

Artículo de Revisión

**Corazón de Ironman ¿Cuál es el límite de lo saludable?
Rol de las cardioimágenes.****Ironman Heart. What is the limit of health? Role of cardiac imaging.**

Pablo Senatra

Dicamen-Hospital Italiano. Mendoza, Argentina

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido el 25 de Mayo de 2018

Aceptado después de revisión

el 21 de Junio de 2018

www.revistafac.org.arEl autor declara no tener
conflicto de intereses**Palabras clave:**

Corazón de atleta.

Cardioimágenes.

Saludable.

Keywords:

Heart of Ironman.

Cardioimaging.

Healthy limit.

RESUMEN

El corazón de atleta incluye una serie de adaptaciones morfológicas y funcionales directamente relacionadas con el tipo de ejercicio, como con el grado de exigencia. Analizaremos las características en un triatleta varón elite de alta competencia.

Analizamos el rol actual de las cardioimágenes en la caracterización estructural y funcional cardíaca en deportistas de alto rendimiento. Con la incorporación y el desarrollo de distintas técnicas de ecocardiografía, como Doppler tisular, speckle tracking, strain rate, TAC multicorte coronaria y RMN cardíaca.

Estos métodos nos permiten mejor comprensión de las adaptaciones en atletas de alto rendimiento, con el objetivo final de detectar patologías, fundamentalmente miocardiopatías que pudieran causar MS (Muerte súbita) durante la práctica deportiva.

**Ironman Heart. What is the limit of health?
Role of cardiac imaging.****ABSTRACT**

Athlete's heart includes a series of morphological and functional adaptations directly related to the type of exercise, as well as to the degree of demand. We will analyze the characteristics in an elite male triathlete of high performance.

We analyze the current role of cardiac imaging in cardiac structural and functional characterization in high performance athletes. With the incorporation and development of different echocardiography techniques, such as tissue Doppler, speckle tracking, strain rate, multislice coronary CT and cardiac MRI.

These methods allow us to better understand adaptations in high performance athletes, with the ultimate goal of detecting pathologies, mainly cardiomyopathies that could cause SCD (sudden cardiac death) during sports practice.

INTRODUCCIÓN

El término corazón de atleta descripto hace más de un siglo se caracteriza por incremento de volúmenes cavitarios y cambios electrocardiográficos. Caracterizado por adaptaciones cardíacas estructurales, funcionales y a nivel periférico, cuya finalidad es mejorar el flujo y la extracción tisular de oxígeno por los tejidos^{1,2}.

En los últimos 30 años se produjo un crecimiento exponencial en competencias deportivas de larga distancia, con 200.000 participantes anuales en circuitos internacionales de maratón y 70.000 participantes en competencias de Triatlón de larga distancia tipo "Ironman"³.

En febrero de 1978 un grupo de 15 atletas participó en una de las mayores competencias de resistencia humana

conocida hasta entonces, triatlón de larga distancia "Ironman, realizada en Waikiki Hawai. Consistía en 3,7 km de natación en el mar, 180 km ciclismo y 42,195 km de running (Maratón)⁴.

Prueba de resistencia con un componente de ejercicio prolongado y de predominio isotónico, la cual lleva a hipertrofia fisiológica a predominio excéntrica.

Caso Clínico

Varón de 38 años, sin antecedentes patológicos, triatleta elite en competencia en forma ininterrumpida desde los 12 años a la actualidad (26 años). Finalista en 9 oportunidades en la competencia "Ironman" que implica 3,7 km natación, 180 km ciclismo y 42,195 km running. Finalizando dichas

competencias en un promedio de 9hs en total. Con un entrenamiento semanal de 6 días y una carga de 3h diarias en promedio. Sin síntomas de alarma durante la práctica deportiva.

Examen físico en límites normales, 1.70m altura, peso 72 kg, BMI 23, normotenso, pulsos simétricos, sin soplos. Electrocardiograma: bradicardia sinusal sin trastornos de conducción ni signos de hipertrofia. Laboratorio en límites normales, incluyendo lípidos. Ergometría suficiente negativa para isquemia DP 35.000, Mets 15, VO₂max 61ml/min/kg. Ecocardiograma Doppler con volúmenes conservados con parámetros de función sistodiastólica normales, incluyendo Doppler tisular y strain longitudinal-radial.

