



CIENCIAS CLÍNICAS Y PATOLÓGICAS
ARTÍCULO ORIGINAL

Modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo en deportistas de canotaje de alto rendimiento

Anatomical modifications of the left ventricle in high performance canoeing athletes

Jesús Orta Miranda^{1*}, Diana Torres López¹

¹Instituto de Medicina del Deporte. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: jesusorta@infomed.sld.cu

Cómo citar este artículo

Corta Miranda J, Torres López D. Modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo en deportistas de canotaje de alto rendimiento. Rev haban cienc méd [Internet]. 2020 [citado]; 19(1):76-91. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3169>

Recibido: 20 de julio del 2019.
Aprobado: 21 de enero del 2020.

RESUMEN

Introducción: La adaptación del corazón humano al acondicionamiento físico ha sido un tema de interés médico-científico, pues el remodelado cardíaco que comprende variación en el tamaño, forma, grosor de las paredes, y masa ventricular responde al tipo de actividad física.

Objetivo: Determinar las modificaciones

anatómicas del ventrículo izquierdo en kayakistas y canoístas femeninos y masculinos de alto rendimiento.

Material y Métodos: Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo de corte transversal en deportistas de canotaje de alto rendimiento que acudieron al Instituto de Medicina del Deporte



durante la preparación especial con vistas a participar en los Juegos Olímpicos de Rio de Janeiro 2016. La muestra se conformó con 20 deportistas que cumplieron los criterios de inclusión establecidos, se recogieron los resultados de los diferentes parámetros ecocardiográficos que fueron estudiados para comprobar si existía modificación anatómica del ventrículo izquierdo (MAVI). Se empleó la estadística descriptiva e inferencial.

Resultados: Edad promedio $20,9 \pm 1,18$ años, predominio del sexo masculino (65 %); kayak (60 %) y velocidad (55 %) fueron las disciplinas deportivas y modalidades competitivas predominantes, fue frecuente la hipertrofia

concéntrica en ambos sexos (65 %), la edad deportiva de igual o menos de 10 años (60 %), espesor relativo de la pared aumentado (65 %), el índice AKS mayor se encontró en la hipertrofia excéntrica (1,3 %) y el porcentaje de grasa predominante fue en la hipertrofia concéntrica para un (7,9 %).

Conclusiones: El espesor relativo de la pared ventricular tuvo una relación significativa con la modalidad competitiva.

Palabras clave: Remodelado cardíaco, hipertrofia concéntrica, hipertrofia excéntrica, espesor relativo de la pared.

ABSTRACT

Introduction: The adaptation of the human heart to physical conditioning has been a medical and scientific topic of interest where cardiac remodeling involving changes in size, form, thickness of the walls and ventricular mass responds to the type of physical activity.

Objective: To determine the anatomical modifications of the left ventricle in high performance male and female canoeing and kayaking athletes.

Material and methods: A prospective, descriptive, cross-sectional study was conducted in high performance canoeing athletes that attended the *Instituto de Medicina del Deporte* during the special training in view of the preparation for the Olympic Games in Rio de Janeiro, 2016. The sample was composed of 20

athletes that fulfilled the established inclusion criteria. The results of the different echocardiographic parameters were collected and analyzed in order to check whether there were anatomical modifications of the left ventricle (AMLV). Differential and descriptive statistics were used.

Results: The average age was $20,9 \pm 1,18$ years, the male sex predominated in the study (65 %), kayak (60 %) and velocity (55 %) were the predominant sports disciplines and competitive modalities, respectively. Concentric hypertrophy in both sexes (65 %), sporting age of 10 years or less (60 %), and increase in relative wall thickness (65 %) were frequent; the highest AKS index was found in eccentric hypertrophy (1,3 %) and predominant fat percentage was observed in



concentric hypertrophy (7,9 %).

Conclusions: The relative thickness of the ventricular wall had a significant relationship with the competitive modalities.

INTRODUCCIÓN

La adaptación del corazón humano al acondicionamiento físico ha sido un tema de interés médico-científico desde hace más de una centuria, cuando el médico sueco Henschen en 1899, demostró un agrandamiento cardíaco en esquiadores de fondo, utilizando la percusión cardíaca y convirtiéndose en el primer investigador en describir el corazón de atleta.⁽¹⁾ Posteriormente con el advenimiento de la radiografía y el electrocardiograma, se avanzó en el conocimiento de las adaptaciones cardíacas al entrenamiento, pero fue con la aparición de la ecocardiografía en la década del 70 que se produjo un nuevo e importante impulso en esta área de investigación.⁽²⁾

El ecocardiograma en modo M, bidimensional y doppler han sido utilizados por numerosos autores para estudiar las modificaciones cardiovasculares producidas por el entrenamiento físico de larga duración y alta intensidad. Fueron descritos en los deportistas un agrandamiento de las cavidades ventriculares, un mayor espesor en sus paredes y un aumento de la masa ventricular izquierda.⁽²⁾

Desde la década del setenta, en especial con la descripción de Morganroth, se ha estimado que la frecuencia, características y magnitud de las adaptaciones cardíacas dependen de la disciplina deportiva que se practique y estos se han dividido en los que tienen un componente fundamental

