

Tomografía ultrasónica computarizada con esfuerzo medicamentoso en el caballo

Pidal, G.¹; Chiaramonte, P.²; Cattaneo, M.³; Lightowler, C.⁴

RESUMEN

El diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares en el caballo es sencillo cuando las fallas son evidentes y están presentes en reposo, situación que se complica cuando los problemas son subclínicos y/o sólo se expresan durante el ejercicio. Con el objetivo de evaluar el comportamiento inotrópico global y regional del miocardio ventricular izquierdo del caballo los autores desarrollan una prueba de Tomografía Ultrasónica Computarizada con esfuerzo medicamentoso en la mencionada especie. Proponen como protocolo medicamentoso, la utilización de la asociación de sulfato de atropina (15 µg/Kg) y clorhidrato de dobutamina (en dosis crecientes de 3 µg/Kg/min, 6 µg/Kg/min y 9 µg/Kg/min) aplicándola en forma escalonada hasta alcanzar una frecuencia cardíaca estable por encima de los 100 latidos por minuto. La captura y sincronización de imágenes se realizó con un software específico lo cual fue complementado con las siguientes mediciones ecocardiográficas realizadas en modo-M (basales y durante el máximo esfuerzo) de los siguientes parámetros: Espesor diastólico y sistólico del tabique interventricular; Espesor diastólico y sistólico de la pared libre ventricular izquierda, Diámetros diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo y Porcentaje de acortamiento fraccional.

Palabras clave: (tomografía ultrasónica computarizada), (estrés farmacológico), (dobutamina), (ecocardiografía).

¹Área Equinos. Unidad de Cardiología; ² Becaria (Beca estímulo). Enfermedades Quirúrgicas, ³Área de Matemáticas y Estadística; ⁴Jefe. Unidad de Cardiología. Hospital Escuela de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Chorroarín 280 (1427) Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina. olmo@fvet.uba.ar

#El presente estudio forma parte del Proyecto de Investigación VE-027 aprobado y subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, periodo 2004-2007. Este trabajo mereció el Premio Estímulo a la Investigación Científica, 2006, otorgado por la Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA

Recibido: octubre 2007 - Aceptado: xxxxx - Versión on line: xxxxxx

Ultrasonic computerized tomography (uct) with pharmacological drug effort in the horse

SUMMARY

The diagnosis of the cardiovascular diseases in the horse is simple when the failures are evident and are present at rest. That situation is complicated when the dysfunction is sub clinic and only evident during exercise. With the purpose to evaluate the global and regional inotropic behavior of the left ventricular myocardium the authors develop a test of Ultrasonic Computerized Tomography (UCT) with pharmacological drug effort in the horse. They propose as drug protocol the association of atropine sulphate (15µg/Kg) and dobutamina hidrocloreto (in growing dose of 3µg/Kg/min, 6µg/Kg/min and 9µg/Kg/min) with step administration until reaching a stable cardiac rate above the 100 beats per minute. The capture and synchronization of images was carried out with an specific software, complemented with T-mode echocardiography measurements (at rest and during the maximum effort) of the following parameters: Diastolic and systolic thickness of interventricular septum; Diastolic and systolic thickness of the left ventricular free wall, Diastolic and systolic left ventricular diameter and Fractional shortening.

Key words: (Ultrasonic Computerized Tomography), (Pharmacology stress), (dobutamine), (echocardiography).

INTRODUCCIÓN

Las anomalías de aparato cardiovascular forman parte del conjunto de entidades que pueden afectar la performance del caballo destinado al deporte. Estas pueden presentarse en forma aislada o concomitantemente con otros factores.

Si durante la auscultación no se detectan soplos, el electrocardiograma se encuentra dentro de los parámetros normales y los valores de la ecocardiografía bidimensional para el espesor de las paredes y tabique y tamaño de las cavidades están conservados, no existen evidencias para sospechar la presencia de miocardiopatías. Sin embargo, puede existir enfermedad miocárdica sin que ningún signo se manifieste en reposo y que éstos sólo se hagan evidentes ecográficamente cuando la frecuencia cardíaca del paciente se eleva por encima de los 100 latidos por minuto 2, 10, 11.

De lo mencionado precedentemente surge la necesidad de contar con una prueba que permita elevar la frecuencia cardíaca a niveles diagnósticos (“ecoestrés”) dentro del protocolo de evaluación de pacientes equinos con disminución de la performance sin causa evidente 2, 10, 11, 16.

El “estrés” cardiológico puede lograrse de dos maneras: por medio de ejercicio físico o con el auxilio farmacológico.

