

# Propiedades del fulcro cardíaco

## Cardiac fulcrum properties

JORGE TRAININI<sup>1, 2, ⑤</sup>, MARIO BERAUDO<sup>3</sup>, MARIO WERNICKE<sup>3</sup>, EFRAÍN HERRERO<sup>3</sup>, ALEJANDRO TRAININI<sup>1, ⑤</sup>, OSCAR FARIÑA<sup>2</sup>, JESÚS VALLE CABEZAS<sup>4, ⑤</sup>, JORGE LOWENSTEIN<sup>5, ⑤</sup>, ROBERTO LÓPEZ SANTORO<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Introducción:** Teniendo en consideración los movimientos secuenciales del miocardio, el fulcro cardíaco se halla sometido a una exigencia funcional que implica que sea soporte y estabilizador miocárdico, y que sea modelado en su morfología por las tensiones que ocurren en su estructura. ¿Podría el miocardio cumplir su función sin el fulcro cardíaco?

**Material y Métodos:** En la investigación se han utilizado corazones de bovino, porcino y humano. Fueron utilizados 35 corazones provenientes de la morgue y matarifes.

**Resultados:** Al estar sujeto el fulcro a las fuerzas de los segmentos miocárdicos amarrados a su estructura, registra tensiones que lo llevan a modelar su morfología. Este concepto se explica dado que los movimientos miocárdicos son secuenciales y se superponen en los segmentos miocárdicos, determinando tensiones asimétricas que actúan con epicentro en el fulcro. El miocardio necesita inevitablemente ese soporte para no desestabilizar su estructura ante los movimientos desiguales que generan sus fuerzas.

**Conclusiones:** El fulcro constituye el soporte para que el miocardio pueda ejercer la potencia necesaria, pero debido a los movimientos cardíacos secuenciales, actúa como estabilizador de todo el corazón, absorbiendo las tracciones ascendentes, descendentes y torsionales alternantes. En este juego implica no solo un límite a los movimientos del corazón, sino que también el mismo fulcro es modelado en su forma por dichos movimientos a través del torque a que es sometido. Sus propiedades de estabilidad, resistencia, elasticidad y plasticidad, permiten que el miocardio pueda cumplir con su función.

**Palabras clave:** Fulcro - Miocardio helicoidal - Movimientos cardíacos

### ABSTRACT

**Introduction:** Taking into consideration the sequential movements of the myocardium, the cardiac fulcrum is subject to a functional requirement that implies that it supports and stabilizes the myocardium, as well as being modeled in its morphology by the tensions that occur in its structure. Could the myocardium function without the cardiac fulcrum?

**Methods:** Bovine, porcine and human hearts have been used in the research. Thirty five hearts from the morgue and slaughterhouses were used.

**Results:** As the fulcrum is subject to the forces of the myocardial segments tied to its structure, it obviously registers tensions that even lead it to model its morphology. This concept is explained given that myocardial movements are sequential and overlap in the myocardial segments, determining asymmetric tensions that act with their epicenter in the fulcrum. The myocardium inevitably needs this support so as not to destabilize its structure due to the unequal movements generated by its forces.

**Conclusions:** The fulcrum constitutes the support so that the myocardium can exert the necessary power, but due to the sequential cardiac movements, it acts as a stabilizer of the entire heart, absorbing the ascending, descending and alternating torsional tractions. In this game it implies not only a limit to the movements of the heart, but also the fulcrum itself is modeled in its shape by said movements through the torque to which it is subjected. Its properties of stability, resistance, Elasticity and plasticity allow the myocardium to fulfill its function.

**Key words:** Fulcrum - Helical myocardium - Cardiac movements

REV ARGENT CARDIOL 2025;93:43-49. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v93.i1.20862>

Recibido: 04/10/2024 - Aceptado: 01/02/2025

Dirección para correspondencia: Jorge Carlos Trainini - Teléfono: + 5411 15 40817028. Correo electrónico: jctrainini@hotmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

©Revista Argentina de Cardiología

<sup>1</sup> Hospital Presidente Perón, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Avellaneda, Argentina.

<sup>3</sup> Clínica Güemes, Luján, Argentina.

<sup>4</sup> Real Academia de Ingeniería, Madrid, España.

