eje del transductor (Golematis *et al.*, 2005).

La visualización en modo M se compone reproduciendo en profundidad la interface que refleja el modo B, como las paredes ventriculares en algunos ciclos cardiacos. Las diferencias máximas y mínimas entre la imagen de las paredes ventriculares opuestas se emplean para estimar los diámetros diastólicos y sistólicos respectivamente (Golematis *et al.*, 2005).

La interpretación del ecocardiograma se basa en la evaluación tanto cualitativa como cuantitativa de las estructuras cardiacas en los modos bidimensional como en modo M (Hall *et al.*, 2008). Hay muchos factores fisiológicos que influyen significativamente en las mediciones ecocardiográficas, siendo las más relevantes el tamaño corporal, estado de crecimiento, edad, nivel de entrenamiento, frecuencia cardíaca y raza (Brown *et al.*, 2003; Buhl *et al.*, 2005; Young *et al.*, 2005; Zucca *et al.*, 2008).

En el equino, los valores de referencia existentes son en base a los datos ecocardiográficos del fina sangre inglés (Long *et al.*, 1992), “standardbreds” (Buhl *et al.*, 2004) o ponis (Slater y Herrtage, 1995). Sin embargo, existen numerosas razas equinas y cruza con diferente tamaño, forma del cuerpo y conformación del tórax que entregan diferente tamaño cardíaco, haciendo poco comparable las mediciones cardiacas entre individuos, estableciéndose diferentes métodos de estandarización de las dimensiones cardíacas para efectuar esta comparación (Cornell *et al.*, 2004). El acortamiento fraccional es una medida cruda que permite las comparaciones entre diferentes operadores y animales (Oyama, 2004).

En la literatura de cardiología humana y veterinaria, se han propuesto una variedad de métodos de normalización del tamaño del corazón para mejorar la influencia del tamaño corporal y aunque la relación de estas normas se han empleado en humanos y en perros, han sido consideradas como inexactas, ya que se debe asumir una relación lineal entre las variables dependientes (mediciones ecocardiográficas) y las independientes (peso corporal, índice corporal) (Rovira *et al.*, 2009), lo que no ocurre en todos los casos. El análisis mediante índices de relación ecocardiográfica se encuentra bien normalizado

para tamaño corporal en caninos, sin embargo existen diferencias que se atribuyen a la raza en estudio (Hall *et al.*, 2008). En perros, gatos y equinos se ha demostrado que no existe correlación o ésta es muy baja, entre los índices de relaciones ecográficas obtenidos en modo M con respecto al peso corporal (Brown *et al.*, 2003). En caballos se ha demostrado que no existe asociación entre las dimensiones cardíacas internas y el peso corporal (Long *et al.*, 1992, Slater y Herrtage, 1995). Por otra parte, se ha descrito que los resultados obtenidos mediante ecocardiografía bidimensional en fina sangre inglés, son repetibles y pueden ser empleados para documentar cambios en las dimensiones cardíacas dentro de individuos (Seder *et al.*, 2003)

El uso de medio de contraste endovenoso durante la evaluación bidimensional del corazón es de valor incremental en el ser humano, mejorando la visualización del borde endocardial y aumentando exactitud y reproducibilidad de las mediciones de la función sistólica del ventrículo izquierdo (Hundley *et al.*, 1998, Nucifora *et al.*, 2009), sin embargo, no existen antecedentes de su empleo en el equino.

MEDICIONES CARDÍACAS

La medición de las imágenes obtenidas del corazón permite realizar cálculos y obtener cifras que son una referencia para la evaluación de la función cardíaca.

La patología cardíaca produce cambios en la geometría y dimensiones del corazón, como también lo hace el entrenamiento continuo y progresivo. Una de las ventajas de la ecocardiografía es la capacidad para cuantificar el tamaño del corazón considerando a la vez las cámaras cardíacas como el grosor de sus paredes. A partir de estas mediciones se pueden obtener índices globales de la función sistólica del ventrículo izquierdo. Por este motivo, es importante lograr una medición acuciosa de las dimensiones cardíacas como a su vez superar ciertas dificultades propias de la técnica, como alineamiento inapropiado, calidad de la imagen, delineamiento inapropiado de la interface endocardio-cavidad, que pueden conllevar a resultados erróneos.

A medida que la enfermedad cardíaca avanza, la presión de llenado auricular se eleva, desarrollándose la enfermedad cardíaca congestiva. Por este motivo, el diámetro de la aurícula izquierda es un índice importante en la evaluación de la gravedad de esta patología. La evaluación de la aurícula izquierda puede realizarse directamente de la imagen bidimensional, a través de la medición de la circunferencia, el área o su diámetro. Algunos estudios sugieren el empleo de la relación Diámetro Aurícula Izquierda / Diámetro de la Aorta como base para la evaluación, lo que es ampliamente difundido en la ecocardiografía en perros (Oyama, 2004). Estos cambios también son esperables que ocurran producto del entrenamiento atlético.

El sístole ventricular izquierdo implica un acortamiento en el eje largo ventricular, una reducción en el diámetro interno en el eje corto cardíaco y una ligera rotación del eje largo. Durante el acortamiento, el ápex cardíaco se mantiene relativamente estacionario en el eje largo, mientras que el anillo mitral se mueve hacia el ápex del corazón (Mc Donald, 1970).