Keywords: cardiac remodeling, concentric hypertrophy, eccentric hypertrophy, relative thickness of the walls.

de entrenamiento aeróbico (ejercicio isotónico), como natación o atletismo de fondo y en las que predomina el entrenamiento de fuerza (ejercicio isométrico), como la halterofilia y los lanzamientos de atletismo y aquellas disciplinas mixtas entre resistencia y fuerza como ciclismo, remo y la mayor parte de los deportes colectivos.^(2,3)

Esta variación en el remodelado cardíaco que comprende variación en el tamaño, forma, grosor de las paredes, y masa ventricular responde al tipo de actividad física.^(4,5) La actividad aeróbica se considera clásicamente un modelo equivalente a una sobrecarga de volumen y la actividad de fuerza a una sobrecarga de presión que pueden determinar diferentes adaptaciones cardiovasculares; sin embargo no debe ser visto en términos absolutos. Estudios posteriores no respaldan la dicotomía de los patrones estructurales cardíacos entre los atletas de diferentes deportes. Por ejemplo, incluso el entrenamiento de la fuerza de alta intensidad cuyo objetivo es el incremento de la masa muscular, la fuerza o la potencia no necesariamente resultará en un mayor espesor de la pared cardíaca o la estructura miocárdica de los atletas de fuerza/potencia diferirá de la observada en atletas de resistencia.^(6,7,8,9)

Consecuentemente, los entrenamientos de resistencia conllevan a ambas adaptaciones



cardíacas volúmenes y presión, en cuanto al ejercicio isométrico o estático durante su fase activa, presenta como respuesta fundamental un incremento significativo de la presión arterial sistólica que puede superar los 300mmhg y determinar el bloqueo local de la circulación por incremento de la presión intramuscular en los grupos musculares involucrados, dependiendo entonces, del aporte energético del metabolismo anaeróbico y en la etapa inmediata posterior al ejercicio, se observa una mayor frecuencia cardíaca y un incremento del consumo de oxígeno, para lograr reponer los depósitos de energía.^(10,11)

El corazón responde incrementando los diámetros ventriculares y el grosor de la pared.⁽¹²⁾ La dilatación ventricular es causada por una sobrecarga de volumen de aquí que nuevas sarcómeras se adicionen disponiéndose en serie. Por otro lado, el incremento de la poscarga requiere un incremento de la presión intraventricular para abrir la válvula aórtica, mayor tensión sobre la pared y esto constituye un estímulo para la hipertrofia en paralelo.⁽¹²⁾

La disciplina piragüismo provoca altas demandas de capacidad aeróbica y anaeróbica en la musculatura del tren superior mientras que el tren inferior se ve mucho menos involucrado.^(13,14) Este desbalance de requerimientos entre el tren superior e inferior hace que haya un contraste entre este deporte y otros, proveyendo un modelo para explorar si la utilización preferencial de diferentes grupos musculares desempeña un rol importante en la adaptación cardíaca.⁽¹⁵⁾

Estudios previos como el de Gates y colaboradores 2003,⁽¹⁶⁾ Pellicia y colaboradores 1991⁽⁸⁾ e Iglesia-Cubero y colaboradores 2000⁽¹⁷⁾ han sugerido que existe un número de factores que pueden relacionarse con las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo como son la disciplina deportiva, tipo de entrenamiento, la raza, la composición corporal, la experiencia deportiva y factores genéticos. Sin embargo, autores como King y Wood en el 2013 adujeron que factores como el tipo de deporte, la talla corporal y la raza tienen un impacto independiente en el remodelado del ventrículo izquierdo.⁽¹⁸⁾

En nuestro medio se han realizado investigaciones sobre las características ecocardiográficas de diferentes deportes de alto rendimiento como el polo acuático, atletismo, halterofilia, triatlón, boxeo, judo, fútbol, taekwondo.^(5,19,20) Un factor común que deriva de estas indagaciones es que el entrenamiento sistemático e intenso conlleva a modificaciones anatómicas que pueden aumentar el diámetro de la cavidad o el grosor de la pared del ventrículo izquierdo. Por otra parte, los diferentes autores han promovido el uso de determinados indicadores ecocardiográficos como herramienta para el control biomédico de la preparación del deportista de alto rendimiento.

El kayak-canoa es uno de los deportes en el cual han surgido algunos reportes internacionales que hacen referencia al uso de la ecocardiografía para describir el remodelado del ventrículo izquierdo, sin embargo persiste la incertidumbre sobre en qué medida algunos factores influyen en estos



cambios de la geometría ventricular.⁽²¹⁾

El **objetivo** de la presente investigación es determinar las modificaciones anatómicas del

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y de asociación, de corte transversal utilizando a los 20 deportistas de ambos sexos de canotaje (canoa-kayak) de alto rendimiento que acudieron al Instituto de Medicina del Deporte como parte del control del entrenamiento deportivo durante la preparación especial con vistas a participar en los Juegos Olímpicos de Rio de Janeiro 2016.