<sup>5</sup> Investigaciones Médicas, Buenos Aires, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

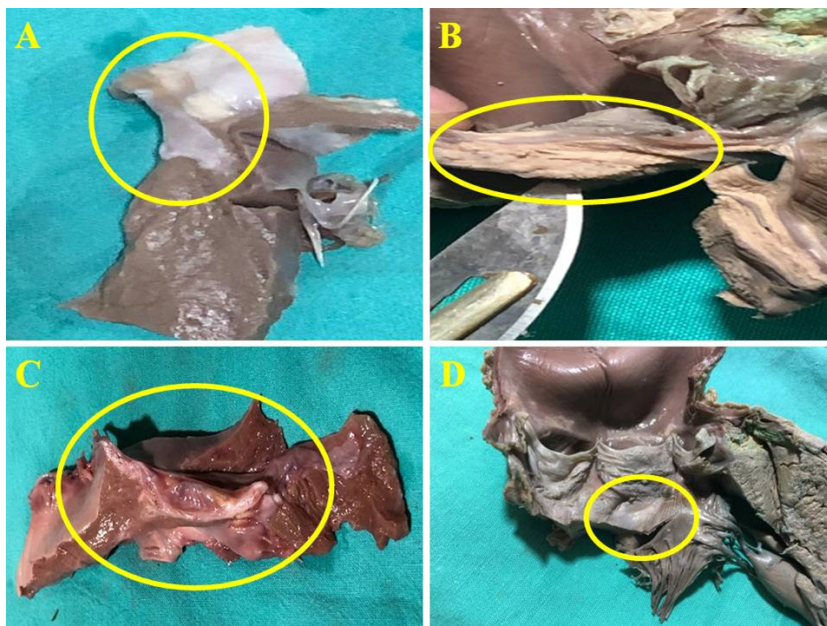
La contracción y detracción de las fibras del miocardio continuo, cuyos extremos deben apoyarse en un “punto fijo” para tener efecto mecánico, no serían efectivas sin la existencia del fulcro cardíaco, el cual se halla en el inicio y fin del miocardio, lo cual asegura al sistema cardíaco su funcionalidad, (1) permitiendo que las fuerzas se puedan distribuir adecuadamente, para ejercer no solo un efecto de soporte sino también de estabilización de los movimientos cardíacos, al ser éstos secuenciales y asimétricos. Para cumplir con este mecanismo de estar sometido a tracciones en una magnitud de unos cien mil ciclos cardíacos diarios, el fulcro debe reunir determinadas condiciones: estabilidad, resistencia, elasticidad, y plasticidad. Al estar sujeto a cargas, estas facultades permiten al fulcro llegar a un cierto nivel de estrés, modificar su lugar espacial con la variación de ellas y luego recuperarse al retirarse las mismas (Figura 1).

La mecánica cardíaca es compleja, debido a que debe integrar sus propiedades de expulsión, succión y llenado, bajo distintas fases sucesivas y concatenadas a través del miocardio continuo helicoidal. (2) Se describe la función de las fibras cardíacas como una facultad homogénea y sincrónica, y se presta escasa atención a la disposición adoptada en la construcción helicoidal y la secuencia de contracción. Es imposible interpretar la función cardíaca si no se tiene en cuenta la morfología y su circuito de activación con los movimientos secuenciales correspondientes. (3) La activación cardíaca es consecuencia de la propagación de los estímulos a través de su estructura muscular helicoidal. (4) El mecanismo de succión y expulsión exige una integración de estructura-función que interprete

diversos aspectos de su dinámica consecuentes con la propagación de la excitación.(4,5)

Se consideró clásicamente que tanto la contracción mecánica como la activación eléctrica del corazón constituirían procesos homogéneos. De esta forma la contracción se produciría “en bloque” durante la sístole y la relajación en forma homogénea durante la diástole. De esta manera, sístole sería sinónimo de contracción cardíaca y diástole de relajación. A esta altura del conocimiento deben ser considerados mecanismos más complejos. (5) Si bien, desde hace mucho tiempo se conocen diversos aspectos de la propagación del estímulo eléctrico en el corazón, el advenimiento de los navegadores tridimensionales y el mapeo electroanatómico han permitido estudios más detallados de la activación miocárdica. Se evidenció de esta manera que la activación endocavitaria “ocupa” aproximadamente el 60 % inicial del QRS de superficie. El “resto” del QRS corresponde a la activación mio y epicárdica. El inicio de la activación ventricular evidenciada por el QRS es entonces exclusivamente endocárdico; durante la fase intermedia coexisten ambas activaciones y el final, durante la succión, en la llamada fase protodiastólica de la contracción miocárdica (FPCM) de ambos ventrículos, es un proceso activo cuya activación es exclusivamente mio-epicárdica.(4)

En esta investigación se analizaron las propiedades estructurales del fulcro cardíaco en relación con los movimientos de los segmentos miocárdicos durante el ciclo cardíaco. Teniendo en consideración los movimientos secuenciales del miocardio, el fulcro cardíaco se halla sometido a una exigencia funcional que implica que sea soporte y estabilizador del miocardio, y que sea modelado en su morfología por las tensiones que ocurren en su estructura.