Todas las mediciones del ventrículo izquierdo deben ser tomadas invariablemente en el eje corto en el plano 3 (Foto N°1) en el cual podemos observar las cuerdas tendinosas (Pidal, 2009), con el equipo configurado en el modo M. Por otro lado, las mediciones de la fase diastólica deben realizarse en el fin de diástole, es decir, telediástole.

Las principales mediciones que se deben calcular, son: espesor del tabique interventricular en sístole y diástole; Espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo en sístole y diástole; diámetro de la cavidad ventricular izquierda en sístole (DSVI) y diástole (DDVI); diámetro diastólico aórtico; diámetro atrial; relación atrio izquierdo/aorta (Lightowler, 2006).

La reducción del diámetro sistólico del eje corto, el acortamiento del eje largo y la combinación de éstos, han sido empleadas para calcular la Fracción de Eyección del

ventrículo izquierdo. En el modo M, la fórmula empleada mayormente para el cálculo de la fracción de eyección es la de Teichholz, basada en la reducción del diámetro del eje corto. Esta ecuación está basada en la forma cúbica, con factores de corrección para la forma esférica incremental que se obtiene de la dilatación creciente. La relación entre el volumen sanguíneo del ventrículo (V) y el diámetro interno del eje corto (D), de acuerdo a la formula es :

$$V = \frac{7 \times D^3}{2,4+D}$$

El tiempo de eyección del ventrículo izquierdo (LVET) es una de las primeras mediciones no invasivas empleadas en cardiología para la evaluación de la función ventricular. Una aplicación temprana del LVET es la identificación de la insuficiencia cardíaca (Chan *et al*, 2007). Una manera de evaluar el LVET es midiendo el tiempo de apertura de la válvula aortica en modo M (Swaminathan *et al.*, 2003).

Otro de los parámetros ecocardiográficos más empleados para la evaluación de la funcionalidad del ventrículo izquierdo es el Acortamiento Fraccional (FS), que se utiliza como una estimación de la contractilidad del miocardio. Si el ventrículo no se llena normalmente durante el diástole, el FS se reducirá, ya que es especialmente sensible a aquellos factores que afecten la postcarga. La patología valvular cardíaca afecta la función ventricular previo a la ocurrencia de cualquier cambio en la contractibilidad del miocardio. Si la enfermedad valvular es suficientemente grave como para tener una sobrecarga de volumen, la precarga puede aumentar, aumentando el cálculo del FS al disminuir las dimensiones sistólicas y diastólicas (Patteson, 1996).

$$FS (\%SF) = \frac{(DDVI - DSVI)}{DDVI} \times 100$$

Donde DDVI es el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo; DSVI, diámetro sistólico ventrículo izquierdo.

El porcentaje de sangre expulsada del ventrículo izquierdo del corazón con cada contracción es denominada fracción de eyección (FE). Una fracción de eyección menor a lo normal (55%) puede indicar que hay un debilitamiento del músculo cardíaco. Las causas más comunes de esto son las obstrucciones en las arterias coronarias, el aumento en la presión sanguínea, alteraciones del ritmo cardiaco, o dilatación excéntrica. Este hallazgo también se asocia con disminución de la supervivencia a largo plazo, lo que puede ser mitigado mediante tratamiento farmacológico.

$$FE (\%) = \frac{(VDVI - VSVI) \times 100}{VDVI}$$

Donde VDVI es el volumen diastólico del ventrículo izquierdo y VSVI es el volumen sistólico del ventrículo izquierdo.

La evaluación de la Fracción de Eyección mediante ecografía bidimensional puede verse afectada por la ganancia ecográfica empleada, como por la experiencia del observador. Por este motivo, la técnica debe ser estandarizada siendo corregida mediante trazado manual de las imágenes del fin del diástole y al final del sístole (Cannesson *et al.*, 2007).

El corazón de un atleta se caracteriza por un aumento fisiológico en el grosor de la pared del ventrículo izquierdo y de la masa, como así también por una dilatación de la cavidad en el caso de actividades de resistencia (“endurance”). La cardiomiopatía hipertrófica se caracteriza por un aumento en la masa ventricular izquierda, con ausencia de dilatación ventricular. Los pacientes con cardiomiopatía hipertrófica pueden demostrar una variabilidad de signología clínica desde no presentar limitación funcional significativa hasta la muerte repentina o prematura (Louie y Maron, 1986, Germans *et al.*, 2006). Este aumento anormal en la masa muscular ventricular se genera por mutaciones en las

proteínas del sarcómero y se presenta principalmente en el septum interventricular (Yu *et al.*, 2000).