A la fecha, existe acuerdo en el sentido de que las pruebas de esfuerzo farmacológico tienen ventajas respecto a las llevadas a cabo con ejercicio físico, entre otras cosas porque no requieren contar con infraestructura costosa (pista deslizable), carece de interferencias pulmonares en la captura de las imágenes postejercicio y la mayor persistencia de la frecuencia cardíaca a los niveles necesarios para realizar las mediciones y capturas. Otra de las ventajas es que esta técnica posibilita el estudio de pacientes sospechosos

que, concomitantemente, padecen afecciones del aparato locomotor.

Existen pocas referencias bibliográficas relacionadas a la ejecución de este tipo de pruebas, y ellas presentan desacuerdos en relación a los protocolos farmacológicos utilizados 3, 4, 8, 14, 15.

Al respecto, las fuentes consultadas mostraron que los protocolos desarrollados para provocar el esfuerzo farmacológico varían, fundamentalmente, respecto de la inclusión o no de sulfato de atropina 5, 6, en las dosis de dobutamina utilizadas, las que resultaron ser muy variables (desde 2 a 50 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$) 3, 4, 8, 14, 15 y respecto al orden en que fueron utilizadas las drogas elegidas.

Actualmente sólo existe consenso con respecto a que la combinación de atropina con dobutamina es más segura que la utilización de dobutamina como monodroga 4, 6, 8, 14, 15.

Careciendo de facilidades para realizar pruebas de esfuerzo con ejercicio físico (pista deslizante) y ante la necesidad de contar con una técnica para poner en evidencia cardiopatías ocultas, se desarrolló el presente estudio, cuyos objetivos fueron: a) la puesta a punto de un protocolo de esfuerzo farmacológico en el caballo, b) la evaluación, a través de la ecocardiografía bidimensional de los cambios producidos en las paredes y cavidades cardíacas izquierdas durante la prueba de estrés y, c) la sistematización del uso de un sistema de tomografía ultrasónica computarizada de captura y sincronización imágenes pre y postejercicio con el objeto de evaluar el comportamiento inotrópico global y regional del miocardio ventricular izquierdo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la presente experiencia se utilizaron 18 caballos mestizos*, sin entrenamiento, de ambos sexos, edades comprendidas entre 4 y 13 años (media: 9 ± 3) y peso corporal entre 200 y 500 Kg (media: 353 ± 53 Kg). Sólo se incluyeron en el presente estudio animales cardiológicamente sanos, categoría alcanzada a través del examen físico, la realización de un electrocardiograma^a de seis derivaciones y un estudio ultrasonográfico^b cardíaco (bidimensional, Doppler espectral y mapeo de flujo color).

Estandarización del protocolo para esfuerzo farmacológico

Establecimiento de la dosis de sulfato de atropina (sulfato de atropina al 1/1000, Norgreen, Argentina)

1- Se procedió a inyectar por vía intravenosa sulfato de atropina 1/1000, controlando a los 3 y 7 minutos de finalizada la inyección la frecuencia cardíaca desarrollada. Se probaron dos dosificaciones: 10 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ y 15 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. 1, 12

2- Determinación de la dosis mínima de clorhidrato de dobutamina (clorhidrato de dobutamina 1,25% (12,5 mg/ml), Dr. Gray, Argentina) que permitiera lograr el objetivo buscado (elevar la frecuencia cardíaca por encima de los 100 latidos por minuto). Para ello se establecieron dos protocolos:

Protocolo N° 1: Se tomó como variable fija la dosis de clorhidrato de dobutamina, estableciéndose 3 niveles de dosis crecientes de la droga (3 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$, 6 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$ y 9 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$), aplicadas en intervalos de 3 minutos.

* Todos los animales utilizados en el presente estudio fueron manejados de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Código Ético desarrollado por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas, publicado en la Crónica de la OMS, Vol. 39(2):55-60, 1985. Asimismo y por la índole de los estudios realizados no fueron sometidos a maniobras agresivas que impliquen ninguna forma de sufrimiento.

La dosis de mantenimiento fue la que permitió superar y mantener los 100 lat/min, no fijando un máximo de frecuencia cardíaca a alcanzar.

Protocolo N° 2: En este caso la variable fija fue la frecuencia cardíaca. La metodología aplicada fue idéntica al protocolo N° 1 (3 dosis crecientes de Clorhidrato de Dobutamina: 3 µg/Kg/min, 6 µg/Kg/min y 9 µg/Kg/min). La diferencia del presente protocolo fue la duración de los intervalos de dosis crecientes. En cada uno de ellos se espero hasta que la frecuencia cardíaca alcanzara un determinado nivel y se mantuviera en el tiempo por un período de treinta segundos. Se utilizaron sólo los escalones necesarios para alcanzar la frecuencia predeterminada (más de 100 latidos/minuto y menor a 130 latidos/minuto).

Para ambos protocolos se procedió de la siguiente manera:

- Todas las drogas fueron aplicadas por venoclisis yugular izquierda a través de un catéter abbocath 16G.