**Fig. 1.** Fulcro cardíaco. (círculo amarillo) en porcino (A), humano adulto (B y D); bovino (C).

## MATERIAL Y MÉTODOS

En la investigación se emplearon corazones de bovino, porcino y humano. Fueron utilizados 35 corazones provenientes de la morgue y matarifes: a) 18 corazones de bovinos de dos años de edad con un peso entre 800-1000 g; b) 16 corazones humanos (dos, de 16 y 23 semanas de gestación; cuatro de lactantes de 30 días, 36 días, 10 semanas y 27 semanas; un niño de 4 años; un corazón de un niño de 10 años de edad con un peso de 116 g y ocho corazones adultos con un peso promedio de 300 g); 1 de porcino (400 g). La histología se realizó con hematoxilina-eosina, técnica de tinción tricrómica de Masson y secciones de cuatro micrones. Como *buffer* se utilizó formalina al 10%. También se hicieron inmunomarcaciones (s100-neurofilamentos).

El miocardio único continuo y helicoidal fue desplegado según técnica previamente publicada.<sup>(6)</sup> La conjunción del nacimiento con el fin del miocardio continuo, en un soporte que llamamos fulcro cardíaco, constituye un punto de encuentro que permite al corazón adoptar en el espacio una disposición de un conjunto de fibras retorcidas sobre sí mismas, como una cuerda aplanada lateralmente con la formación de una doble helicoide que delimita las dos cavidades ventriculares. Esta investigación sobre las propiedades del fulcro cardíaco completa hallazgos anteriores sobre el miocardio, el fulcro cardíaco y los estudios de activación ventricular con Carto (2,4,6,7).

## RESULTADOS

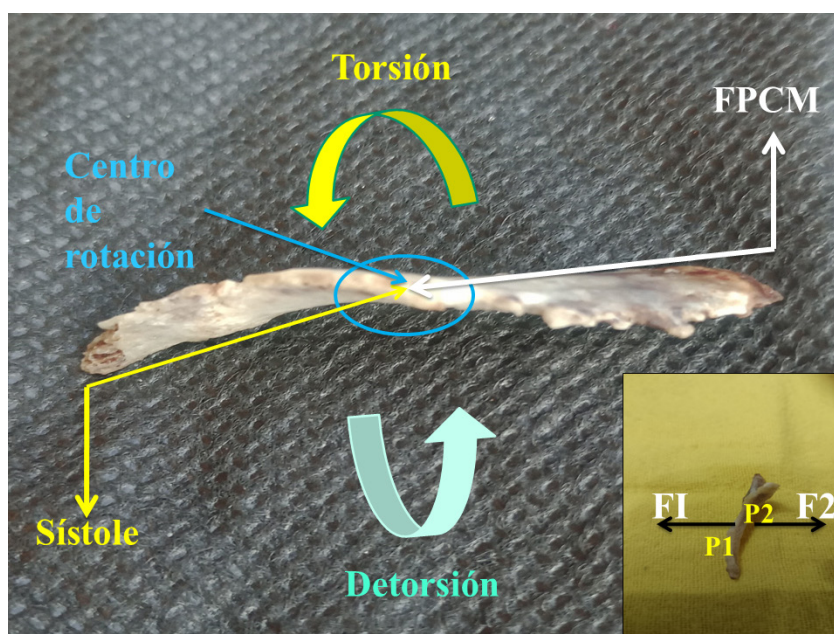
En bóvidos, el análisis microscópico del fulcro cardíaco bovino muestra una matriz osteocondral trabecular con líneas segmentarias. Su estructura general asemeja al crecimiento metafisario de los huesos largos. Los mismos hallazgos histológicos se han encontrado en chimpancés, búfalo, oveja, cabra, antilope, ciervo, jirafa, camello, perro, gato, porcino, león marino, caballo, elefante. Hasta nuestras investigaciones,

nunca se le asignó ninguna función ni el sentido de su presencia como asimismo careció de descripción en el humano. (8)