La estimación ecográfica de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo también se puede evaluar basado en la estimación de la separación del tabique interventricular al punto E de la válvula mitral (Koenig *et al.*, 1983, Silverstein *et al.*, 2006). Esta medida corresponde a la distancia entre la abertura máxima de la válvula mitral y el tabique interventricular (Reef *et al.*, 2005), evaluada en el modo M. Esta medida es un método sencillo y rápido que permite diferenciar entre funcionalidad normal o anormal (Silverstein *et al.*, 2006) del ventrículo izquierdo y puede ser un predictor de insuficiencia cardíaca en pacientes con disfunción ventricular izquierda asintomática (Petti *et al.*, 2008). El valor normal en caballos es de 1.55 +/- 0.47 cm y no debe exceder los 2.1 cm. (Lightowler, 2006).

Cuando el aumento de la gradiente de presión diastólica aurícula-ventrículo izquierdo es rápido, la apertura de la válvula mitral es mayor y la separación del punto E-septum se reduce. Por el contrario, un aumento lento de la gradiente de presión provoca un menor grado de apertura de la válvula mitral y la distancia del punto E-septum aumenta (Kaul, 2004).

Otra medición que es importante de considerar, es el cálculo de la masa miocárdica ventricular izquierda (MMVI), la cual se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$\text{MMVI} = 1.5 \times (\text{ETId} + \text{DDVI} + \text{EPLd})^3 - (\text{DDVI})^3$$

Donde ETId es el espesor del tabique interventricular izquierdo, DDVI es el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo y EPLd es el espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo.

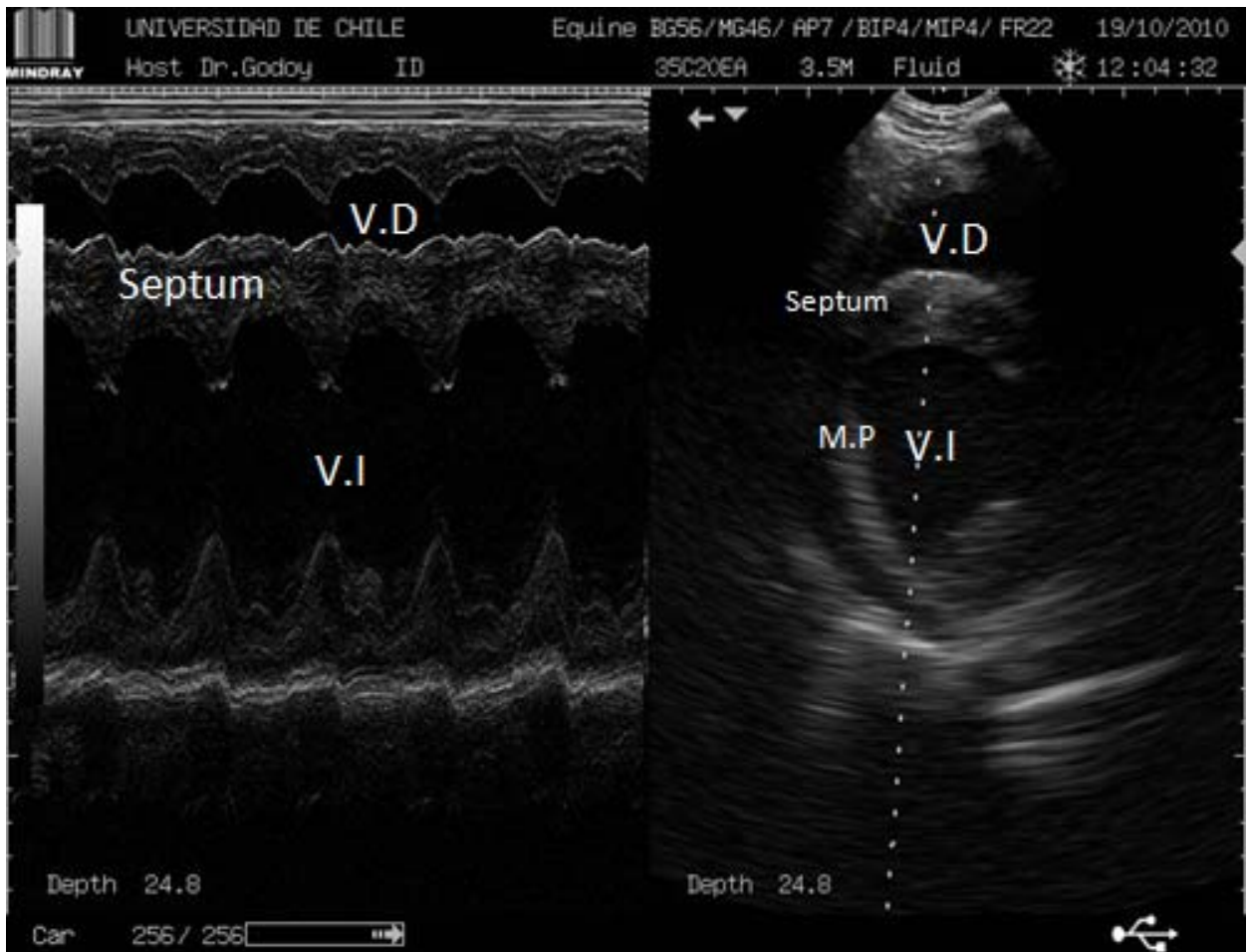
Con el cálculo de este índice, se puede evaluar los cambios que pueda sufrir la masa cardíaca como respuesta al fenómeno de hipertrofia, sea esta fisiológica producto del entrenamiento o patológica.