La información fue recogida de los expedientes clínicos de las personas incluidas en el estudio que se encuentran en el Instituto de Medicina del Deporte.

Procedimientos

Los diferentes parámetros ecocardiográficos fueron determinados en el departamento de Imagenología del Instituto de Medicina del Deporte por el especialista en cardiología. Se recogieron los resultados de los diferentes parámetros ecocardiográficos que fueron estudiados. En todos los casos se realizó un ecocardiograma transtorácico, cada variable analizada fue medida en 3 ocasiones y si no coincidía se le calculó un promedio.

Las variables ecocardiográficas cuantitativas estudiadas fueron:

DTDVI: Diámetro del Ventrículo izquierdo (VI) al final de la diástole.

DTSVI: Diámetro del Ventrículo izquierdo (VI) al final de la sístole.

MVI: Masa del Ventrículo Izquierdo.

IMVI: Índice de la Masa del Ventrículo Izquierdo.

ventrículo izquierdo en deportistas de kayak y canoa de alto rendimiento.

SIVD: Septum Interventricular en Diástole.

Espesor RP (ERP): Espesor relativo de la pared del ventrículo izquierdo.

Por su parte la variable cualitativa fue la modificación anatómica del ventrículo izquierdo (MAVI).

La MAVI es una variable cualitativa politómica, que agrupa distintas alteraciones morfológicas del músculo cardíaco atendiendo a las variaciones geométricas y aumento de la MVI. Puede haber un corazón normal y la presencia de MAVI puede estar dada por un Remodelado concéntrico, Hipertrofia concéntrica o Hipertrofia excéntrica.

Para determinar la presencia de MAVI se tuvo en cuenta el cálculo del IMVI, por estar estrechamente relacionada la MVI con la superficie corporal, sexo y talla del atleta. La corrección de la masa del VI con la superficie corporal, mediante la fórmula de Dubois, redujo la variabilidad para el tamaño corporal y para el sexo.

La masa del Ventrículo fue calculada utilizando la fórmula de Devereux⁽²²⁾ donde:

$$MVI=1,04 * [(Dd VI + PPD + SD)^3 - (Dd VI)^3] - 14 g$$

Por su parte:

$$IMVI= MVI/SC$$

Donde SC (Superficie corporal) según la fórmula de Dubois⁽²³⁾ fue:

$$SC (m^2) = (0,0001) \times (71,74) \times [\text{peso (Kg)}]^{0,425} \times [\text{altura (cm)}]^{0,725}$$



Utilizando los valores de la Convención de la Sociedad Americana de Ecocardiografía se estimó que si en los hombres la MVI $<224\text{g}$ o IMVI fue $<115\text{g}/\text{m}^2$ no hay hipertrofia ventricular. En las mujeres cuando los valores del MVI estuvieron $<162\text{g}$ y/o IMVI $<95\text{g}/\text{m}^2$ se consideró que no hay hipertrofia ventricular.

Para delimitar lo que respecta a los patrones de geometría del ventrículo izquierdo se consideró que hay hipertrofia, si el índice de masa excede lo normal, concéntrica, si la ERP es mayor o igual que 0,42 y excéntrica si es menor que ese valor. Denomínese remodelamiento concéntrico a la condición en la cual la cámara ventricular izquierda se corresponde con $\text{ERP} \geq 0,42$ e índice de masa miocárdica normal.

El índice del espesor relativo de la pared (ERP) se calculó teniendo en cuenta la suma del septum interventricular en diástole más la pared posterior del VI en diástole dividido por diámetro tele diastólico del VI.

Se consideraron 4 patrones de geometría ventricular, según las características ecocardiográficas encontradas:

Normal: IMVI y espesor relativo de la pared normal.

Remodelación concéntrica (RC): IMVI normal con espesor parietal relativo aumentado.

Hipertrofia excéntrica (HE): IMVI aumentado y espesor parietal relativo normal.

Hipertrofia concéntrica (HC): IMVI y espesor parietal relativo aumentado.

Las variables antropométricas peso, estatura, porcentaje de grasa (%G), estimado por el método de Wither et al. (1987) y el Índice de Sustancia Corporal Activa (AKS, por sus siglas en alemán) fueron solicitadas al laboratorio de Cineantropometría del IMD (Instituto de Medicina del Deporte) coincidiendo con el momento de ambas pruebas.

Procesamiento estadístico de la información

Se empleó la estadística descriptiva e inferencial, en la primera se distribuyeron los datos en tablas de distribución de frecuencias, el valor promedio y la desviación estándar, en la estadística inferencial se empleó la prueba de Chi cuadrado para comprobar asociación significativa entre las variables involucradas, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los cuales fueron rechazados con un nivel de significación de $p < 0,05$. Mediante la utilización del programa (SPSS) versión 18.0 se realizó el ajuste de todos los datos.

Este estudio se realizó conforme a los principios éticos para la investigación médica en humanos establecidos en la Declaración de Helsinki. Se solicitó a los atletas su consentimiento informado para participar en la investigación, previo conocimiento de médicos y entrenadores.