- Sulfato de atropina (15µg/Kg); espera hasta máximo efecto y estabilización de la frecuencia cardíaca.

- Clorhidrato de dobutamina (en dilución de 125 mg en 50 ml de Dextrosa al 5%) por medio de bomba infusora^e hasta efecto deseado o aparición de efectos adversos 5, 9, 13.

Mediciones ecocardiográficas

Las imágenes para las mediciones fueron obtenidas desde la ventana paraesternal derecha. Se partió del ecotomograma en eje corto a nivel de las cuerdas tendinosas, realizando las mediciones en modo-M guiado. Se evaluaron los siguientes parámetros: Espesor diastólico y

sistólico del Tabique Interventricular (ETIVd y ETIVs), Espesor diastólico y sistólico de la pared libre del ventrículo izquierdo (EPLVID y EPLVIs), Diámetro diastólico y sistólico ventricular izquierdo (DDVI y DSVI) y Porcentaje de Acortamiento Fraccional (FA%). Las mediciones fueron realizadas con el animal en estado basal (Figura 1-A) y durante el período de mayor esfuerzo (frecuencia cardíaca por encima de 100 latidos por minuto) (Figura 1-B).

Figura 1. A- Ventana paraesternal derecha. A la izquierda, imagen en eje corto a nivel de cuerdas tendinosas con el cursor ubicado para el corte de modo-M guiado. A la derecha modo-M con las mediciones basales del ventrículo izquierdo. B- ídem con las mediciones post-esfuerzo medicamentoso.

Tomografía Ultrasonica Computarizada (TUC)^f

El procedimiento consistió en capturar, desde la ventana paraesternal derecha cuatro ecotomogramas preestablecidos del ventrículo izquierdo 7, primero en reposo (Figura 2- 1, 2, 3 y 4 a) y luego de alcanzada una frecuencia mayor a 100 latidos por minuto (Figura 2- 1, 2, 3 y 4b). Los ecotomogramas preestablecidos fueron:

- Imagen en eje largo del tracto de salida del ventrículo izquierdo.

- Imagen en eje largo del tracto de entrada del ventrículo izquierdo.

- Imagen en eje corto a nivel de los músculos papilares.

- Imagen en eje corto a nivel de las cuerdas tendinosas.

^a Cardipia 200 tricanal, Trimed, BL4 Daeduk Techno-Valley, 548-1 Yongsan-Dong, Yusung-Gu, Daejeon 305-500, Republic of Korea, ^b Kontron, Sigma Iris 440, KONTRON MEDICAL SAS. Zone d'Activités Les Gâtines 52, rue Pierre Curie BP 97 - F 78373 Plaisir Cedex France; ^c Bomba Infusora: Inyectomat S, Bayern, Alemania, ^f Sistema TUC: Computador personal con plaqueta de captura digital y software de sincronización Ecoviews versión 4.0, Fridimex S.A. Estado de Israel 4237 - (C1185AAB) - Buenos Aires, Argentina.

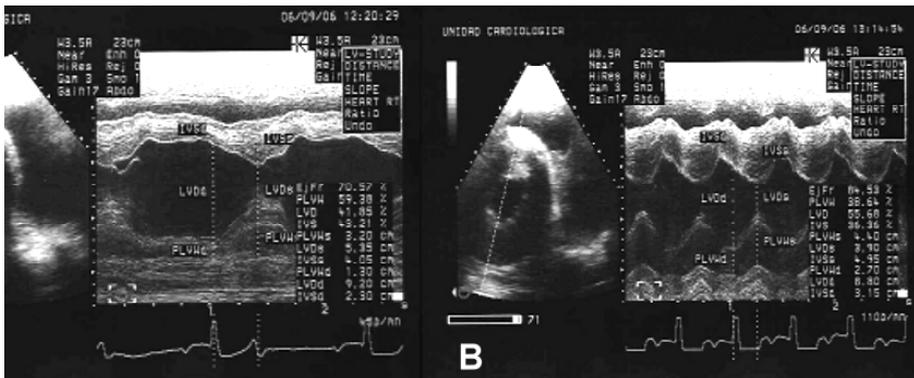


Figura 1. A- Ventana paraesternal derecha. A la izquierda, imagen en eje corto a nivel de cuerdas tendinosas con el cursor ubicado para el corte de modo-M guiado. A la derecha modo- M con las mediciones basales del ventrículo izquierdo. B- ídem con las mediciones post-esfuerzo medicamentoso.