En la histología del fulcro en humanos adultos (tamaño aproximado de 25 mm de largo y 15 mm de ancho) se encontró una matriz condroide-tendinosa, lo cual necesita una aclaración adicional. En principio, existe constancia similar en la detección, localización y morfología del fulcro en todos los corazones analizados. Ellos presentan inserción del miocardio en el fulcro, integrando una unidad cardiomiocítica-matriz, independientemente de la naturaleza ósea, cartilaginosa o tendinosa en los distintos especímenes. Esta diferencia halla correspondencia con la potencia superior en los bóvidos que hace necesario contar con un apoyo más rígido. Este punto de fijación implica que, como en todo músculo, actúe de soporte y también en carácter de cojinete, impidiendo que la fuerza de rotación ventricular, ya sea por torque (fuerza de giro) o esfuerzo de torsión, se extienda a los grandes vasos, disipando así la energía producida por el movimiento de la hélice muscular. En todos los corazones se halló el amarre del miocardio al fulcro, lo que podemos simbolizar como “la hiedra a la piedra”, integrando una unidad miocardiocítica-matriz, aunque ésta fuese ósea, cartilaginosa o tendinosa.

Si una fuerza es aplicada al fulcro en un extremo, el mismo se desplaza, ya que se trata de una estructura semi flotante, pero si se aplica una fuerza F2, igual y contraria a la fuerza F1, en el punto de inserción P2, en el extremo opuesto al punto 1 (P1), como se puede observar en el recuadro de la Figura 2, el fulcro no se desestabiliza. Como ambas fuerzas son producidas por la misma fibra muscular del miocardio, que

**Fig. 2.** Las flechas de color amarillo muestran la orientación de los movimientos del fulcro cardíaco durante la sístole; las de color negro durante la succión (fase protodiastólica de contracción miocárdica -FPCM). En el recuadro se observa que si solo una fuerza es aplicada al fulcro, este se desplazaría; por el contrario si se aplica una fuerza F2 igual y contraria a F1 en el punto de inserción P2, extremo opuesto al P1, el fulcro no se desestabiliza.





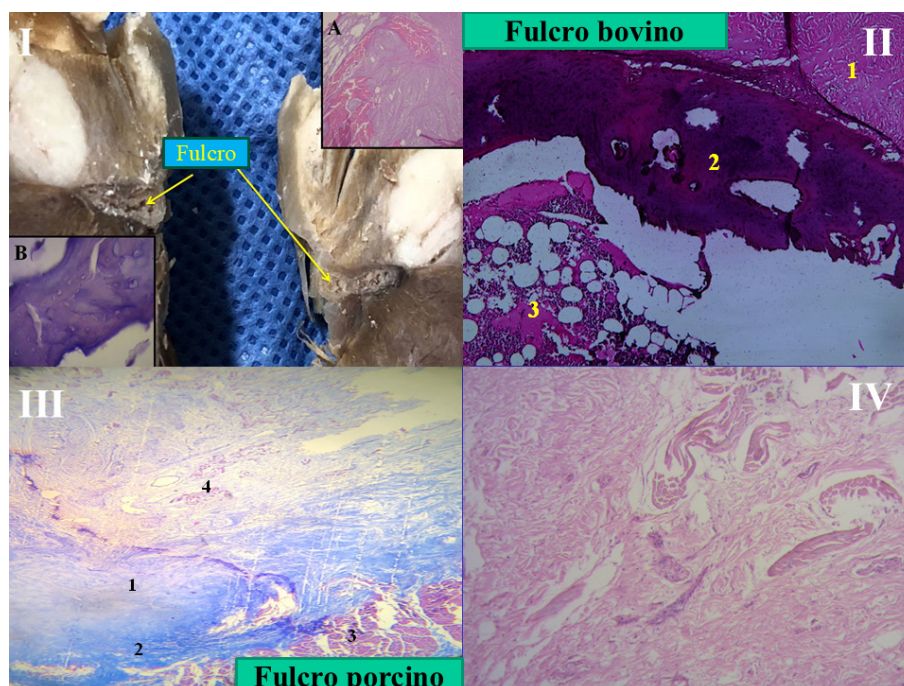
nace en P1, y termina en P2, los efectos de acción y reacción compensan los desplazamientos. Lo mismo se puede aplicar a la totalidad de las fibras musculares del miocardio a lo largo de las líneas de inserción. Las fuerzas en las fibras musculares del miocardio se compensan entre ellas y con las reacciones en el fulcro, que es lo suficientemente elástico como para soportarlas.