RESULTADOS

La distribución de deportistas en estudio tuvo una media aritmética de 20,9 años con desviación estándar de 1,18 años, en el sexo masculino estas medidas fueron $21,5 \pm 3,2$ y en las féminas 19,7

$\pm 2,3$, siendo más frecuente el grupo de edades entre 18 a 20 años para un 50,0 %, con predominio del sexo masculino en un 65,0 %.

En relación con la distribución de deportistas



según disciplina deportiva y sexo encontramos que el 60 % pertenecían a la modalidad de Kayak, el 30 % eran hombres y el 30 % mujeres. El 40 % restante era de la modalidad de canoa para un total de 8 deportistas, 7 eran hombres para un 35 % y una sola mujer para un 5 %.

Desde el punto de vista descriptivo los deportistas masculinos de kayak tenían mayor edad deportiva, peso corporal, estatura, superficie corporal y menor edad cronológica, porcentaje de grasa e índice de sustancia corporal activa que los de canoa. En el sexo

femenino, las modalidades no fueron comparables pues solo se estudió a una deportista de canoa, se hizo evidente una diferencia acentuada con un mayor peso corporal, estatura, superficie corporal e índice de sustancia corporal activa para el sexo masculino.

En la distribución de deportistas según modalidad competitiva y sexo, encontramos 11 en velocidad (55 %) de ellos el 35 % son mujeres y el 20 % hombres, en cuanto a la modalidad de resistencia solo se estudiaron varones para un 45%.

Tabla 1. Distribución de deportistas según modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo y el sexo

Modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo	Sexo					
	Femenino		Masculino		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Normal	0	0	1	5,0	1	5,0
Hipertrofia excéntrica	2	10,0	4	20,0	6	30,0
Hipertrofia concéntrica	5	25,0	8	40,0	13	65,0
Total	7	35,0	13	65,0	20	100,0

$\chi^2 = 0,614, NS$

En la tabla 1 se observa la posible relación entre las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo y el sexo, del total de los deportistas evaluados, el 95 % mostró modificaciones anatómicas, mientras que solo 1 (5 %) mostró un corazón normal, se aprecia en relación con las modificaciones que predominaron la hipertrofia

concéntrica del ventrículo izquierdo en un 65,0 %, en que un 25,0 % correspondió al sexo femenino y un 40,0 % al masculino, aunque se comprobó que estas modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo no se asociaron significativamente al sexo.



Tabla 2. Distribución de deportistas según modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo y la edad deportiva

Modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo	Edad deportiva					
	Igual o más de 10 años		Menos de 10 años		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Normal	1	5,0	0	0,0	1	5,0
Hipertrofia excéntrica	3	15,0	3	15,0	6	30,0
Hipertrofia concéntrica	8	40,0	5	25,0	13	65,0
Total	12	60,0	8	40,0	20	100,0

X² = 0,929, NS

En cuanto a lo mostrado en tabla 2, se puede observar que el 40 % de los deportistas que tienen hipertrofia concéntrica tienen edad deportiva igual o más de 10 años, mientras en esta misma modificación anatómica el 25,0 % tienen menos de 10 años en esta disciplina deportiva. Se comprobó que la modificación anatómica del ventrículo izquierdo no guarda relación significativa con la edad deportiva, por lo que no incidió en las diferencias

ecocardiográficas. La edad deportiva promedio para el sexo masculino fue de 10,4 ±4,1años, mientras que para el sexo femenino fue de 9,1 ±2,5 años.

Desde el punto de vista descriptivo los atletas de mayor edad deportiva mostraron un menor valor promedio del DTDVI, DSTSVI, MVI e IMVI. Los de menor edad deportiva solo fueron ligeramente inferiores en el grosor del septum y en el espesor relativo de la pared.

Tabla 3. Relación entre la edad deportiva y el Índice de masa del ventrículo izquierdo

Índice de masa del VI	Edad deportiva					
	Igual o más de 10 años		Menos de 10 años		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Aumentado en mujeres	3	15,0	4	20,0	7	35,0
Aumentado en hombres	8	40,0	4	20,0	12	60,0
Normal en hombres	1	5,0	0	0,0	1	5,0
Total	12	60,0	8	40,0	20	100,0

X² = 1,75, NS

En la tabla 3 se observa que con una edad deportiva igual o más de 10 años predominó un

aumento del índice de masa del VI en hombres en un 40 %, mientras que con menos de 10 años no



hubo diferencias en cuanto a la frecuencia de atletas de ambos sexos para un 20 % respectivamente, se comprueba que el índice de masa del VI no se asoció significativamente con la edad deportiva.

Este resultado era de esperar pues el índice de

masa se calcula teniendo en cuenta la masa del VI / superficie corporal, la primera es una variable muy heterogénea que depende de múltiple factores como son la disciplina deportiva, la edad, el sexo y la raza.