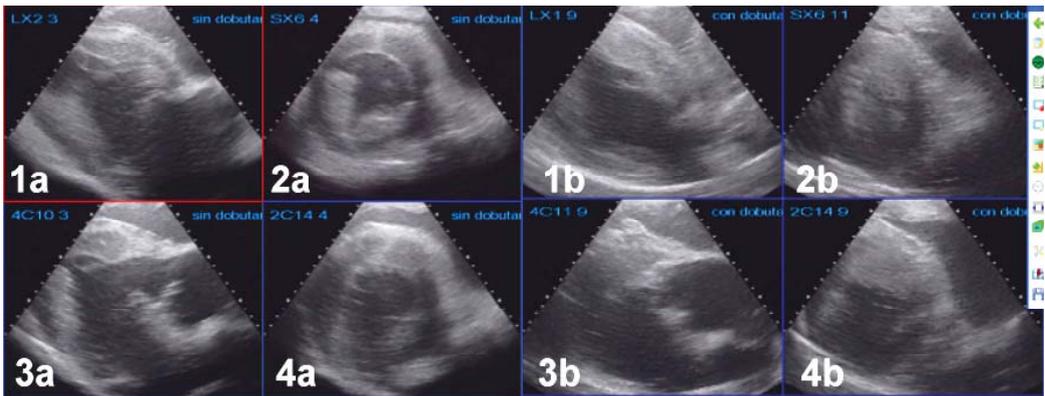


Figura 2- Imágenes obtenidas mediante el software de captura y sincronización. Las cuatro imágenes de la izquierda son previas (basales) a la prueba de estrés farmacológico. 1a- eje largo del tracto de entrada del ventrículo izquierdo; 2a- eje largo del tracto de salida del ventrículo izquierdo; 3a- eje corto a nivel de los músculos papilares; 4a- eje corto a nivel de las cuerdas tendinosas. Las cuatro imágenes de la derecha corresponden a los mismos ecotomogramas descritos previamente pero capturadas durante el estrés farmacológico, donde se pueden observar las diferencias en los espesores parietal y septal.

Una vez lograda la captura de las ocho imágenes se siguieron los pasos necesarios en el software de captura para aparear y sincronizar los ecotomogramas homólogos (Figura 3).

Logrado esto, el operador realizó una comparación cualitativa de cada uno de los pares, analizando: 1) grado de engrosamiento parietal y septal, 2) concordancia del engrosamiento en

todo el contorno y 3) detección de sectores de engrosamiento no concordante (alteraciones regionales del grado de contracción).

Como la evaluación de la TUC es enteramente cualitativa y subjetiva, los resultados finales fueron el resultado de la evaluación de cada par sincronizado por tres de los cuatro autores.