Se realizó TC coronaria multicorte (128c) como screening de anomalías coronarias por "molestias torácicas, atípicas puntadas", sin evidenciarse lesiones coronarias ateroscleróticas (Score de Agatston 0), puentes musculares ni anomalías coronarias congénitas.

ROL DE LAS CARDIOIMAGENES

Valoración ecocardiográfica

El ecocardiograma Doppler constituye el primer estudio complementario para diferenciar hipertrofia fisiológica vs patológica.

Las variables analizadas constituyen espesores parietales, diámetros, masa ventricular, volúmenes y función sistodiastólica entre otros (Figura 1).

En una serie de 1309 atletas, el 55% tenía incremento en los diámetros diastólicos, pero solo el 15% mostró diámetros superiores a 60mm, siempre en presencia de función sistólica conservada⁵. Diámetros mayores son descriptos en ciclistas elite⁵.

En 947 atletas de elite el espesor parietal rara vez supera los 12 mm, solo 1.7% presentaba espesor ≥ 13 mm, con espesores septales inferiores en mujeres respecto a hombres⁶. El engrosamiento parietal es simétrico en deportistas acorde a la sobrecarga de volumen. Mientras que en la miocardiopatía hipertrófica los espesores generalmente superan los 14mm y afectan al septum basal preferentemente. Observando en el 20% de casos anomalías asociadas como movimiento sistólico anterior (SAM) mitral y cierre meso sistólico aórtico.

La hipertrofia fisiológica muestra regresión de la misma con periodos de cesación en el entrenamiento de al menos 3 meses, mientras que los volúmenes cavitarios permanecen aumentados por hasta 12 meses según la literatura⁷. Hallazgos que no revierten en caso de miocardiopatía hipertrófica primaria o utilización de anabólicos.

Las dimensiones auriculares deben medirse mediante técnica de Simpson modificada, indexando al ASC (área de superficie corporal) con límites superiores de normalidad en torno a 34mL/m², observando en deportistas valores promedios superiores en 3,2% de casos^{8,9}. Existe evidencia controvertida a si hay o no relación con mayor riesgo de fibrilación auricular^{9,10}. El strain auricular también se ha utilizado para diferenciar hipertrofia patológica, con valores incrementados en atletas¹¹.

Aurícula izquierda

Las dimensiones auriculares deben medirse mediante técnica de Simpson modificada, indexando al ASC (área de superficie corporal) con límites superiores de normalidad en torno a 34mL/m², observando en deportistas valores promedios superiores en 3,2% de casos^{8,9}. Existe evidencia controvertida a si hay o no relación con mayor riesgo de fibrilación auricular^{9,10}. El strain auricular también se ha utilizado para diferenciar hipertrofia patológica, con valores incrementados en atletas¹¹.

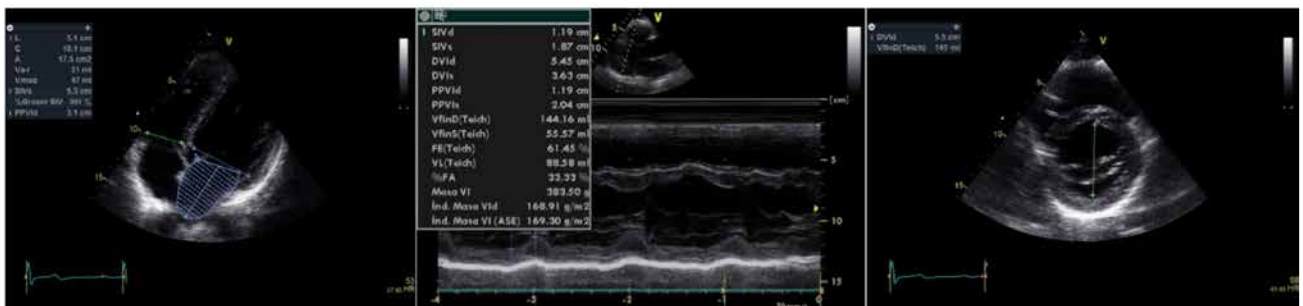


FIGURA 1.