Tabla 4. Relación de la modalidad competitiva con el espesor relativo de la pared

Modalidad competitiva	Espesor relativo de la pared (H/R)					
	Normal		Aumentado		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Velocidad	3	15,0	8	40,0	11	55,0
Resistencia	4	20,0	5	25,0	9	45,0
Total	7	35,0	13	65,0	20	100,0

$\chi^2 = 20,0, p < 0,05$

En la tabla 4 se puede observar que la mayor cantidad de deportistas participó en la modalidad de velocidad lo que representó un 55,0 %, del total, de ellos el 40 % presentó un aumento en el espesor relativo de la pared. En la modalidad de resistencia participó el 45 % restante, en el que predominó también un aumento en el espesor relativo de la pared para un 25 %; se comprobó en este estudio que la modalidad competitiva en velocidad se relacionó significativamente con un

aumento del espesor relativo de la pared.

Al relacionar las variables ecocardiográficas y la modalidad competitiva en el sexo femenino se constató que el espesor relativo de la pared (H/R) fue muy superior, lo cual resulta estadísticamente significativo y es lo que se espera encontrar en esta modalidad competitiva, que predomine el grosor de la pared sobre los diámetros ventriculares.

Tabla 5. Relación de la modalidad competitiva con el sexo y el espesor relativo de la pared del ventrículo izquierdo

Modalidad competitiva	Espesor relativo de la pared (H/R)					
	Femenino		Masculino		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Velocidad	7	35,0	4	20,0	11	55,0
Resistencia	-	-	9	45,0	9	45,0
Total	7	35,0	13	65,0	20	100,0

$\chi^2 = 8,81, p < 0,05$



En la tabla 5 se muestra la asociación significativa ($p < 0,05$) entre la modalidad competitiva y el espesor relativo de la pared, se aprecia que en la modalidad de velocidad las 7 mujeres involucradas tuvieron como promedio un espesor

relativo de la pared ventricular de $0,45 \pm 0,07$, y en los 4 hombres de $0,44 \pm 0,06$. En la modalidad de resistencia no hubo presencia de mujeres, en los hombres el promedio del espesor de la pared fue de $0,42 \pm 0,04$

Tabla 6. Comparación de las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo con la composición corporal

Modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo	Valores promedio composiciones corporales		No.	%
	Sustancia corporal activa (AKS) %	Porcentaje de grasa (%)		
Normal	1,2	5,7	1	5,0
Hipertrofia excéntrica	1,3	7,6	6	30,0
Hipertrofia concéntrica	1,2	7,9	13	65,0

En la tabla 6 se observa los valores promedios obtenidos en correspondencia con la composición corporal y las modificaciones anatómicas, describiendo estos resultados se tiene que sólo un deportista sin modificación anatómica del VI presentó una sustancia corporal activa de 1,2 % y un 5,68 % de grasa, en los 6 que tenían modificación anatómica del VI con hipertrofia excéntrica el valor promedio porcentual de la sustancia corporal activa fue de

1,3 % con un promedio porcentual de grasa de 7,6%. Con hipertrofia concéntrica se identificaron 13 con un valor porcentual promedio de sustancia corporal activa de 1,2 % y un valor porcentual promedio de grasa de 7,9 %. En ninguno de los dos parámetros de composición corporal se comprobó que existiera una asociación significativa con las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo.

DISCUSIÓN

La hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo fue el patrón geométrico ventricular que predominó en un 40 % en el sexo masculino y un 25 % en el femenino, sin embargo no hubo una asociación significativa con el sexo y esto pudiera guardar relación con la homogeneidad de la muestra estudiada, la práctica de la misma disciplina deportiva y los métodos de

entrenamiento.

Ciertos estudios sugieren la presencia de un significativo dimorfismo en la masa ventricular izquierda de hombres y mujeres con una diferencia significativa de un 20% en favor de los hombres.⁽²⁴⁾ Las diferencias suelen comenzar desde la pubertad en deportistas jóvenes y el responsable sería el mayor desarrollo del



músculo bajo la influencia de la testosterona. Las cavidades ventriculares de las mujeres suelen ser más pequeñas con un llenado diastólico a más baja presión, sin embargo hay una leve declinación próxima al 6 % en la masa ventricular del hombre desde los 20 a 70 años, mientras que las mujeres experimentan un pequeño incremento del 15 % en igual periodo.⁽²⁴⁾

En el estudio “Análisis comparativo ecocardiográfico de los deportistas de canotaje en la preparación a Centroamericanos 2014”,⁽²⁵⁾ se comprobó que la media de la masa ventricular izquierda durante el entrenamiento en la etapa especial, fue de 278 gr. para hombres y 215 gr. para las mujeres, con el predominio del patrón geométrico de hipertrofia concéntrica.

En otro estudio realizado por Landry F. et al. 2012⁽²⁶⁾ donde se estudiaron deportistas de resistencia de ambos sexos no se pudo demostrar tampoco que la asociación de las variaciones morfológicas del ventrículo izquierdo estuvieran influidas por el género y sí que estas adaptaciones pudieran guardar relación con el tipo de disciplina deportiva que se practique y la dependencia genotípica.

Cuando se relaciona la edad deportiva con las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo si bien los que tienen más de 10 años tienen un mayor porcentaje con MAVI no existe una relación significativa y existe una gran dispersión del dato que revela la limitación de la edad deportiva para explicar la modificación anatómica.

