



Clin**cardio**vet

Revista clínica
de cardiología
veterinaria

15

Utilización de diuréticos en el manejo del fallo
cardíaco congestivo

Utilidad del ecoDoppler epicárdico en la cirugía
cardíaca canina

El corazón helicoidal



Multimédica
ediciones
veterinarias

n **15**

Clin**cardio**vet

Revista clínica
de cardiología
veterinaria

Índice

**Utilización de diuréticos en el manejo
del fallo cardiaco congestivo** **2**

Laín García Guasch, Manuela Bárcena Díaz, Catarina Sá Borges,
Jordi Manubens Grau

**Utilidad del ecoDoppler epicárdico
en la cirugía cardiaca canina** **11**

Guillermo Belerenian, Pablo Hall, Alejo Gabay, Claudia Pucheta, Marcelo Linares,
Octavio Medina Bouquet, Sergio Ferraris, Pablo Donati, Juan Guevara,
Daniel Rodríguez, Gonzalo Iriart, Carlos Mucha.

El corazón helicoidal **25**

Sergio Sánchez

Coordinador científico: José Alberto Montoya-Alonso. RACVE.



**Multimédica
ediciones
veterinarias**

El corazón helicoidal

Sergio Sánchez

Director del centro de enfermedades cardiovasculares y respiratorias de Buenos Aires.
Director del centro cardiológico Patagónico

RESUMEN

En la década del 70, por primera vez el Dr. Francisco Torres Guasp (1931- 2005) cardiólogo Español que dedicó su vida a estudiar la mecánica del corazón, describe al corazón como una estructura formada por una banda miocárdica ventricular continua que se enrolla en una doble hélice.

El Dr. Torrent Guasp propone que ambos ventrículos son formados por una misma banda ventricular continua que se trenza y gira sobre sí misma en forma de un helicoides, y que tiene inicio y final en el nacimiento de ambos troncos arteriales.

Pese a lo contundente de este descubrimiento se continúa enseñando la anatomía tradicional del corazón.

La finalidad de este artículo es presentar esta no tan nueva forma de ver la anatomía cardíaca, y a través de estos nuevos conceptos también entender el funcionamiento de la misma.

Estos cambios en el conocimiento de la estructura y función ventricular establecen retos importantes, ya que a partir de ellos se podrá interpretar mejor la fisiología y funcionamiento cardíaco.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la función cardíaca y de su anatomía lleva ya varios siglos, y ha cambiado muy poco en los últimos 300 años. El descubrimiento del Dr. Torres Guasp es el cambio más significativo de los últimos siglos y obliga a mirar el corazón

desde otra perspectiva que cambiará para siempre nuestra manera de verlo.

Desde el siglo III d. C. se describe al corazón como una bomba que se llena de sangre durante la diástole o relajación ventricular, y impulsa sangre en la eyección ventricular denominada sístole.

En 1628, el Dr. William Harvey describe por primera vez al corazón como una bomba dentro de un circuito cerrado y unidireccional al que denomino el sistema circulatorio. También describió a los pulmones como los órganos encargados de la oxigenación. El concepto de Harvey era que el corazón se llenaba cuando se relajaba y finalmente se contraía produciéndose la eyección de sangre en el circuito. Esta forma de ver al corazón como un órgano muscular con cuatro cámaras que solo se relaja y contrae es la que se mantiene inclusive hasta hoy en día.

También existían estudios muy antiguos que sostenían que el ventrículo era una bomba de succión durante la diástole. Esta hipótesis fue propuesta por Erasístrato en el siglo IV a. C. y posteriormente por Galeno y Vesalio.

Esta creencia sin embargo tenía carencias y nadie podía explicar a ciencia cierta como se llenaba el corazón. Fue este el motivo en la década del 50, que inspiró al Dr. Francisco Torres Guasp a realizar una muy profunda investigación que duro más de 20 años.