La conformación histológica del fulcro en el bovino ostenta una zona menos densa en su centro (médula) en relación con la cortical (Figuras 3, I y II). Estas características, comparadas con el fulcro humano y el porcino (Figura 3, III y IV), explican lo manifestado en relación con el peso corporal y las características absolutamente óseas en el primero y cartilaginosas en los restantes, lo cual se halla en relación con la potencia empleada. En analogía, el fulcro bovino tiene una cortical y una médula definidas con el fin de absorber tensiones muy superiores por su peso, en comparación con mamíferos como el hombre y el porcino, los cuales presentan una mayor homogeneidad en la estructura cartilaginosa. Estas diferencias con el fulcro bovino no impiden que les permita disolver las potencias que genera el miocardio contribuyendo a la estabilidad y organización del corazón.

El sistema de fuerzas a que es sometido el fulcro se compensa con respecto a un punto central, pero este no permanece estático en la cavidad torácica sino que presenta pequeños movimientos debidos a las diferentes compensaciones de esas fuerzas. Para un observador situado en el centro del fulcro todas las fuerzas del músculo cardíaco se compensan, pero para un observador externo la compensación conlleva el movimiento del fulcro.

Al estar sujeto el fulcro a las fuerzas de los segmentos miocárdicos amarrados a su estructura, registra obviamente tensiones que incluso lo llevan a modelar su morfología. Este concepto se explica dado que los movimientos miocárdicos son secuenciales y se superponen en los segmentos miocárdicos, (9) determinando tensiones asimétricas que actúan con epicentro en el fulcro. El miocardio necesita inevitablemente ese soporte para no desestabilizar su estructura ante los movimientos desiguales que generan sus fuerzas.

La activación cardíaca a través del miocardio (Figura 4), cuyos segmentos se hallan en disposición helicoidal y por lo tanto sobrepuestos, determina una estimulación secuencial. La contracción no es global ni homogénea sino por sectores. Por lo tanto



**Fig. 3. I. Fulcro cardíaco en el corazón bovino.** Se observa bien la cortical y la médula del fulcro. **A:** Se observa la inserción de las fibras miocárdicas en el tejido condroide. **B:** Tinción con H&E a gran aumento (40x) que muestra una trabécula ósea con osteoblastos y líneas segmentarias. La estructura forma el andamiaje del tejido óseo trabecular similar a las zonas metafisiarias de crecimiento de los huesos largos. Se visualizan trabéculas óseas con osteoblastos y líneas segmentarias secundarias a aposición ósea. **II. Fulcro bovino, cortical y médula.** En la cortical se observa tejido osteocondroide parcialmente calcificado y en médula trabéculas osteocondroides que dan una estructura esponjosa con elementos de médula ósea en el espacio. 1: miocardio. 2: cortical del fulcro. 3: médula del fulcro. **III. Fulcro de porcino:** 25x, coloración de Masson. 1: fulcro cartilaginoso de porcino. 2: tejido fibroso peri-fulcro. 3: septum. 4: se observan entremezclados miocardiocitos de conducción, nervios, y ganglios llegando al fulcro. **IV. Area central de un fulcro de corazón humano.** Tendón fibroso y miocardiocitos, H&E (25x). H&E: hematoxilina-eosina

la contracción, durante los 400 ms del ciclo cardíaco (sístole y succión), es pautada. Ante este movimiento muscular asimétrico el fulcro ejerce una función de soporte para que el corazón, pueda tener la potencia necesaria para eyectar y succionar el volumen sanguíneo. Ante estos desplazamientos generados por la activación anisotrópica de las fibras miocárdicas el fulcro actúa como un estabilizador ya que el miocardio continuo nace y finaliza en dicha estructura. De este modo evita un acentuamiento de los desplazamientos con el fin de que no se pierda el andamiaje estructural cardíaco. (10)

La orientación de las fibras en el miocardio continuo y su activación implica en la mecánica cardíaca una concatenación de movimientos musculares. Ellos se suceden dando lugar a tres fases activas de acuerdo con los segmentos estimulados: estrechamiento (segmentos derecho e izquierdo), acortamiento-torsión (segmentos descendente y ascendente), alargamiento-detorsión (segmento cub).