Autores como King y Wood en el 2013^(18,27) adujeron que factores como el tipo de deporte, la talla corporal y la raza tienen un impacto

independiente en el remodelado del ventrículo izquierdo. En relación con la raza plantearon que los deportistas africanos muestran un remodelado diferente al de los caucásicos, relacionado con el gran incremento de la pared del ventrículo izquierdo, masa y grosor relativo de la pared. Esto sugiere que este desproporcionado incremento de la pared en la raza negra es un determinante que puede explicar el incremento fisiológico producto de la sobrecarga asociada con el ejercicio crónico.

El tamaño corporal, también desempeña un papel importante, al igual que factores endocrinos y hemodinámicos, además cuando estos individuos dejan de entrenar durante períodos prolongados, se observa una reducción de la masa y el volumen del corazón, pero no al nivel de los individuos sedentarios lo que hace pensar en la influencia del factor genético, todo esto explica por qué la edad deportiva no puede explicar por sí sola las adaptaciones y modificaciones del ventrículo izquierdo.

Existen estudios como los realizados por Iglesias-Cubero et al. 1995⁽²⁸⁾ donde la variable que mejor se relacionó con el índice de masa del ventrículo izquierdo fue el consumo máximo de oxígeno, los ciclistas fueron los que mostraron los mayores valores de consumo de oxígeno y mayores índices de masa ventricular.

Al relacionar la modalidad competitiva con el espesor relativo de la pared (H/R) se observa que los deportistas que practican la modalidad de sprint tuvieron un mayor espesor relativo de la pared, lo que hace que predomine el grosor de la pared sobre el diámetro del ventrículo izquierdo y es lo que se espera encontrar en esta modalidad



competitiva. Resulta interesante señalar que hubo una asociación significativa en este estudio entre la modalidad competitiva y el espesor relativo de la pared ventricular en el sexo femenino teniendo en cuenta que de las 7 mujeres que participaron en la modalidad competitiva de sprint tuvieron como promedio un espesor de $0,45 \pm 0,07$, y en los 4 hombres fue de $0,44 \pm 0,06$.

Varios estudios que investigaron variables ecocardiográficas en deportistas que practicaron la canoa y el kayak coinciden y avalan los resultados obtenidos, tal es el caso del artículo "Hipertrofia concéntrica de ventrículo izquierdo en deportistas de kayak-canoa después de un entrenamiento aeróbico",⁽²¹⁾ que fundamenta este patrón geométrico en el entrenamiento mantenido de la porción superior del cuerpo donde este desbalance de requerimientos entre el tren superior e inferior, con la utilización preferencial de diferentes grupos musculares, desempeña un papel importante en la adaptación cardíaca.

En otro estudio Pelliccia *et al.* 1991⁽⁸⁾ estudiaron una población de 947 atletas, utilizaron un modelo lineal y multivariado para establecer la relación entre el grosor de la pared ventricular izquierda y la superficie corporal, edad, sexo y tipo de deporte, en sus resultados evidenciaron una asociación significativa entre el grosor de la pared y cada una de estas variables. Específicamente, el grosor de la pared fue independientemente asociado no solo con la superficie corporal, edad, sexo masculino; sino también con ciertos deportes como remo, canoa y ciclismo.

Al observar los valores promedio encontrados en la investigación, para cada una de las variables, hay que señalar que estos no difieren de los reportados por Iglesia-Cubero *et al.* 1991⁽²⁸⁾ para el mismo deporte quienes reportaron un valor de DVID= 53,5mm y Septum = 11,1 para atletas masculinos de categoría junior que se desempeñan al más alto nivel. Otras investigaciones no fueron tomadas en cuenta para realizar comparaciones, pues en la actualidad hay una coincidencia con la incertidumbre generada por la multifactorialidad de un fenómeno que debe ser estudiado con mayor detalle en el futuro.

En otro estudio realizado por Gates *et al.* 2013,⁽²¹⁾ en el cual se probó la hipótesis de que un entrenamiento aerobio en atletas de kayak-canoa dirigido a la porción superior del cuerpo tendría un mayor impacto en el grosor de la pared ventricular que en las dimensiones diastólicas del ventrículo izquierdo, el septum y la pared posterior del ventrículo izquierdo fueron 0.2 cm. más grueso en kayak-canoa que en el grupo control, no existen diferencias en los diámetros telediastólicos, lo que sugiere que los kayakistas y canoístas tienen un patrón de adaptación de tipo concéntrico en respuesta al entrenamiento aeróbico de la porción superior del cuerpo tal y como se encontró en el presente trabajo.

Al relacionar la edad deportiva con el IMVI no hubo una asociación significativa debido a que la masa ventricular izquierda es una variable que depende de muchos factores como la raza, factores genéticos, sistema endocrino, talla del



sujeto y en algunos estudios realizados la edad deportiva solo influye entre un 10 % y un 14 %.⁽²⁹⁾ Se llegó a la conclusión, en un meta-análisis de la estructura y función cardíaca de maratonistas, ciclistas, deportistas con entrenamiento de fuerza y un grupo control, que la masa ventricular no difiere entre atletas de resistencia y de fuerza, pero fue significativamente mayor que en el grupo control. Gates et al⁽²¹⁾ concluyó que desarrollar un patrón geométrico de resistencia o de fuerza no debe ser calificado en términos absolutos, deportistas con entrenamiento de la fuerza que se esperaba que desarrollaran una hipertrofia ventricular izquierda concéntrica pura, demostraron también un incremento de los diámetros ventriculares y viceversa, deportistas con entrenamiento de resistencia que eran considerados para desarrollar una hipertrofia excéntrica pura, manifestaron un incremento en el diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo, pero igualmente tuvieron un incremento más pronunciado en el grosor relativo de la pared.