Ventana ecográfica corresponde al lugar a través del cual se puede estudiar por ultrasonido un órgano. En el caso del corazón se tiene una ventana paraesternal derecha y una ventana paraesternal izquierda en las cuales se mueve el transductor entre el 3° y 5° espacio intercostal (Lightowler *et al*, 1998). Por la ventana paraesternal derecha es por donde se obtiene mayor información y en ella se puede realizar cortes del corazón en el eje corto y también en el eje largo. Los cortes básicos que podemos tener en el eje corto son los planos 1, plano 2, plano 3, plano 4 y plano 5 (Pidal, 2009). El plano 1 es el corte a nivel del ápex cardíaco, el plano 2 es el corte en eje corto a nivel de los músculos papilares del ventrículo izquierdo. El plano 3 es a nivel de las cuerdas tendinosas, siendo a este nivel el lugar donde se van a obtener las mediciones de la pared y cavidad del ventrículo izquierdo en el modo M (Foto N°1). El plano 4 es el corte a nivel de la válvula mitral y el plano 5 es a nivel de la base cardíaca donde vemos los atrios y en el centro, la aorta (Foto N°2) (Lightowler, 2006; Pidal, 2009).

En el eje largo obtenido desde la ventana paraesternal derecha vamos a obtener la imagen de 4 cámaras (tracto de entrada biventricular), 5 cámaras y tracto de salida izquierdo (Pidal, 2009). En la imagen de 4 cámaras vamos a ver las 2 válvulas atrioventriculares, es decir, la tricúspide y la mitral. En la imagen del tracto de salida del ventrículo izquierdo, vamos a ver ventrículo derecho, atrio derecha, tabique interventricular, ventrículo izquierdo válvula sigmoídea aórtica y la aorta (figura N° 4). En la imagen de 5 cámaras se aprecia ventrículo derecho, atrio derecho, atrio izquierdo, ventrículo izquierdo y también se puede observar la aorta (Foto N°3). Hay veces que se ve una imagen hipoecogénica de forma redondeada cercana a la aorta que corresponde a la arteria pulmonar (Lightowler, 2006; Pidal, 2009).

Desde la ventana paraesternal izquierda vamos a obtener principalmente la imagen del tracto de entrada y salida del ventrículo izquierdo y también del ventrículo derecho en el eje largo. El eje corto muestra imágenes casi especulares con respecto a las de la ventana derecha (Lightowler, 2006).

Los cambios adaptativos inducidos por el entrenamiento se traducen en cambios en el corazón que se evidencian en la ecocardiografía. Estos cambios son producidos por aumento del volumen al final de la diástole y aumento del débito cardíaco (Marr y Bowen, 2010). Los cambios que se pueden evidenciar mediante ecografía son: aumento de la masa cardíaca sugiriendo hipertrofia cardíaca principalmente del ventrículo izquierdo en caballos entrenados (Evans y Young, 2010). También se ha sugerido el aumento del tamaño de la cavidad del ventrículo izquierdo y del atrio izquierdo pero sin cambios en el grosor de la pared ventricular, lo que podría reflejar los diferentes tipos de entrenamiento (Marr and Bowen, 2010).



A

B

Foto N° 1: A (Modo M), B (Modo B): Corte en eje corto a nivel de las cuerdas tendinosas (plano 3). M.P: músculo papilares. V.I: ventrículo izquierdo. V.D: ventrículo derecho.