## DISCUSIÓN

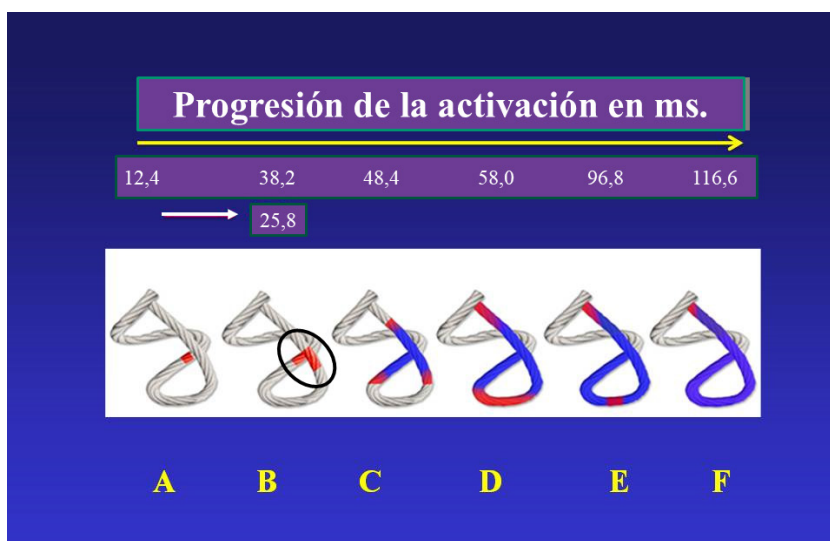
Durante la sístole se contraen los distintos segmentos del miocardio continuo en forma secuencial. La misma se inicia en el segmento derecho, amarrado al sector derecho y anterior del fulcro cardíaco, con continuación en los segmentos izquierdo, descendente y ascendente. La particularidad fundamental que reviste esta activación es que si bien al principio es unidireccional, al llegar al entrecruzamiento de las bandeletas descendente y ascendente se produce simultaneidad -por activación transversal- en ambas generando un movimiento en hélice indispensable para que el miocardio expulse el contenido ventricular a una velocidad de 200 cm/s (Figura 4).

En el inicio de la activación miocárdica en el segmento derecho (pared libre del ventrículo derecho), al ser sus fibras de orientación predominantemente descendentes, el fulcro sufre un desplazamiento de su extremo derecho (donde se inserta el segmento derecho) hacia abajo. Como contraparte, el extremo opuesto donde finaliza el segmento ascendente, sufre un traslado hacia arriba al encontrarse aún relajado (Figura 2).

La continuación de la activación por el segmento izquierdo (orificio mitral) determina junto con el derecho la fase de estrechamiento. Los segmentos derecho e izquierdo constituyen la lazada basal. Esta contracción determina una cubierta externa dentro de la cual se va a contraer la lazada apexiana (segmentos descendente y ascendente). En realidad, la pared libre en semiluna del ventrículo derecho es la que se halla *ad látere* del resto de la masa ventricular (*septum* y ventrículo izquierdo), ya que el segmento izquierdo constituye parte de la pared posterior epicárdica del ventrículo izquierdo en su porción superior, mientras que el resto de la pared de este ventrículo se halla cubierto externamente por el segmento ascendente.

En esta cubierta la estimulación va de subepicardio a subendocardio. Luego la misma corre por el segmento descendente y en nuestra investigación a los 25,8 ms promedio de la activación en este segmento se contrae el segmento ascendente (a los 38,2 ms promedio de iniciarse la activación miocárdica) (Figura 4). Esto debe suceder probablemente donde las fibras subendocárdicas del segmento descendente, en la cara anterior del ventrículo izquierdo, transcurren en profundidad por el mesocardio cruzándose oblicuamente con las del segmento ascendente facilitando de esta manera una estimulación transversal entre ambos segmentos.

**Fig. 4. Modelo de la cuerda.** Secuencia de activación (A-F) en el miocardio continuo según nuestra investigación. Se observan los tiempos de propagación. Los 25,8 milisegundos en **B** representan el retardo de la estimulación para pasar de la bandeleta descendente en **A** a la ascendente en **B** (detallado en el círculo negro). En rojo: despolarización; en azul: zonas ya activadas.



En este momento de la activación sistólica se produce el acortamiento longitudinal del miocardio con estrechamiento circular y la torsión que caracteriza su función helicoidal, lo cual implica que el fulcro sufra un desplazamiento hacia abajo, acompañándose debido a la torsión, de un torque desde su extremo derecho hacia el opuesto (Figura 2).