Lo anterior se explica porque en todas las formas de entrenamiento de la resistencia, hay una elevación de la presión arterial en adición a un incremento del gasto cardíaco (carga de volumen), como en cada forma de entrenamiento de fuerza hay un aumento de la frecuencia cardíaca, gasto cardíaco y presión arterial.^(17,18)

Al evaluar las modificaciones anatómicas del ventrículo izquierdo y relacionarlas con la composición corporal se obtuvo que no guardan relación; sin embargo hay que tener en cuenta que la muestra objeto de estudio es bastante

homogénea en cuanto a composición corporal (porcentaje de grasa y sustancia corporal activa). El estudio realizado por Gates et al 2013,⁽²¹⁾ en un grupo de hombres previamente sedentarios a los que se les hizo ecocardiograma y composición corporal antes y después de un entrenamiento físico intenso por 12 semanas, detectó variaciones significativas en la composición corporal y un patrón geométrico de tipo concéntrico después del entrenamiento intenso de la porción superior del cuerpo.

Estos resultados difieren con los obtenidos en la presente investigación en la que solo se realizó un corte transversal, mientras que en la de Gates et al.⁽²¹⁾ se hizo un estudio evolutivo que demostró modificaciones a dos niveles (composición corporal y patrón geométrico), no obstante es lógico deducir que las variaciones conjuntas en poblaciones homogéneas pueden traer como consecuencia que unas variables varíen y otras no, como es de esperar en la composición corporal de los deportistas de alto rendimiento acostumbrados a estar en los límites fisiológicos para estas variables.

Los hallazgos relativos a los estudios asociados con la composición corporal han demostrado correlaciones bajas del IMVI con el índice de masa corporal. Iglesia- Cubero et al. 2000⁽¹⁷⁾ encontraron una correlación no significativa de 0,1073 para deportistas de ciclismo, fútbol y canotaje, mientras que la correlación individual con el canotaje fue solo de 0,1805 ($p > 0,05$). Por su parte, Sanagua et al. 1998⁽³⁰⁾ llevaron a cabo un estudio en 444 atletas de alto rendimiento, provenientes de 29 países, participantes en eventos internacionales y obtuvieron



correlaciones significativamente bajas entre el espesor de la pared y el peso magro, superficie corporal, masa muscular, masa grasa, mesomorfia e índice de masa corporal. En este caso, el índice de masa corporal mostró correlaciones similares al estudio de Iglesia-Cubero et al., 2000 con valores de 0,18.⁽¹⁷⁾

Mirado desde el punto de vista comparativo con los estudios anteriormente citados hay que señalar que las muestras de estos fueron más variables y representativas de una gama de deportes que permitieron obtener un gradiente de composición corporal y de adaptaciones del VI que facilitaron la significación de las correlaciones ausentes en esta investigación.

La *limitación* fundamental en la presente pesquisa está dada por el número reducido de componentes de la muestra en cuanto a número

de sujetos, rango de edades deportivas y cronológicas, gama de composición corporal, entre otros factores, pues esto repercute en la poca correlación encontrada entre las variables contrastadas con las características cardiovasculares.

Sanagua et al. 1998⁽³⁰⁾ reportaron previamente esta deficiencia metodológica declarando que muchos de estos estudios han sido realizados con muestras relativamente pequeñas, o de mayor tamaño; pero homogéneas, por lo que no es posible representar los límites de la normalidad de la hipertrofia fisiológica del deportista.

Como *limitación* del estudio podemos declarar la gran homogeneidad de la muestra para demostrar su relación con la edad deportiva y la composición corporal.

CONCLUSIONES

La modificación anatómica del ventrículo izquierdo que predominó en los deportistas de kayak-canoa fue la hipertrofia concéntrica, en ambos sexos la modalidad competitiva estuvo asociada a un mayor espesor relativo de la pared

del ventrículo izquierdo como es el caso de los que compiten en velocidad. La edad deportiva y la composición corporal no se asociaron significativamente a las modificaciones anatómicas encontradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sanagua J, Acosta G. Corazón de atleta. A una centuria de su descripción. Revista de la Federación Argentina de Cardiología [Internet]. 2000 [Citado 4/08/ 2019];29(4):461-4. Disponible en:

<http://pcvc.sminter.com.ar/faces/publica/revista/00v29n4/editor/sanagua.htm>

2. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE. Comparative left ventricular dimensions in

trained athletes. Ann Intern Med 1975;8(2):521-4.