Ecocardiograma con volúmenes conservados e hipertrofia fisiológica, masa del VI 169gr/m².



FIGURA 2.

Válvula aórtica trivalva. Cavidades derechas dentro de límites normales.

Cavidades derechas

La sobrecarga de volumen se acompaña de agrandamiento auricular y ventricular derecho, asociados a Insuficiencia tricúspide leve funcional y dilatación de vena cava con colapso parcial respiratorio conservado¹¹. En una serie de 127 atletas elite varones se observó dilatación ventricular derecha con engrosamiento parietal asociado ≥ 5 mm, desde subcostal o paraesternal eje largo¹². El espesor parietal también puede medirse en bidimensional en tele diástole a nivel cordal tricúspideo. Los diámetros ventriculares derechos deben medirse a nivel basal y en eje base-ápex desde apical cuatro cámaras (Figura 2).

Deben diferenciarse los diámetros aumentados de DAVD (Displasia arritmogénica de ventrículo derecho) analizando: presencia o no de síntomas, alteraciones electrocardiográficas y anomalías en el ecocardiograma. En la DAVD hay disfunción sistólica del VD, evidenciable mediante ESPAT (Excursión sistólica tricúspidea) disminuida, Onda S tisular ≤ 8 cm/seg y presencia de aneurismas ventriculares¹³. Requiere completar la evaluación con RMN cardíaca.

Ostium coronarios

Los ostium coronarios pueden ser vistos mediante ecocardiografía en un 90% de deportistas desde un eje corto modificado, sin embargo no existen registros acerca de la sensibilidad para detectar anomalías coronarias congénitas¹⁴.

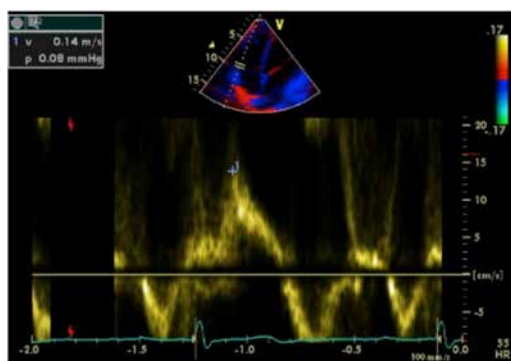


FIGURA 3.

Doppler tisular a nivel lateral del anillo tricúspideo con función conservada, Onda S 14cm/seg.

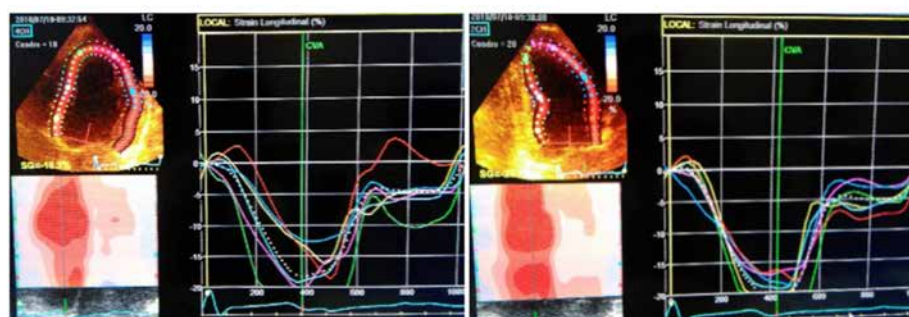


FIGURA 4.

Imágenes de Strain longitudinal con valores conservados. SLG (Strain longitudinal global 20%)

Doppler tisular y strain rate

Técnicas de evaluación de deformación miocárdica, como doppler tisular, speckle tracking y strain rate permiten una correcta valoración funcional tanto de la sístole como de la diástole, con mayor independencia respecto a variables como precarga, frecuencia cardíaca y menor variación intra e inter observador^{15,16}.