El doctor sostenía que aparte de existir la acción sistólica del corazón de eyectar sangre, debería existir también la acción diastólica del corazón, la cual produciría

un efecto de succión y, que para que esto sucediera la diástole debería ser un proceso activo y no pasivo como se creía hasta ese momento.

Durante más de 20 años se dedicó a estudiar y diseccionar corazones con el fin de poder establecer con claridad la arquitectura del mismo.

Fruto de estas investigaciones llegó a la conclusión de que los ventrículos están formados por lo que él denomina la banda miocárdica, y que esta tiene una disposición helicoidal formada por cuatro segmentos en una doble lazada.

En este artículo se tratará la importancia de reconocer anatómicamente el modelo del Dr. Torres Guasp. Uno de los pilares fundamentales de esta investigación es la explicación de cómo la sangre regresa a los ventrículos.

La demostración de que la diástole es un proceso activo y no pasivo permite comprender mucho mejor la fisiopatología del corazón. Es imposible lograr una buena comprensión de lo que sucede en este órgano único, si no se entiende perfectamente su anatomía.

EL CORAZÓN HELICOIDAL

Tomando en cuenta la anatomía que se explica hoy, el corazón es un órgano muscular hueco que consta de cuatro cámaras, dos ventrículos y dos aurículas, separadas por las respectivas válvulas atrio ventriculares, tricúspidea del lado derecho y mitral del izquierdo.

El lado derecho del corazón es el que recibe la sangre no oxigenada a través de las venas cavas en el atrio derecho; y por medio de la sístole ventricular derecha eyecta la misma a través de la arteria pulmonar para que llegue a los pulmones y se oxigene.

Una vez oxigenada la sangre, regresa al corazón por medio de las venas pulmonares al atrio izquierdo, y rápidamente pasa al ventrículo izquierdo para ser eyectada en la sístole ventricular por la aorta a todo el organismo.

Esto es lo que se denomina ciclo cardíaco y se divide claramente en dos fases.

La primera, de llenado, llamada diástole, que está formada por la relajación isovolumétrica durante la cual no hay

un cambio de volumen pero si una caída brusca de la presión dentro de los ventrículos, luego el llenado rápido donde se produce el 65-70% del llenado ventricular, un llenado lento o diástasis y finalmente sístole o patada auricular que aporta el 20-25% del llenado ventricular.

La segunda fase denominada de eyeción o sístole en la cual se encuentra un primer periodo de contracción isovolumétrica donde los ventrículos comienzan a contraerse, pero no hay cambio de volumen, ya que las cuatro válvulas se encuentran cerradas, por lo tanto existe un aumento de presión, pero el volumen se mantiene constante. Finalmente, la presión interventricular vence la presión de la válvula aórtica y se produce la eyeción rápida en un principio y finalmente la eyeción lenta.

Cuando comienza a caer la presión en la aorta se produce un reflujo en la misma que causa el cierre de la válvula aórtica y es el fin de la sístole y el principio de la diástole.

De esta manera es como se interpreta hoy la dinámica cardíaca. Sin embargo, quedan interrogantes que no se comprenden en este modelo. Cómo explicar que la sangre de las extremidades regresa al corazón solo por una diferencia de presión en un proceso pasivo que es la diástole donde ese supone que no hay gasto energético.

Este interrogante fue el que llevo al Dr. Torres Guasp a seguir investigando y desarrollar el modelo de la banda miocárdica y del corazón helicoidal. Torres Guasp como se mencionó anteriormente dedicó más de 20 años a la investigación y disección de corazones de distintos animales y humanos para llegar a la conclusión y demostrar una nueva anatomía del corazón.

El creía que la diástole era un proceso activo y por lo tanto, durante la misma, debía haber gasto de energía. Este proceso activo tenía que ejercer un efecto de succión importante para que la sangre venosa regresara al corazón. De esta forma, por medio de la disección macroscópica del corazón logra darse cuenta que ambos ventrículos son una estructura única a la que denomina banda miocárdica ventricular.