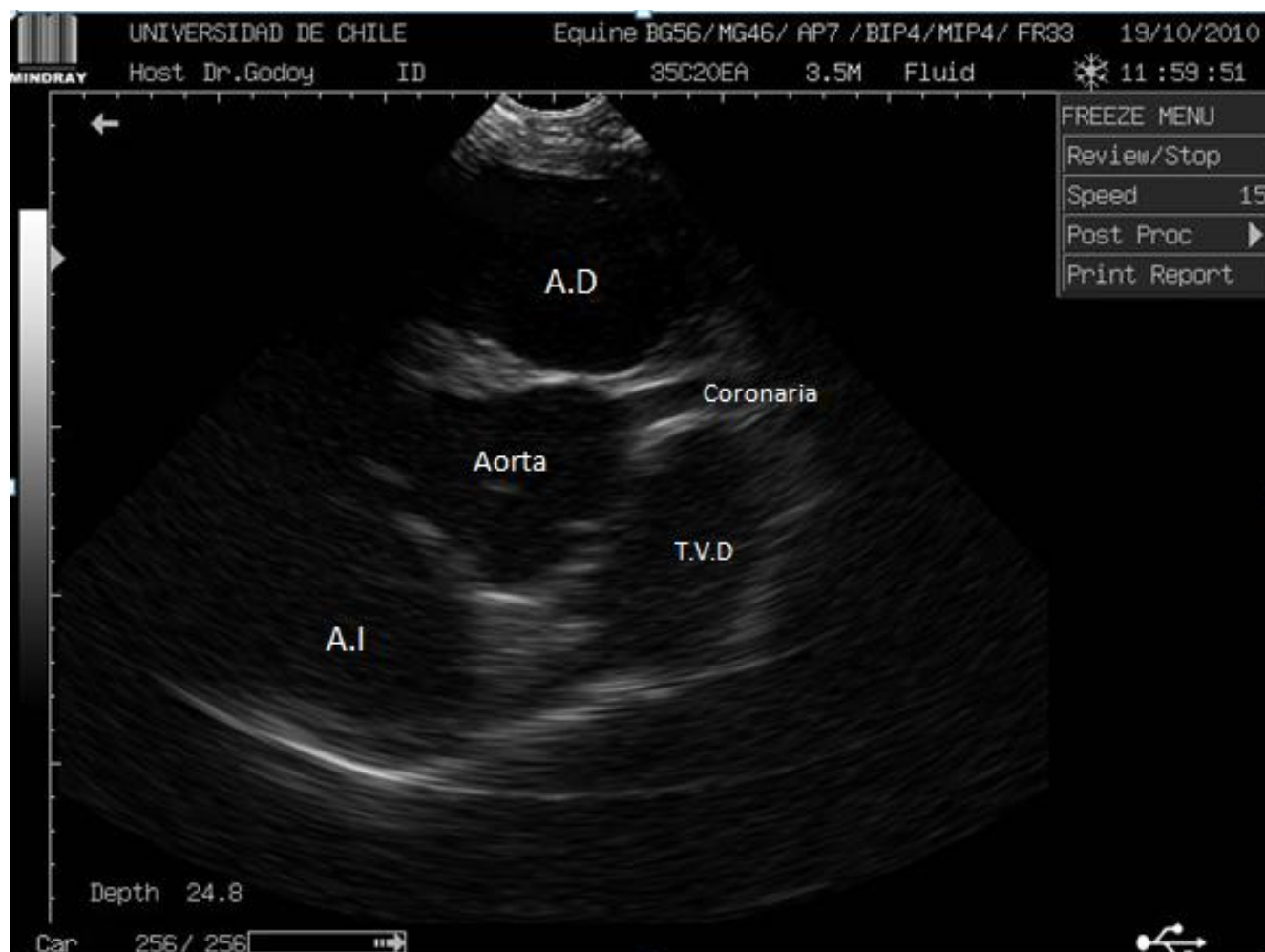


Foto N°2. Modo B, Eje corto plano 5, base cardiaca. A.D: atrio derecho. A.I: atrio izquierdo. T.V.D: tracto de salida del ventrículo derecho.