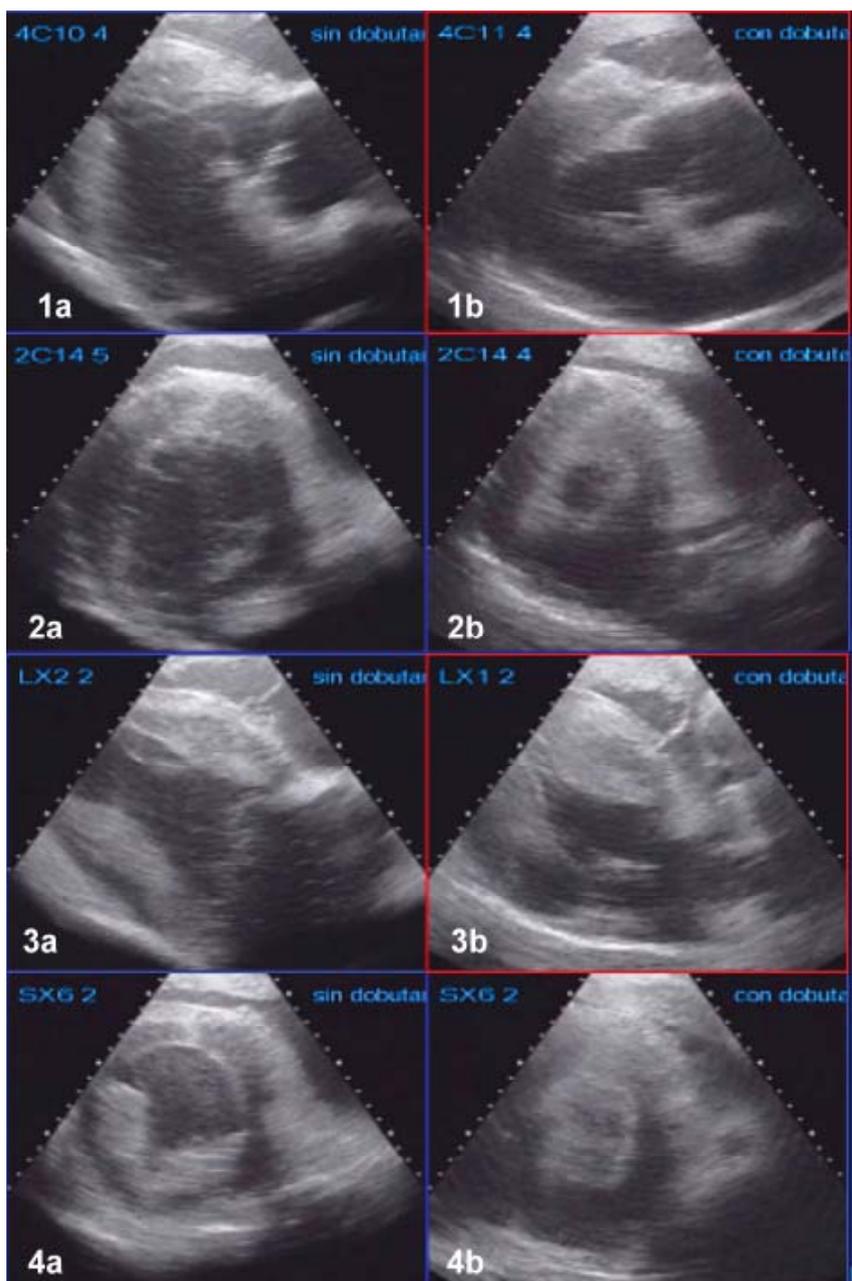


Figura 3- Captura, sincronización y apareamiento de imágenes semejantes para comparación. Imagen en eje largo del tracto de salida del ventrículo izquierdo basal (1a) y post-esfuerzo (1b). Imagen en eje corto a nivel de las cuerdas tendinosas basal (2a) y post-esfuerzo (2b). Imagen en eje largo del tracto de entrada del ventrículo izquierdo basal (3a) y post-esfuerzo (3b). Imagen en eje corto a nivel de los músculos papilares basal (4a) y post-esfuerzo (4b).

Técnica de la prueba de esfuerzo medicamentoso y tomografía ultrasónica computarizada

Previo al inicio de la prueba, cada caballo fue colocado en un brete y mantenido en el mismo, sin manipulación alguna hasta lograr la estabilización de la frecuencia cardíaca.

Logrado esto se procedió de la siguiente manera:

- Medición de Presión arterial g: se midió en la arteria coccígea media antes (basal) y durante el pico máximo de frecuencia cardíaca alcanzado.

- Electrocardiograma de seis derivaciones previo al inicio de la prueba y durante el pico máximo de frecuencia cardíaca alcanzado.

- Monitoreo cardíaco continuo y hasta quince minutos después de terminada la prueba.

- Ecocardiografía bidimensional realizando las mediciones mencionadas precedentemente en reposo y una vez superada una frecuencia cardíaca de 100 latidos por minuto.

Captura de imágenes en los ecotomogramas descriptos precedentemente en reposo y durante el esfuerzo medicamentoso mediante el sistema TUC y su posterior análisis y clasificación.

Análisis Estadístico

Se realizaron los cálculos de la estadística descriptiva para los valores obtenidos (basales y durante el esfuerzo medicamentoso) de los siguientes parámetros ecocardiográficos: Espesor diastólico y sistólico del tabique interventricular (ETIVd y ETIVs), Espesor diastólico y sistólico de la pared libre del ventrículo izquierdo (EPLVID y EPLVIs), Diámetro diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo (DDVI y DSVI) y porcentaje de acortamiento fraccional (FA%). (Tablas 1 y 2). Asimismo se realizó una comparación de los valores medios de los parámetros enunciados

precedentemente obtenidos en la etapa basal y durante el esfuerzo medicamentoso. Para ello se utilizó una prueba de diferencia de medias apareadas. del ventrículo izquierdo (EPLVID y EPLVIs), Diámetro diastólico y sistólico del ventrículo izquierdo (DDVI y DSVI) y porcentaje de acortamiento fraccional (FA%). (Tablas 1 y 2). Asimismo se realizó una comparación de los valores medios de los parámetros enunciados precedentemente obtenidos en la etapa basal y durante el esfuerzo medicamentoso. Para ello se utilizó una prueba de diferencia de medias apareadas.

RESULTADOS

Protocolo Medicamentoso

Respecto del comportamiento del sulfato de atropina, pudo establecerse que a la dosis de 10 µg/kg. no se lograron, en ninguno de los animales estudiados, cambios significativos en la frecuencia cardíaca. Por el contrario, a la dosis de 15 µg/kg se obtuvo un incremento medio del 64,64% sobre la frecuencia basal en un lapso promedio de 6 minutos.

Protocolo N° 1: La frecuencia cardíaca máxima alcanzada con el protocolo fue de 144 ± 11 lat/min, con 6 µg/Kg/min o 9 µg/Kg/min de dobutamina, según el animal. En un sólo caso se alcanzó dicho valor con 3 µg/Kg/min.

Se observaron efectos no deseados en algunos animales, todos ellos dosis-dependiente (9 µg/Kg/min). Estos fueron: tos, taquipnea, temblores musculares, fibrilación palpebral y arritmias cardíacas de distinto tipo y gravedad.