Modificaciones como el aumento en la velocidad diastólica durante la fase de llenado rápido, guardan relación con el grado de entrenamiento y la consiguiente capacidad aeróbica.

La función sistólica puede ser analizada mediante doppler tisular como índice de fibra y no de cámara, utilizando la onda S tisular, un valor ≥ 9 cm/seg tiene una sensibilidad del 87% y una especificidad del 97% para diferenciar miocardiopatía hipertrófica patológica (HTA o primaria) vs Hipertrfia fisiológica¹⁷. (Figura 3).

La función diastólica analizada mediante Doppler pulsado y tisular permanece normal, observando inclusive un patrón supernormal caracterizado por una onda E prominente y un índice E/a superior a 2. El radio E/e' también se utiliza, con valores e' en deportistas 8cm/seg.

La técnica de strain rate muestra valores de strain longitudinal global (GLS) menores en hipertrofia patológica vs fisiológica. Los valores normales en deportistas son de -20% ¹⁸. (Figura 4).

Los hallazgos anteriormente descriptos guardan relación con la actividad realizada, factores individuales de sexo, raza y área de superficie corporal entre otros.

Indicadores de hipertrofia patológica

- Espesor parietal mayor a 16 mm, distribución asimétrica.
- Diámetro diastólico de VI menor a 45 mm.
- Agrandamiento auricular izquierdo ≥ 34 ml/m².
- Disfunción diastólica por Doppler mitral pulsado y tisular.
- Falta de regresión de la hipertrofia al suspender la actividad física (8 a 12 semanas).
- Patrones electrocardiográficos.
- Historia familiar de miocardiopatía hipertrófica.

Ecocardiograma Doppler con esfuerzo

Estudio accesible, de bajo costo, con mejor aceptación que el stress farmacológico en deportistas. Aporta datos respecto de función sistólica y diastólica en esfuerzo. Evalúa reserva contráctil en atletas con fracción de eyección limítrofes en reposo (FE 45-50%) y capacidad de ejercicio.

Suma utilidad en el screening de enfermedad coronaria aterosclerótica con sensibilidad y especificidad (76%-88% respectivamente)¹⁹.

Útil en la evaluación de pacientes con miocardiopatía hipertrófica establecida a la hora de evaluar presencia de movimiento sistólico anterior mitral (SAM) y gradientes dinámicos asociados.

CARDIOLOGIA NUCLEAR

En relación a los estudios de cardiología nuclear mediante SPECT y PET, existe evidencia limitada y escasa en la evaluación de deportistas asintomáticos. En algunos estudios de investigación se evaluó flujo coronario, consumo de oxígeno y utilización de ácidos grasos libres mediante PET, detectando descensos de consumo en relación a la masa miocárdica perfundida, lo cual se interpretaría como adaptación fisiológica en el consumo miocárdico de energía²⁰.

No existen niveles de recomendación actual para estos estudios en deportistas.

ANGIOTOMOGRAFIA CORONARIA

Con los tomógrafos de 128 cortes que permiten mejor resolución temporoespacial y utilizar menor cantidad de contraste yodado, se pueden valorar: arterias coronarias, diámetros vasculares aórticos, estructura valvular aórtica, arteria pulmonar y evaluar drenajes venosos (Figura 5). Además podemos completar la evaluación de volúmenes cavitarios e índices de función sistólica por métodos volumétricos.

La angiotomografía ofrece la posibilidad de evaluar las arterias coronarias de manera no invasiva, permitiendo detectar anomalías congénitas en el nacimiento aórtico o en su trayecto hacia el miocardio y puentes musculares. Mediante la cuantificación de score de calcio permite identificar enfermedad aterosclerótica de manera subclínica.

En deportistas, con bajo riesgo cardiovascular y niveles lipídicos favorables, el verdadero riesgo suele estar infraestimado. Existen controvertidas observaciones, donde maratonistas comparados con controles de misma edad e igual riesgo cardiovascular, presentaban mayor score de calcio, postulando como posible causa liberación de citoquinas inflamatorias como posibles causas²¹. En un estudio que evaluó deportistas masculinos >45 años (318 pacientes), la angiotomografía logró detectar 19% de enfermedad coronaria asintomática, cuando la prueba de esfuerzo fue negativa²².