Definió a la misma como “un conjunto de fibras musculares, retorcidas sobre sí mismo a modo de una cuerda lateralmen-

te aplastada, donde ambos ventrículos son formados por una misma banda ventricular continua que se trenza y gira sobre sí misma en forma de un helicoides y que tiene inicio y final en el nacimiento de ambos troncos arteriales.”

Esta banda miocárdica se segmenta en dos lazadas, la basal y la apexiana. Ambas lazadas forman estructuras anatómicas y funcionalmente diferentes, que se integran en distintos segmentos del miocardio ventricular.

La lazada basal, denominada así porque constituye la base de los ventrículos, está formada por el segmento derecho que es la pared libre del ventrículo derecho, y el segmento izquierdo que forma la pared libre del ventrículo izquierdo. Ambos segmentos conforman las paredes laterales del corazón.

La lazada apexiana se denomina así porque forma la arquitectura del ápex del corazón y también está compuesta por dos segmentos, el descendente que es el endocardio del ventrículo izquierdo, y el ascendente que forma la porción epicárdica del ventrículo izquierdo y termina en la base de la aorta.

Cuando se cruzan la porción descendente con la ascendente se forma el tabique interventricular.

La disposición de ambas lazadas permite una activación eléctrica y mecánica secuencial de los diferentes segmentos. De tal forma, el acoplamiento electromecánico se inicia en la pared libre del ventrículo derecho, sigue por la pared libre del ventrículo izquierdo, desciende por el segmento descendente, y sube hasta terminar en el infundíbulo ventricular izquierdo por el segmento ascendente en la raíz de la aorta.

Con la contracción de los segmentos derecho e izquierdo de la lazada basal las paredes de ambos ventrículos se tornan rígidas.

Con la contracción secuencial del segmento descendente, la pared rígida formada por ambos segmentos de la lazada basal desciende acortando de manera significativa el eje longitudinal y el volumen de ambos ventrículos (fase de eyección).

También se produce el acercamiento de la pared libre al septo, lo que ocasiona que las cámaras se estrechen, por lo tanto la base del corazón desciende hacia el ápex.

En este movimiento la pared libre de ambos ventrículos desciende y el ápex ventricular asciende.

Con la contracción del segmento ascendente, la pared libre de ambos ventrículos sube en dirección craneal, se separan del septo alargando el eje longitudinal y aumentando el volumen ventricular, en lo que sería la fase de llenado rápido.

Debido a la disposición cruzada en hélice de ambas lazadas, la contracción secuencial de todos los segmentos imprime un movimiento de rotación parcial, tanto de ambas bases ventriculares en sentido horario, cuanto del ápex ventricular en sentido antihorario, lo que le permite similar la forma como si se exprimiera una toalla.

En resumen, la activación y contracción sucesiva de los segmentos derecho e izquierdo de la lazada basal, reducen transversalmente las paredes libres y fijan la base de los ventrículos.

La contracción del segmento descendente de la lazada apical aproxima como si atornillase la base al ápex, reduce longitudinalmente la cavidad ventricular y empuja la sangre hacia el tracto de salida del ventrículo izquierdo.

La contracción precoz e independiente del subendocardio del ventrículo izquierdo genera una cavidad apexiana con una cierta morfología y suficiente rigidez para facilitar el efecto de succión.

Probablemente para cuando se contraiga el segmento ascendente de la lazada apexiana y se inicie la diástole, el subendocardio haya dejado de estar en contracción.

De esta manera se acepta y se demuestra que la diástole ventricular es un proceso activo ligado a la contracción muscular.

La contracción del segmento ascendente de la lazada apexiana “desenrosca” la base, la separa del ápex, y produce un efecto de succión que genera una presión negativa en la cámara ventricular provocando el flujo transmitral.

Diversos autores han aportado experiencias que demuestran dicho efecto de succión, y cómo este desaparece al bloquear la contracción del último segmento de la banda muscular.

Por el movimiento que adquiere en la sístole, el corazón se impulsa hacia abajo y la sangre en dirección inversa (principio

de acción y reacción de Newton).