Todos los animales estudiados desarrollaron signos de inquietud cuando la frecuencia cardíaca llegó a los 130 lpm.

Protocolo N° 2: La asociación de sulfato de atropina (15 µg/kg) con clorhidrato de

Tabla 1-Valores de la estadística descriptiva para las mediciones obtenidas previo al esfuerzo medicamentoso.

	ETIVs (cm)	ETIVd (cm)	DSVI (cm)	DDVI (cm)	EPLVIs (cm)	EPLVId (cm)	FA%
n (N° de animales)	18	18	18	18	18	18	18
Media	3.66	2.15	5.61	10.14	3.63	1.95	44.75
Desvio estándar	0.15	0.15	0.58	0.55	0.59	0.18	4.05
Varianza	0.02	0.02	0.33	0.31	0.35	0.03	16.37
C. variación	4.12%	7.17%	10.30%	5.47%	16.28%	9.19%	9.04%
Valor mínimo	3.40	1.93	5.00	9.45	2.80	1.73	36.12
1er cuartil	3.55	2.02	5.25	9.59	3.33	1.78	43.76
Mediana	3.68	2.18	5.50	10.20	3.56	1.92	44.71
3er cuartil	3.79	2.22	5.74	10.62	3.76	2.08	47.92
Valor máximo	3.87	2.43	6.88	11.00	4.88	2.27	49.33

Tabla 2: Valores de la estadística descriptiva para las mediciones obtenidas durante el esfuerzo medicamentoso.

	ETIVs (cm)	ETIVd (cm)	DSVI (cm)	DDVI (cm)	EPLVIs (cm)	EPLVId (cm)	FA%
n (N° de animales)	18	18	18	18	18	18	18
Media	4.45	2.86	4.24	8.57	4.10	2.61	51.21
Desvo estándar	0.44	0.47	1.00	1.23	0.64	0.47	6.59
Varianza	0.19	0.22	1.00	1.51	0.40	0.22	43.41
C. Variación	9.84%	16.30%	23.62%	14.32%	15.52%	17.96%	12.87%
Valor mínimo	3.72	2.38	2.78	6.00	3.28	1.72	42.48
1er cuartil	4.04	2.45	3.31	7.89	3.59	2.29	44.08
Mediana	4.54	2.78	4.13	9.05	4.02	2.77	53.57
3er cuartil	4.78	3.12	5.31	9.43	4.71	2.97	54.72
Valor máximo	5.02	3.78	5.37	9.72	5.12	3.08	61.62

dobutamina, aplicadas con la metodología de variable fija para la frecuencia cardíaca permitió lograr el objetivo (alcanzar la frecuencia cardíaca deseada) con dosis máximas de clorhidrato de dobutamina de 6 µg/Kg/min.

En ninguno de los animales estudiados se observó la aparición de efectos colaterales ni signos de inquietud.

Con ambos protocolos se observó un aumento de la presión arterial mínima y máxima, con un promedio de 95/53 en reposo y 118/109 durante la prueba.

Mediciones ecocardiográficas

El comportamiento post-esfuerzo de las variables estudiadas fue idéntico en la totalidad de los caballos estudiados.

Los valores post-esfuerzo de las variables ETIVs, ETIVd, EPLVIs, EPLVID y FA% fueron significativamente mayores que los correspondientes a los valores basales de dichas variables para cada caballo (p-v (ETIVs) = 0.0009; p-v (ETIVd) = 0.0013; p-v (EPLVIs) = 0.0155; p-v (EPLVID) = 0.0043; p-v (FA%) = 0.0299). En todos los casos se verificó que p-valor <0.05.

Los valores de las variables DDVI y DSVI de los caballos sometidos a la prueba de esfuerzo farmacológico fueron significativamente menores que las medias correspondientes a los valores basales para cada individuo (p-v (DSVI) = 0.0054; p-v (DDVI) = 0.0038). En ambos casos se verifica que p-valor <0.05.

Tomografía Ultrasonica Computarizada (TUC)

La captura de imágenes basales no presentó dificultad alguna dado que no se aparta de una captura de imágenes ecocardiográficas convencionales. Sin embargo, para el caso de la captura de las imágenes durante el esfuerzo y con frecuencias superiores a los

100 latidos por minuto las alteraciones propias de la ventana ecocardiográfica, derivadas del incremento de la frecuencia cardíaca tornan algo más dificultosa la captura, hecho que fue subsanado rápidamente al adquirir los operadores experiencia en las capturas.

Otra pequeña dificultad encontrada para la captura de las imágenes fue debida a la configuración del software. Cada captura es el resultado del promedio de cuatro imágenes (“frames”) y la velocidad con que ello ocurre depende básicamente de la frecuencia cardíaca. En el caballo, en función de su frecuencia cardíaca, este proceso tarda más del doble que en el hombre y ello hace que, en oportunidades sea difícil mantener el mismo ecotomograma con el objeto de que el software pueda “ver” cuatro imágenes semejantes. Sin embargo, nuevamente la adquisición de experiencia permitió obtener capturas diagnósticas.