Cuando finaliza el período eyectivo, el segmento ascendente en su parte terminal queda en proceso activo de contracción, es decir en su amarre al fulcro cardíaco, lo cual se produce fundamentalmente en la porción ántero-inferior y cara posterior de este último. Esta fase ocupa unos 80-100 ms y es intermedia entre la sístole y la diástole. La hemos denominado Fase Protodiastólica de Contracción Miocárdica (FPCM) y es causa del proceso de generar presión negativa intracavitaria ventricular, teniendo como consecuencia al producirse la apertura de las válvulas auriculoventriculares, el ingreso precipitado de la sangre por un mecanismo de succión a los ventrículos. Durante esta fase el miocardio se alarga, angosta y detorsiona. (11) Bajo estas tensiones el fulcro en su extremo izquierdo sufre un desplazamiento hacia arriba y genera un torque opuesto al que tuvo durante la sístole debido a la detorsión miocárdica. Obviamente este torque continuo en cupla modela al fulcro con una torsión que se observa bien en una vista de perfil. El torque es una demostración de las fuerzas contrapuestas y no alineadas que tensionan al fulcro; de este modo, el ascenso-descenso del miocardio continuo junto a la torsión-detorsión moldean su morfología.

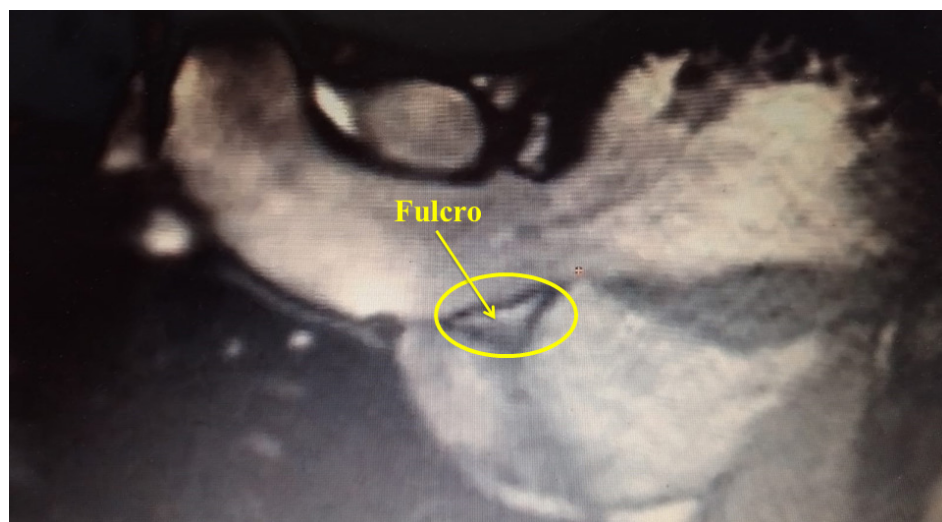
La sección del fulcro no es axisimétrica (simétrica relación a su eje), por lo tanto la torsión-detorsión que sufre en cada ciclo cardíaco, determina deformaciones en su estructura. De este modo, el torque (Figura

2) aplicado en cada uno de sus extremos durante el ciclo cardíaco hace que los extremos libres de la barra roten en un ángulo de  $\Phi$ , lo que se denomina ángulo de torcimiento o *twist*. En esta deformación el máximo *shear strain* (esfuerzo de cizalla) se produce en la mitad de las caras del fulcro y alrededor del eje en que rota, de este modo se produce un efecto de rotación, sin lograr una manifiesta traslación. En diástole el fulcro vuelve a su situación (Figura 5).

**¿Podría el miocardio funcionar sin el fulcro cardíaco?** Con su configuración helicoidal, pero sin el fulcro, el miocardio sería una banda de Moebius modificada para que el principio y fin de la misma fibra se encuentren cerrándose. Las fibras cerradas determinarían que sus esfuerzos se establezcan como en una banda elástica, pero sin un punto de anclaje o apoyo. La inexistencia del punto de anclaje no permitiría el adecuado deslizamiento de las fibras entre sí, perdiendo la correcta secuencia de sus esfuerzos. Físicamente hablaríamos de vectores libres y no fijos, perdiendo la correcta secuencia de sus esfuerzos, y el propio miocardio estaría expuesto a desplazamientos no deseados, debido a los movimientos asincrónicos.

Resulta inevitable la existencia del fulcro. También, se ha comprobado en investigaciones publicadas que las fibras están lubricadas con ácido hialurónico con el objeto de reducir la fricción entre ellas y la pérdida de energía, de forma que la mayor parte de esta se transforme en movimiento. (12)

El fulcro presenta en su borde superior una repisa que se adapta al anillo aórtico determinando una prueba del patrón de organización del corazón helicoidal. El fulcro cardíaco, para mantener estabilizado al miocardio, el cual nace y finaliza en su estructura, se halla sometido por los movimientos cardíacos a



**Fig. 5.** El fulcro cardíaco en diástole. Resonancia en humano adulto.



tracciones secuenciales. Estas fuerzas que se ejercen sobre su estructura deben tener una resultante prácticamente nula para mantener el equilibrio del sistema cardíaco, el que con sus movimientos genera tensiones que son absorbidas por el fulcro, evitando que sean trasladadas a la aorta. De este modo, impide que esta se traccione y rote, lo cual produciría una resistencia a la eyección.