Si bien, la angiotomografía coronaria no es un estudio de primera línea en la evaluación de deportistas de nivel competitivo, si es de utilidad en pacientes de riesgo moderado / alto o en quienes los estudios iniciales son no concluyentes para descartar enfermedad coronaria.

RMN CARDIACA DE ALTO CAMPO

Estudio de suma importancia a la hora de identificar las principales miocardiopatías, brindando caracterización tisular e incluso perfusión miocárdica. Permite valorar volúmenes, masa ventricular y función contráctil global y regional²³. La técnica de realce tardío con gadolinio (RTG), permite la diferenciación de patrones de daño miocárdico isquémicos y no isquémicos. Los patrones no isquémicos de daño miocárdico incluyen el realce en anillo subendocárdico (amiloidosis miocárdica), realce parcheado (miocardiopatía hipertrófica-MCPH) o realce mesocárdico y epicárdico (miocarditis o enfermedad de Fabry)^{24, 25}.

En el diagnóstico de MCPH tiene una sensibilidad (80%) y especificidad(90%), superior a la del ecocardiograma, ob-

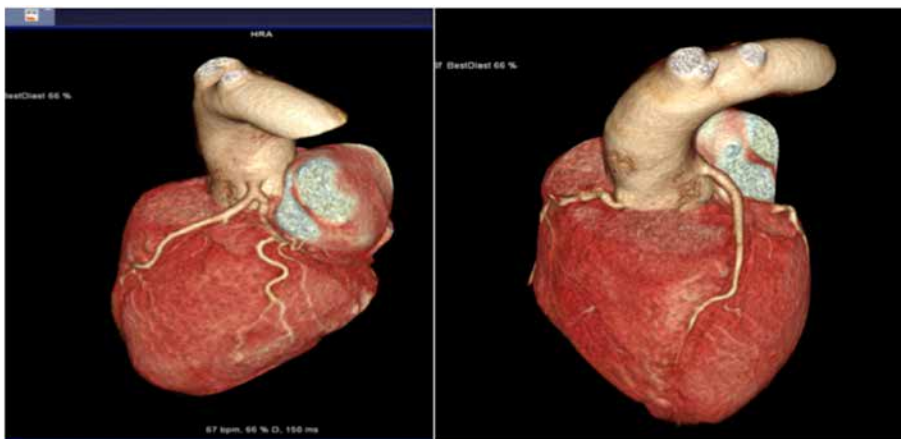


FIGURA 5. Angiotomografía coronaria de 128c con origen de ostium coronarios y trayectos conservados. Sin evidencia de lesiones obstructivas. (Cortesía Dra. Andrea Astesiano).

teniendo una superioridad diagnóstica del 6% respecto a ecocardiograma, con mejor medición de espesores parietales en un 20% y constituyendo el Gold standard en identificación de la variante apical de MCPH^{26,29}.

Es importante destacar que la MCHP puede presentar una pequeña prevalencia de realce tardío con gadolinio en segmentos no hipertróficos, destacando que el realce tardío se observa solo en 65% de casos confirmados de MCPH. Más de la mitad de los pacientes con MCPH, presentan anomalías en las valvas mitrales (valvas elongadas y redundantes) y alrededor de 25%, alteraciones en las cuerdas (elongación) y músculos papilares (hipertrofia, MP bífido, desplazamiento apical e inserción directa en valva anterior). Esto puede ser inclusive la expresión fenotípica primaria de la MCHP^{27,28,29}.

En deportistas de alto rendimiento puede observarse aumento del trabeculado ventricular izquierdo, como respuesta a la sobrecarga de volumen, constituyendo la RMN una herramienta de utilidad para diferenciar de miocardiopatía no compactada³⁰.