El software resultó simple de utilizar, aunque presenta algunas “rigideces” operativas que dificultan algo su utilización en el procesamiento posterior de apareamiento y sincronización.

En relación a este último punto, el software mostró, en el caballo, un muy leve retardo en la sincronización a idéntica frecuencia de las capturas pre y postejercicio pero que no fue lo suficientemente importante como para invalidar la evaluación.

Las imágenes elegidas para los cortes de captura y medición permitieron una amplia visualización del miocardio ventricular izquierdo y la evaluación de sus movimientos.

En los animales estudiados no se observaron disfunciones sistólicas globales o regionales en la pared libre ventricular izquierda ni en el septum interventricular.

DISCUSIÓN

Existen estudios que indican la utilidad de las pruebas de esfuerzo para poner en evidencia trastornos ocultos del miocardio 2, 3, 4, 16. Este tipo de pruebas esta perfectamente establecido y sistematizado en la medicina humana 16, pero no en el caballo.

En años recientes se han publicado estudios sobre el desarrollo de pruebas de esfuerzo cardiovascular en el caballo, tanto con esfuerzo físico como farmacológico 3, 4, 6 y el uso de tomografía ultrasónica computarizada 10.

De los dos protocolos medicamentosos empleados en el presente estudio, las ventajas del segundo sobre el primero fueron muy evidentes y concluyentes, dado que, con menores dosis de dobutamina se obtuvieron los resultados deseados sin desarrollo de efectos secundarios.

Dosificar en función de la frecuencia cardíaca deseada optimiza el procedimiento porque no todos los caballos responden de la misma manera a la droga. Es el tiempo de espera y no la dosis en sí la clave de este protocolo.

El protocolo N°2 permitió realizar el estudio con una menor dosis de clorhidrato de dobutamina adecuando el tiempo de espera para que el individuo responda a la droga y se establezca su frecuencia cardíaca al nivel deseado. Ello ocurrió, en promedio, en un periodo mayor a 3 minutos, tiempo este establecido entre cada etapa del protocolo N° 1.

En ambos protocolos la dosis de 15 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de atropina resultó satisfactoria para realizar la prueba, sin necesidad de elevar la misma, lo que sin duda ayuda a evitar el desarrollo de los efectos colaterales propios de la dobutamina.

Al establecer ambos protocolos se fijó una dosis máxima de dobutamina de 9 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$ en razón de que estudios previos 6, 14 sugerían que los efectos colaterales de la infusión con

dobutamina se presentan a partir de una dosis de 10 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$. Sin embargo en el presente estudio los efectos aparecieron a la dosis de 9 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$, indicando que la dosis máxima de infusión debe establecerse a un valor menor al indicado previamente.

El comportamiento de las variables estudiadas en el presente estudio fue coincidente con el obtenido en otros 4, 11, 15. El esfuerzo físico o el producido por efectos farmacológicos produce ajustes inmediatos en la fisiología cardíaca: 1-aumenta la frecuencia cardíaca, efecto mediado por el incremento del tono simpático, el cual es el responsable de las respuestas que se producen en las cámaras del corazón, 2-se reduce el volumen diastólico final del ventrículo izquierdo como consecuencia del aumento del vaciado ventricular sistólico, 3- el mayor vaciado ventricular sistólico permite una mayor reducción del diámetro de final de sistóle del ventrículo izquierdo y 4- la consecuencia de ello es un incremento del acortamiento fraccional pues el diámetro diastólico final varía menos que el sistólico (este índice no es otra cosa que la proporción en que se reduce el diámetro diastólico por efecto de la contracción).

El mayor tono que adquiere el miocardio hace también que, tanto la pared libre ventricular izquierda como el tabique interventricular aumenten su espesor, tanto en sistole como en diástole.

El grado en que ello ocurra esta determinado por de varios factores, entre ellos, el estado contráctil del miocardio, razón por la cual esta prueba es ideal para poner en evidencia las alteraciones que sólo se hacen evidentes cuando el músculo es exigido, como ocurre en el esfuerzo máximo, permitiendo evaluar así los trastornos del inotropismo (diskinesias ventriculares).

Las mediciones realizadas en modo-M de los parámetros estudiados indicaron la ausencia

de trastornos inotrópicos (akinesia, hipokinesia, etc.) en la región estudiada (nivel de las cuerdas tendinosas), pero no aporta datos sobre los valores en otras regiones del miocardio ventricular, razón por la cual, dichas mediciones deben complementarse con el estudio de la TUC pues esta técnica permite evaluar la motilidad ventricular con mayor extensión.