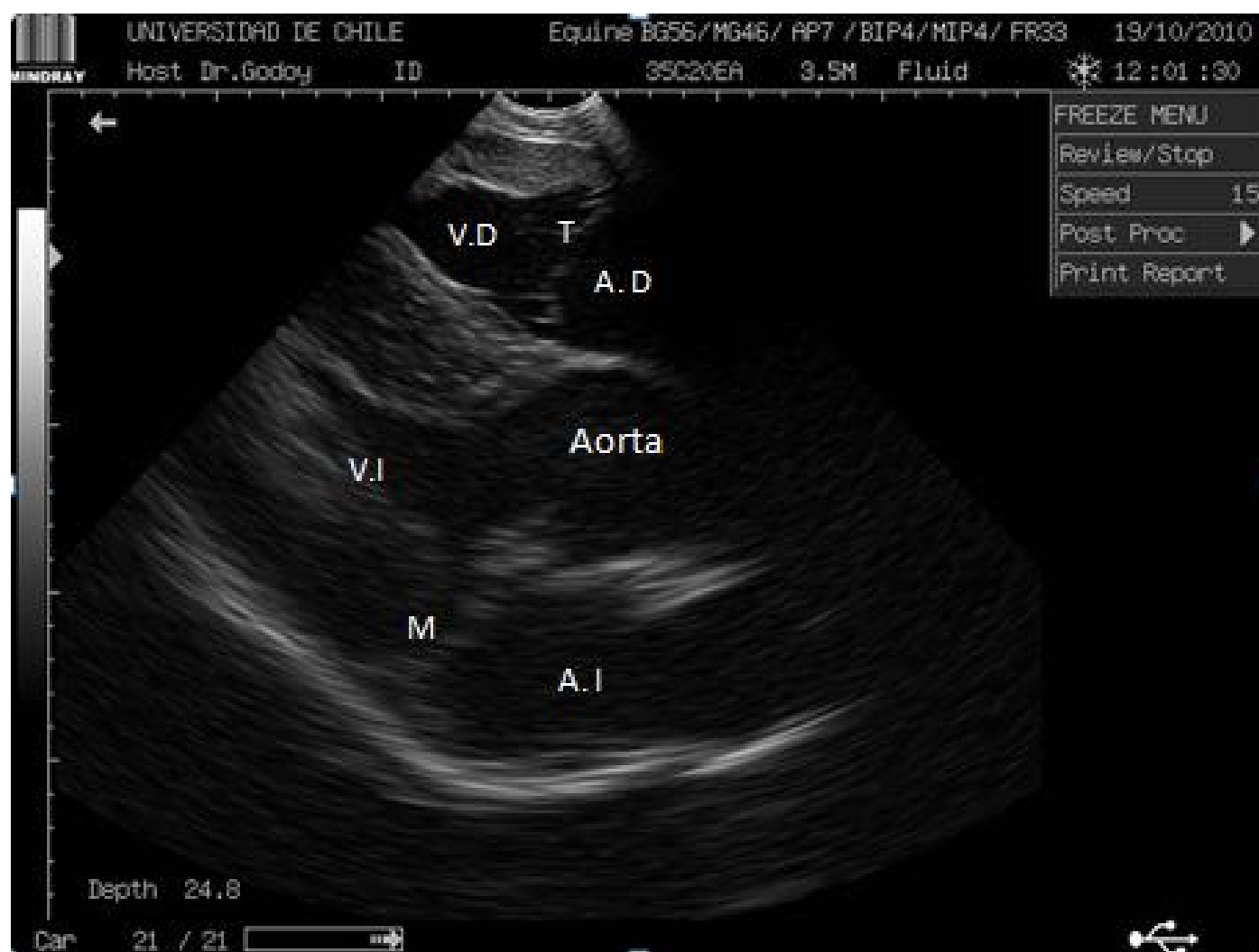


Figura N° 3. Modo B, Imagen de 5 cámaras. V.I: ventrículo Izquierdo. V.D: ventrículo derecho. A.I: atrio izquierdo. A.D: atrio derecho. T: tricúspide. M: mitral.

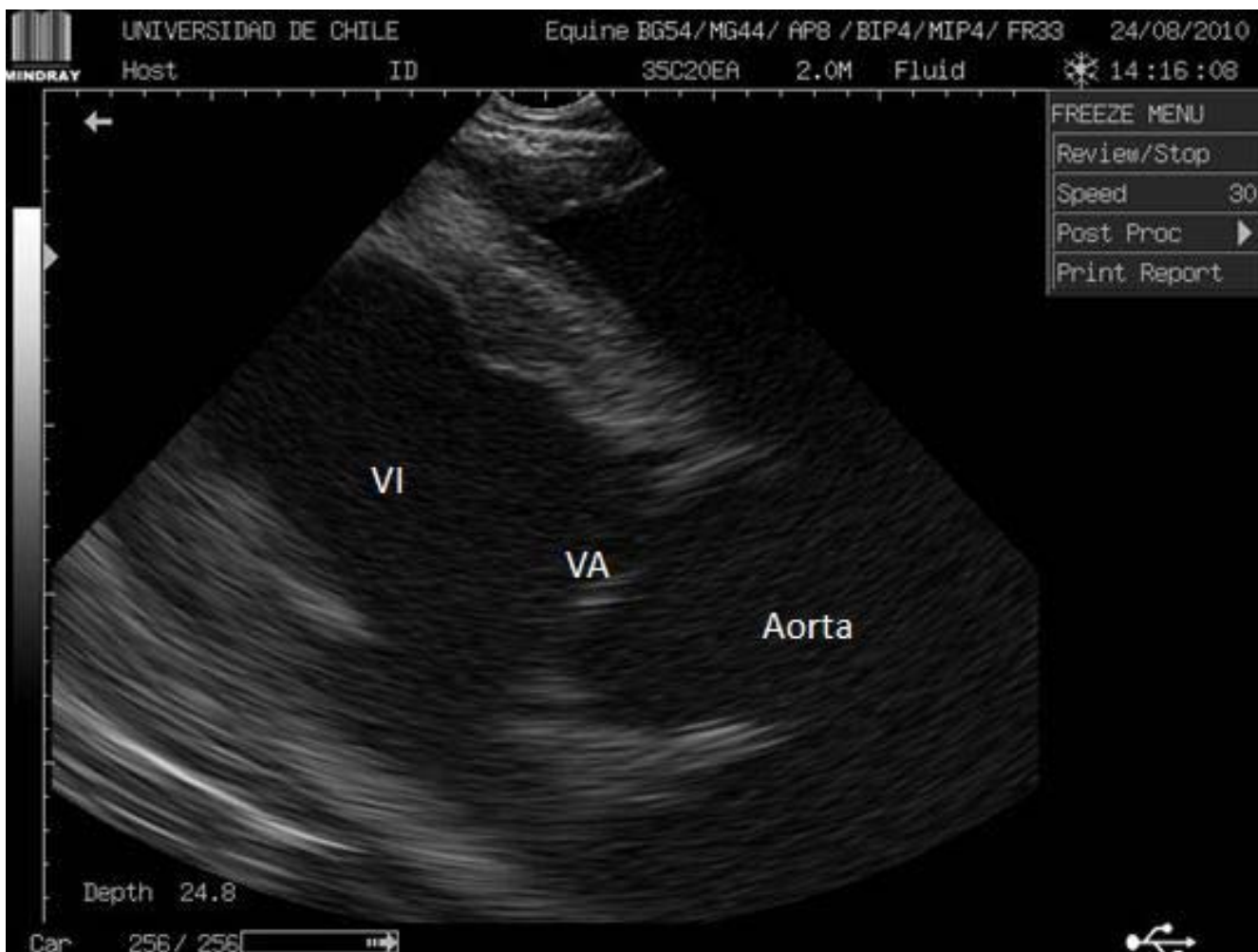


Figura N° 4. Modo B, Tracto de salida del ventrículo izquierdo. V.I: ventrículo izquierdo. V.A: válvula aórtica.