DetECCIÓN DE ISQUEMIA POR RMN

La imagen de perfusión con stress con RMN puede ayudar al diagnóstico de enfermedad coronaria aterosclerótica en atletas y población general, pero tiene la limitación de la disponibilidad por debajo del ecocardiograma stress, angioTc coronaria y cámara gamma³⁰. Las guías actuales la recomiendan en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria aterosclerótica y probabilidad intermedia pre test. La RMN puede jugar un papel importante en la detección de anomalías coronarias en atletas mediante angio resonancia coronaria (ARC). Es una técnica no invasiva que puede ser usada en menores de 35 años con baja probabilidad de ECA³¹.

EJERCICIO DE ALTA INTENSIDAD ¿CUÁL ES EL LÍMITE DEL BENEFICIO?

El beneficio del entrenamiento en la reserva contráctil es reconocido, la precarga se incrementa en deportistas de alto rendimiento, asociada a la característica bradicardia y al aumento de volúmenes.

Sin embargo existen estudios observacionales referidos a la denominada "Fatiga cardíaca", con una reducción transitoria en la función sisto-diastólica medida por ecocardiografía y elevación de marcadores plasmáticos: Troponinas y péptido natriurético B (32,33). Si bien no se conoce el impacto clínico dichos hallazgos están objetivados.

La disfunción transitoria afecta principalmente al ventrículo derecho, con alteraciones en la función contráctil que pueden persistir hasta un mes posterior a la competencia³⁴.

Los valores de presión pulmonar en reposo también pueden verse incrementados con valores de 40 mmHg, en coincidencia con el aumento de volumen sistólico ventricular, pero sin incremento teórico en las resistencias vasculares pulmonares.

En triatletas participantes en de la competencia *Ironman* se han descrito descensos transitorios en valores de fracción

de eyección, disfunción diastólica y alteraciones transitorias de la contractilidad regional. Utilizando técnicas de Strain rate se observó descenso en valores de strain longitudinal, radial y circunferencial³⁵. Sin embargo un estudio prospectivo de 114 atletas olímpicos, participantes de entre 2 y 5 juegos olímpicos consecutivos no mostró deterioro en variables funcionales cardíacas, ni mayor riesgo de arritmias³⁶.

CONCLUSIONES

Las cardioimágenes permiten una mejor caracterización anatómica y funcional cardíaca en escenarios de mayor complejidad, en relación a la participación creciente en disciplinas deportivas de alto rendimiento y duración como el triatlón.

El ecocardiograma es la técnica de primera línea para evaluar deportistas con patologías previas, principalmente hipertensión arterial, así como también ser una técnica de screening ante hallazgos dudosos en el examen físico y/o en el electrocardiograma. Pueden además completar la evaluación con técnicas de AngioTAC coronaria, RMN cardíaca, a fin de confirmar anomalías coronarias y diferenciar aquellas zonas grises entre corazón de atleta y las principales miocardiopatías: hipertrofica, dilatada, displasia arritmogénica de ventrículo derecho y miocardiopatía no compactada entre otras.

Reconocimiento:

Especial agradecimiento a los Dres Martin Cordoba, Augusto Ortego, Gabriela Garcia, Sebastian Wolff, David Wolff por sus inestimables aportes en la preparacion de este documento.

BIBLIOGRAFIA

- George KP, Wolfe LA, Burggraf GW. The athletic heart syndrome. A critical review. *Sports Med.* **1991**; 11, 300-30.
- Sheikh N, Papadakis M, Ghani S, et al. Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white athletes. *Circulation* **2014**; 129: 1637-49.
- Ironman World Championship. Available from: <http://www.ironman.com/triathlon/events/americas/ironman/world-championship.aspx#axzz3J9L4ftoT>
- Stiefel M, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T. Analysis of performances at the 'Ironman Hawaii triathlon' and its qualifier events with respect to nationality. *J Sci Cycling* **2013**; 2: 27-34.
- Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, et al. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med* **1991**; 32: 295-301.
- Sharma S, Maron BJ, Whyte G, Firoozi S, Elliott PM, McKenna WJ. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* **2002**; 40: 1431-66.
- Abergel E, Chatellier G, Hagege AA, et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J Am Coll Cardiol* **2004**; 44: 144-49.
- Pelliccia A, Maron BJ, De Luca R, et al. Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation* **2002**; 105: 944-49.