En la diástole, en cambio, el corazón se proyecta hacia arriba a contracorriente de la sangre que entra. Esto último aumenta la velocidad de la sangre y ayuda a impulsar el llenado (efecto pistón).

Debido a toda esta nueva información hoy se tiene una nueva concepción del ciclo cardiaco.

Recuérdese la concepción clásica donde se afirmaba la existencia de un periodo de contracción o sistólico, y un periodo de relajación donde no hay contracción llamado diástole.

A partir de este nuevo concepto hoy se considera que existe un periodo de contracción más largo que incluye la sístole (contracción isovolumétrica, eyección rápida y eyección lenta) y parte de la diástole (relajación isovolumétrica, llenado rápido) y un periodo de relajación mucho más corto (diástasis y patada auricular).

Por lo tanto, el periodo de contracción isovolumétrica se inicia con la contracción de la lazada basal, la eyección rápida y lenta con la contracción del segmento descendente, la relajación isovolumétrica y el llenado rápido por la contracción del segmento ascendente, y la diástasis y patada auricular por la relajación de toda la banda miocárdica.

Todo lo expuesto durante años por el Dr. Torres Guasp generó mucha controversia, inclusive después de su muerte en el año 2005.

En el año 2013 se presenta el "Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión" realizado por los Drs Ferran Poveda, Debora Gil, Enric Martí, Albert Andaluz, Manel Ballester, Francesc Carreras

Utilizando como herramienta principal el tensor de difusión por resonancia magnética se analiza la difusividad de las moléculas del agua dentro del miocardio.

La información sobre el trazado de las fibras miocárdicas deriva del principio según el cual la orientación principal de las microestructuras del miocardio es paralela a la dirección de la máxima difusión de las moléculas de agua.

Mediante cálculos y modelos matemáticos, realizados por una super computadora en Barcelona, se obtienen tres parámetros fundamentales para definir las

fibras miocárdicas: fracción de anisotropía, difusividad media y ángulo de hélice.

Las imágenes de RM del tensor de difusión caracterizan el tejido y permiten conocer la arquitectura de la fibra. De esta forma se obtiene la verdadera arquitectura de las fibras miocárdicas en los ventrículos.

Como resultado de este estudio se pudo comprobar la estructura de la banda miocárdica y su disposición helicoidal, confirmando sin duda alguna que la anatomía y disposición descrita por el Dr. Torres Guasp era absolutamente correcta.

Las conclusiones del estudio de Poveda y Carreras fueron: "El análisis objetivo de la arquitectura del miocardio con un método automático que incluye la totalidad del miocardio y usando varios niveles tridimensionales de complejidad revela una disposición helicoidal y continua de las fibras miocárdicas en ambos ventrículos, hecho que respalda las descripciones anatómicas de F.Torrent-Guasp."

También en este estudio, utilizando sonometría, se colocan marcadores en cuatro puntos del miocardio, a efectos de medir el impulso nervioso. Dichos marcadores se colocan en:

- Epicardio en la zona subpulmonar segmento derecho de la lazada basal.
- Pared lateral del ventrículo izquierdo segmento izquierdo de la lazada basal.
- Mesocardio en la pared anterior del ápex ventricular segmento descendente.
- Epicardio en la zona subaortica segmento ascendente de la lazada apexiana.

Se pudo establecer como la onda de contracción recorre la banda miocárdica, originándose el impulso en la base de la arteria pulmonar, y continuando por la lazada basal, segmento derecho, izquierdo, lazada apexiana, segmento descendente y finalmente ascendente.

La anterior observación confirma que el impulso nervioso sigue el mismo camino. Atraviesa el nodo atrio ventricular, despolarizando en un primer momento la zona basal en la raíz de la arteria pulmonar del ventrículo derecho para continuar por la lazada basal a la pared libre del ventrículo izquierdo, descendiendo posteriormente por el mismo hasta el ápex ventricular, para finalmente despolarizar la lazada ascendente de la banda miocárdica.