BIBLIOGRAFIA

BARON, M.; BORDET, R.; RUET, L.; SEVESTRE, J. 1970. Etude télémetrique de L'electrocardiogramme et du vectocardiogramme chez le cheval de Sport II. Variations de 1 electro-cardiogramme Liées a L'effort. Rec. Méd. Vét. Ec. Alfort. 146: 753-782.

BASTERRA J, CAMPOS A. 2009. Anatomía y fisiología aplicadas del oído externo y medio. En: Tratado de otorrinolaringología y patología cérvico facial. Elsevier. España. Primera Edición. 840 pp.

BUHL R, ERSBØLL AK, ERIKSEN L, KOCH J. 2004. Sources and magnitude of variation of echocardiographic measurements in normal Standardbred horses. Vet Radiol Ultrasound. 45: 505-512.

BUHL, R., ERSBØLL, A.K., ERIKSEN, L., KOCH, J. 2005.Changes over time in echocardiographic measurements in young standardbred racehorses undergoing training and racing and association with racing performance. Journal of the American Veterinary Medical Association. 226: 1881–1887.

BROWN DJ, RUSH JE, MACGREGOR J. 2003. M-mode echocardiographic ratio indices in normal dogs, cats, and horses: a novel quantitative method. J Vet Intern Med. 17: 653–662.

CANNESSON M, TANABE M, SUFFOLETTO M, MCNAMARA D, MADAN S, LACOMIS J, GORCSAN J. 2007. A novel two-dimensional echocardiographic image analysis system using artificial intelligence-learned pattern recognition for rapid automated ejection fraction. J Am Coll Cardiol. 49 (2): 217-226.

CHAN G, MIDDLETON P, CELLER B, WANG L, LOVELL N. 2007. Automatic detection of left ventricular ejection time from a finger photoplethysmographic pulse oximetry waveform: comparison with Doppler aortic measurement. *Physiol Meas.* 28: 439-452.

CORNELL C, KITTLESON MD, DELLA TORRE P, HAGGSTROM J, LOMBARD CW. 2004. Allometric scaling of M-mode cardiac measurements in normal adult dogs. *J Vet Intern Med.* 18: 311-21.

DÖRNER, C. 2009. Evaluación Electrocardiográfica de Equinos Fina Sangre de Carrera Clínicamente Sanos en Período de Amansa. Memoria. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 107 p.

DOS SANTOS E., MARTINS S., FURUGEN A., ROBERTO W. 2004. B-mode and M-mode Echocardiography of Endurance Horses Raised in São Paulo State, Brazil. *Journal of Equine Veterinary Science.* 24 (10): 451-457.

EVANS, D.L. 1985. Cardiovascular adaptation to exercise and training. *The Vet. Clin. of North America. Equine Practice* 1: 513-531.

EVANS, D.; YOUNG, L. 2010. Cardiac Responses to Exercise and Training. In: *Cardiology of the Horse*. Segunda Edición. Editorial Saunders. U.S.A. 294 p.

GERMANS T, WILDE A, DIJKMANS P, CHAI W, KAMP O, PINTO Y, VAN ROSSUM A. 2006. Structural abnormalities of the inferoseptal left ventricular wall detected by cardiac magnetic resonance imaging in carriers of hypertrophic cardiomyopathy mutations. *J Am Coll Cardiol.* 48 (12): 2518-2523.

GODOY, A.; VENEROS R; URCELAY S; MARTÍNEZ, R. 1991. Auscultación cardíaca y sus posibles implicancias electrocardiográficas en equinos Fina Sangre de carrera en training. Avances en Medicina Veterinaria, Vol.6 (2).

GOLEMATI S., STOITSIS J., BALKIZAS T., NIKITA K. 2005. Comparison of B-mode, M-mode and Hough transform methods for measurement of arterial diastolic and systolic diameters. In: Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, September 1-4, 1758-1761.

HALL, DJ., CORNELL, CC., CRAWFORD S., BROWNDJ. 2008. Meta-analisis of normal canine echocardiographic dimensional data using ratio indices. Journal of Veterinary Cardiology. 10: 11-23.

HALLOWELL GD., POTTER TJ., BOWEN IM. 2007. Journal of Veterinary Cardiology. 9: 91-98.

HODGSON D, ROSE R. 1994. Evaluation of performance potential. In: Hodgson DR, Rose RJ. The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Philadelphia: W. B. Saunders. chap. 11:231-243.

HUNDLEY WG., KIZILBACH AM., AFRIDI I. 1998. Administration of an intravenous perfluorocarbon contrast agent improves echocardiographic determination of left ventricular volumes and ejection fraction: comparison with cine magnetic resonance imaging. J Am Coll Cardiol. 32:1426-1432.

KAUL S. 2004. The extents of mitral leaflet opening and closure are determined by left ventricular systolic function. Heart. 90: 126-128.

KOENIG W, GEHRING J, KOLLMANN G, SCHINZ A, BECKMANN R, MATHES P. 1983. [Significance of the E point-septum distance for the evaluation of left ventricular function in coronary disease – a study using M-mode echography]. *Z Kardiol.* 72 (11): 649-653.