Además de las contracciones que producen acortamientos y alargamientos miocárdicos, el fulcro cardíaco se halla sometido a movimientos de giro horario y antihorario en sus regiones posteriores y anteriores respectivamente, dado la constitución helicoidal de las fibras cardíacas y la consiguiente torsión-detorsión miocárdica. La fuerza de torque hace rotar a los segmentos cardíacos descendente y ascendente en sentido opuesto hasta igualarse sus fuerzas en el punto 0 (centro o giro). En este juego el fulcro se modela alrededor del eje de rotación en que se encuentra, siendo su máximo *shear strain* producido en la mitad de las caras y alrededor del eje de rotación.

## CONCLUSIONES

El fulcro constituye el soporte para que el miocardio pueda ejercer la potencia necesaria, pero debido a los movimientos cardíacos secuenciales, actúa como estabilizador de todo el corazón, absorbiendo las tracciones ascendentes, descendentes y torsionales alternantes. En este juego implica no solo un límite a los movimientos del corazón, sino que también el mismo fulcro es modelado en su forma por dichos movimientos a través del torque a que es sometido. Sus propiedades de estabilidad, resistencia; elasticidad y plasticidad permiten que el miocardio pueda cumplir con su función.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

(Véase formularios de conflictos de interés de los autores en la Web).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Trainini J, Lowenstein J, Beraudo M, Wernicke M, Trainini A, Llabata VM, et al. Myocardial torsion and cardiac fulcrum. *Morphologie* 2021;105:15-23. doi: 10.1016/j.morpho.2020.06.010
2. Poveda F, Gil D, Martí E, Andaluz A, Ballester M, Carreras F. Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión. *Rev Esp Cardiol* 2013;66:782-90. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2013.04.022>
3. Trainini J, Lowenstein J, Trainini A, Beraudo M, Wernicke M, Lowenstein Haber D, et al. The helical heart and its implication on the resulting spatial anatomic arrangement of its chambers. *Rev Argent Cardiol* 2022;90:444-7. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.v90.i6.20579>
4. Trainini J, Lowenstein J, Beraudo M, Valle Cabezas J, Wernicke M, Trainini A, et al. Anatomy and Organization of the Helical Heart. UNDAV Ed, Buenos Aires; Argentina, 2023.
5. Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente C, Cox JL, Coghlan HC, Gharib M. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2001;13:301-19. doi: 10.1053/stcs.2001.29953
6. Trainini JC, Herreros J, Elencwajg B, Trainini A, Lago N, López Cabanillas N, et al. Myocardium dissection. *Rev Argent Cardiol* 2017;85:40-46. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.v85.i1.10198>
7. Mora Llabata V, Roldán Torres A, Sauri Ortiza A, Fernández Galera R, Monteagudo Viana M, Romero Dorta E, et al. Correspondence of myocardial strain with Torrent-Guasp's theory. Contributions of new echocardiographic parameters. *Rev Arg de Cardiol* 2016;84:541-9.
8. Best A, Egerbacher M, Swaine S, Pérez W, Alibhai A, Rutland P, et al. Anatomy, histology, development and functions of Ossa cordis: A review. *Anat Histol Embryol* 2022;51:683-95. doi: 10.1111/ahe.12861
9. Valle J, Herreros J, Trainini J, García-Jimenez E, Talents M, González V. Three-dimensional definition of Torrent Guasp's ventricular muscle band and its correlation with electric activation of the left ventricle (abstract). XXIII Congreso SEIQ, Madrid, España, 2017. BJS, vol 105, s2.
10. Sosa Olavarria A, Martí Peña A, Martínez MA, Zambrana Camacho J, Ulloa Virgen J, Zurita Peralta J, et al. Trainini cardiac fulcrum in the fetal heart. *Rev Peru Ginecol Obstet* 2023;69:00002 DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v69i2579>
11. Ballester-Rodés M, Flotats A, Torrent-Guasp F, Carrió-Gasset I, Ballester-Alomar M, Carreras F, et al. The sequence of regional ventricular motion. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29:S139-44. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.02.058
12. Trainini J, Beraudo M, Wernicke M, Carreras Costa F, Trainini A, Mora Llabata V, et al. The hyaluronic acid in intramyocardial sliding. *REC: CardioClinics* 2023;58:106-11. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2022.07.008>