Con la utilización de nuevas técnicas de diagnóstico tales como la ecocardiografía speckle tracking es posible evaluar también los distintos movimientos de torsión y rotación del corazón que confirman la disposición del corazón helicoidal y de la banda miocárdica ventricular.

Este estudio permite hacer un mapeo marcando distintos puntos en el miocardio y ver su desplazamiento a lo largo del ciclo cardiaco.

La mencionada técnica de ecocardiografía indica que la base y el ápex tiene un movimiento de rotación, uno en sentido horario (base cardiaca) y el otro en sentido antihorario (ápex).

CONCLUSIONES

Todos los estudios presentados en este artículo tienen un aval científico irrefutable.

El Dr. Torres Guast demostró por medio de la disección anatómica la presencia de la banda miocárdica ventricular. Habiendo pasado más de 50 años, estudios como el tractográfico de resonancia magnética, el strein y el speckle tracking confirman la presencia y disposición anatómica de la misma.

Evidentemente la estructura y funcionamiento cardiaco son muy complejos y todavía nos falta mucho por aprender y comprender pero sin duda no se puede dejar de tener en cuenta el funcionamiento y disposición de la banda miocárdica ya que esta explica un sinnúmero de interrogantes que hasta hoy no tenían respuesta.

La demostración real de la banda miocárdica ventricular y su disposición helicoidal, así como su estructura anatómica, facilitan la comprensión del funcionamiento cardiaco.

Habrán sin duda nuevas investigaciones que seguirán aportando información sobre el funcionamiento cardiaco.

Es necesario un cambio de mentalidad para romper con conocimientos preestablecidos y seguir avanzando en la comprensión de la anatomía y fisiología de este órgano tan complejo que es el corazón.

Bibliografía

1. Torrent-Guasp F. La estructuración macroscópica del miocardio ventricular. *Rev Esp Cardiol.* 1980;33:265-87.
 2. Torrent-Guasp F. Estructura y función del corazón. *Rev Esp Cardiol.* 1998;51:91-102.
 3. Buckberg GD, Coghlan HC, Torrent-Guasp F. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. VI. Geometrics concepts of heart failure and use for structural correction. *Sem Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;13:386-401.
 4. Carreras F, Ballester M, Pujadas S, Leta R, Pons-Lladó G. Morphological and functional evidences of the helical heart from non-invasive cardiac imaging. *Eur J Cardiothoracic Surg.* 2006;29(Suppl I):S50-5.
 5. Torrent-Guasp F. La mecánica agonista-antagonista de los segmentos descendente y ascendente de la banda miocárdica ventricular. *Rev Esp Cardiol.* 2001;54:1091-102.
 6. P. Zarco. Mecánica de la contracción cardiaca. pp. 156-173
 7. J. Cosín Aguilar. Francisco Torrent Guasp (1931-2005). *Rev Esp Cardiol.* 58 (2005), pp. 759-760
 8. E.A. Sallin. Fiber orientation and ejection fraction in the human ventricle. *Biophys J.* 9 (1969), pp. 954-964
 9. H. Sonnenblick. The structural basis and importance of restoring forces and elastic recoil for the filling of the heart.
 10. *Eur Heart J.* 1 (1980), pp. 107-110
 11. J.V. Tyberg, W.J. Keon, E.H. Sonnenblick, J. Urschel. Mechanics of ventricular disease. *Cardiovasc Res.* 4 (1970), pp. 423-428
 12. G.D. Buckberg, H.Z. Coghlan, F. Torrent Guasp.
 13. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. V. Anatomic and physiologic considerations in the healthy and failing heart. *Thorac Cardiovasc Surg.* 132 (2001), pp. 358-385
 14. J.C. Trainini, E. Andreu. ¿Tiene significado clínico la remodelación reversa quirúrgica del ventrículo izquierdo?. *Rev Argent Cardiol.* 73 (2005), pp. 44-51
-