KRIZ, NG., HODGSON, DR., ROSE, RJ. 2000. Prevalence and clinical importance of heart murmurs in racehorses. *J Am Vet Med Assoc.* 216: 1441-1445.

LIGHTOWLER, C.H. 2006. Manual de Cardiología del Caballo. Primera Edición. Editorial Chinfield S.A. Argentina. 1736 p.

LIGHTOWLER, C.H.; MERCADO, M.C.; GARCIA LIÑEIRO, J.A. 1998. Ventanas y Ecotomogramas de Referencia para la Ecocardiografía Bidimensional en Tiempo Real del Equino. *Arch. med. vet.* Vol.30 (1): 143-151.

LONG, K.J., BONAGURA, J.D., DARKE, P.G. 1992. Standardised imaging technique for guided M-mode and Doppler echocardiography in the horse. *Equine Vet J* 24, 226–235.

LOUIE E, MARON B. 1986. Hypertrophic cardiomyopathy with extreme increase in left ventricular wall thickness: Functional and morphologic features and clinical significance. *J Am Coll Cardiol.* 8 (1): 57-65.

MARR, C.; BOWEN, M. 2010. Cardiology of the Horse. Segunda Edición. Editorial Saunders. U.S.A. 294 p.

MC DONALD IG. 1970. The shape and movement of the human left ventricle during systole. A study by cineangiography and by cinecardiography of epicardial markers. *Am J Cardiol*; 26; 221-230.

NUCIFORA G., AJMONE N., HOLMAN E., SIEBELINK HM., VAN WERKHOVEN J., SCHOLTE A., VAN DER WALL E., SCHALIJ M., BAX J. 2009. Real Time 3-dimensional echography early after acute myocardial infarction: incremental value of echo-contrast for assessment of left ventricular function. *American Heart Journal*. 157:5: 882e1-882e8.

OYAMA, M. 2004. Advances in echocardiography. *Vet Clin Small Anim*; 34:1083-1104.

PATTESON, M. 1996. *Equine Cardiology*. Blackwell Science, Oxford. First Edition. 264 pp.

PETTI M, VIOTTI R, ARMENTI A, BERTOCCHI G, LOCOCO B, ALVAREZ M, VIGLIANO C. 2008. Predictores de insuficiencia cardiaca en la miocardiopatía chagásica crónica con disfunción asintomática del ventrículo izquierdo. *Rev Esp Cardiol*. 61 (2): 116-122. .

PIDAL, G. 2009. *Cardiología Equina* [grabación audio]. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. Escuela de postgrado, Diplomado en Medicina Equina. 1 Cinta (Digital), 7 horas. Sonido.

PORTER M., RAMIREZ S. 2005. Equine neonatal thoracic and abdominal ultrasonography. *Vet Clin Equine* 21: 407–429.

REEF V. 1998. Cardiovascular ultrasonography, in Reef VB (ed): Equine Diagnostic Ultrasound. Philadelphia, PA, Saunders, pp 215-272. .

REEF VB., WHITTIER M., GRISWOLD L. 2005. Echocardiography. Clinical Techniques in Equine Practice.03 (013) 274-283.

ROVIRA, S., MUÑOZ, A., RODILLA, V. 2009. Allometric scaling of echocardiographic measurements in healthy Spanish foals with different body weight. Research in Veterinary Science. 86: 325–331.

SEDER J., VICKERY C., MILLER P. 2003. The relationship of selected Two-dimensional echocardiographic measurements to the racing performance of 5431 Yearlings and 2003 Two-year-old Thoroughbred Racehorses. Journal of Equine Veterinary Science. 23 (4) 149-167.

SILVERSTEIN J, LAFFELY N, RIFKIN R. 2006. Quantitative estimation of left ventricular ejection fraction from mitral valve E-point to septal separation and comparison to magnetic resonance imaging. Am J Cardiol. 97: 137-140.

SLATER, J.D., HERRTAGE, M.E. 1995. Echocardiographic measurements of cardiac dimensions in normal ponies and horses. Equine Veterinary Journal Suppl. 19, 28–32.

SWAMINATHAN M, PHILLIPS-BUTE B, MATHEW J. 2003. An assessment of two different methods of left ventricular ejection time measurement by transesophageal echocardiography. Anesth Analg. 97: 642-647.

YOUNG LE, ROGERS K, WOOD JLN. 2005. Left ventricular size and systolic function in Thoroughbred racehorses and their relationships to race performance. J Appl Physiol. 99: 1278–1285.

YU E, OMRAN A, WIGLE D, WILLIAMS W, SIU S, RAKOWSKI H. 2000. Mitral regurgitation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: Relationship to obstruction and relief with myectomy. *J Am Coll Cardiol.* 36 (7): 2219-2225

ZUCCA, E., FERRUCCI, F., CROCI, C., DI FABIO, V., ZANINELLI, M., FERRO, E. 2008. Echocardiographic measurements of cardiac dimensions in normal standardbred racehorses. *Journal of Veterinary Cardiology.* 10: 45-51.