En general, cuando se trabaja sobre mediciones cardíacas, aún con operadores muy entrenados, existe variabilidad intra e interoperador, razón por la cual es siempre necesario obtener de cada parámetro estudiado por lo menos tres mediciones y utilizar como valor definitivo el promedio de las tres.

Si bien la realización de Tomografía Ultrasónica Computarizada requiere un equipamiento básico (Procesador y software de captura y sincronización) el procedimiento es sencillo, el software es fácil de utilizar y su costo es razonable.

Al ser un método enteramente cualitativo es operador dependiente y por lo tanto se requiere contar con personal entrenado para su ejecución. Existe una sola referencia de su uso en el caballo 10.

El software utilizado en el presente estudio fue diseñado para su utilización en medicina humana. Si bien durante su uso en el presente estudio no han surgido inconvenientes de importancia, podrían sugerirse algunas pequeñas modificaciones que mejorarían la performance del mismo para su utilización en el caballo, especialmente en lo que hace a la sincronización de las capturas en donde se ha notado un leve desfasaje de las imágenes. Nuevamente, la experiencia adquirida por los operadores permitió obviar el inconveniente y obtener capturas diagnósticas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados aquí presentados, puede afirmarse que la Tomografía ultrasónica computarizada con esfuerzo medicamentoso, complementada con las mediciones ecocardiográficas clásicas realizadas en modo-M guiado es la técnica de elección para detectar problemas miocárdicos subclínicos en el caballo, sean estos globales o regionales.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa FRIDIMEX SA por el préstamo del Software de Captura y Sincronización de Imágenes y el Hardware para su funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Botana, L. (ed.) - *Farmacología y terapéutica veterinaria*. 1^{era} Edición. 2002. Editorial Mc.Graw Hill / Interamericana.
2. Durando, M. Diagnosing cardiac disease in equine athlete: the role of stress testing. *Equine Vet J*. 2005; 37(2):101-103.
3. Frye, M.A.; Bright, J.M.; Dargatz, D.A. et al. A comparison of dobutamine infusion to exercise as a cardiac stress test in healthy horses. *J Vet Intern Med*. 2003;17(1):58-64.
4. Gehlen, H.; Marnette, S.; Rohn, K.; et al. Stress echocardiography in warmblood horses: comparison of dobutamine/atropine with treadmill exercise as cardiac stressors". *J Vet Intern Med*. 2006;20:562-568.
5. Hinchcliff, K.W.; McKeever, K.H.; Muir, W.W. Hemodynamic effects of atropine, dobutamine, nitroprusside, phenylephrine and propranolol in conscious horses. *J Vet Intern Med*. 1991;5:80-86.
6. Lessic, J.; Mutlak, D.; Rinkevich, D.; et al. Prospective study or early atropine use in

- dobutamine stress echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2000;1(4):231-2.
7. Lightowler, C.H.; Pidal, G. Echography anatomy of the equine heart. A new contribution to its knowledge. *Rev. Med. Vet.* (Bs. As.) Complemento Equinos. 1999; 80(3):233-239.
 8. Marnette, S. Stressechocardiography under physical exercise and passive stress induction at the horse without heart disease. *Publication Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation,* 2004.
 9. Muir, W.W.; McGuirk, S.M. Pharmacology and pharmacokinetics of drugs used to treat cardiac disease in horses. *Vet Clin North Am.* 1985;1:335-342.
 10. Reef, V.B. Stress echocardiography and its role in performance assessment. *Vet Clin North Am. Equine Pract* 2001; 17:179-189.
 11. Reef, V.B.; Maxon, A.D.; Lewis, M. Echocardiographic and ECG changes in horses following exercise. *Am Coll Vet Int Med.* 1994;12:256-258.
 12. Robinson, E.A. *Current Therapy in Equine Medicine.* 4th Edition. 1997. Pag. 252-254.
 13. Sanders, E.A.; Gleed, R.D.; Hackelt, R.P., et al. Action of sympathomimetic drugs on the bronchial circulation of the horse. *Exp Physiol.* 1991;76(2):301-304.
 14. Sandersen, C.F.; Detilleux, J.; Delguste, C.; et al. Atopine reduces dobutamine-induced side effects in ponies undergoing a pharmacological stress protocol. *Equine Vet J.* 2005;37:128-132.
 15. Sandersen, C.F.; Detilleux, J.; Moffarts, B. et al. Effect of atropine-dobutamine stress test on left ventricular echocardiographic parameters in untrained warmblood horses. *J Vet Intern Med.* 2006;20:575-580.
 16. Sicari, R.; Landi, P.; Picano, E. et al. Exercise echocardiography and/or pharmacological stress echocardiography for non-invasive risk stratification early after uncomplicated myocardial infarction. *European Heart J.* 2002; 23:1030-1037.