3. Cohen JL, Segal KR. Left ventricular hypertrophy in athletes: an exercise echocardiographic study. Med Sci Sports Exerc 1985;17(12):695-700.

4. Karpman VL, Belotrovsky ZB. Different types of myocardial hypertrophy in athletes. Int J Sports Cardiol 2013;8(3):103-8.



5. Acosta S. Estudio ecocardiográfico en atletas de alto rendimiento [Tesis]. La Habana: Instituto de Medicina Deportiva; 1982.
6. Bertovic DA, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA. Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*. 2012; 33(11):1385-91.
7. Haykowsky MJ, Teo KK, Quinney AH, Humen DP, Taylor DA. Effects of long term resistance training on left ventricular morphology. *The Canadian Journal of Cardiology* 2014;16(7):35-8.
8. Pellicia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan M, Spirito P. The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *New Engl J Med* 1991;32(4):295-301.
9. Wernstedt P, Sjostedt C, Ekman I, Du H, Thuomas KA, Areskog NH, et al. Adaptation of cardiac morphology and function to endurance and strength training. A comparative study using MR imaging and echocardiography in males and females. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2012;12(3):17-25.
10. Whyte GP, George K, Sharma S, Firoozi S, Stephens N, Senior R, et al. The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience. *European Journal of Applied Physiology* 2004;9(2):592-7.
11. Legaz Arrese A, Serrano Ostariz E, Gonzalez Carretero M, Lacambra Blasco, I. Echocardiography to measure fitness of elite runners. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2012,18(5):419-6.
12. Urhausen A, Kindermann W. Sports-specific adaptations and differentiation of the athletes heart. *Sports Medicine* 2013;28(5):237-44.
13. Venckunas T, Lionikas A, Marcinkeviciene E, Alekrinskis A, Stasiulis A. Parámetros Ecocardiográficos en Atletas de Diferentes Deportes. *PubliCE Standard*. 2012;10(5):951-59.
14. Shephard R. Science and medicine of canoeing and kayaking. *Sports Medicine* 1987; 49(2):19-33.
15. Tesch PA. Physiological characteristics of elite kayak paddlers. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 1983;8(3):87-9.
16. Gates PE, George KP, Campbell IG. Concentric adaptation of the left ventricle in response to upper body exercise training. *Journal of Applied Physiology* 2003;9(4):549-54.
17. Iglesias Cubero G, Batalla A, Rodriguez Reguero JJ, Barriales R, Gonzalez V, de la Iglesia JL, et al. Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *International Journal of Cardiology* 2000;7(5);261-5.
18. King G, Wood JM. The Heart of the Endurance Athlete Assessed by Echocardiography and Its Modalities: Embracing the Delicate Balance. *Curr Cardiol Rep* 2013;15(6):383 - 97.
19. Vives Iglesias A. La adaptación morfofuncional del corazón en deportistas masculinos de taekwondo utilizando variables ecocardiográficas [Tesis de Maestría en Control del Entrenamiento Deportivo]. La Habana: Instituto de Medicina Deportiva; 2009.
20. Ortiz Cartier, A. Variables ecocardiográficas para explorar el comportamiento de la resistencia aerobia en futbolistas cubanos [Tesis de Maestría en Control del Entrenamiento Deportivo]. La Habana: Instituto de Medicina



Deportiva; 2009.

21. Gates PE, Campbell IG, George KP. Concentric left ventricular morphology in aerobically trained kayak canoeists. *Journal of Sports Sciences* 2013;22(7): 859-65.

22. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Int J Sports Med Circulation* 1977;55(7):613-8.

23. DuBois D, DuBois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916;17(4):863-71.

24. Moguer M. Modificaciones cardiovasculares en el atletismo. *Int J Sports Med Circulation* 2012;55(7):412-12.

25. Rodríguez Verde D, López Morales F. Análisis comparativo ecocardiográfico de los atletas de canotaje en la preparación a los Centroamericanos [Tesis]. La Habana: Instituto de Medicina Deportiva; 2014.

26. Landry F, Bouchard C, Dusmenil J. Cardiac dimension changes with endurance training indications of a genotype dependency. *JAMA* 2012; 254:77-80.

27. Rawlins J, Carre F, Kervio G, Papadakis M, Chandra N, Edwards C, et al. Ethnic differences in physiological cardiac adaptation to intense physical exercise in highly trained female athletes. *Circulation* 2012;121(9):1078-85.

28. Iglesias Cubero G, Rodríguez Reguero JJ, Terrados N, Gonzalez V, Barriales R, Cortina A. Niveles de aldosterona e hipertrofia cardíaca en ciclistas profesionales. *Int J Sports Med* 1995;16(7):475-7.

29. Hoogsteen J, Hoogeveen A, Schaffers H, Wijn PF, van Hemel NM, van der Wall EE. Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging* 2014;2(1):19-26.

30. Sanagua J, Acosta G, Rasmussen R, Narvaez Perez G. The Left Ventricular Hypertrophy in Top Females Athletes. *Echocardiography* [Internet]. 1998 [Citado 4/08/ 2019];4(2):26-30. Disponible en:

<http://www.fac.org.ar/tcvc/llave/c244i/sanagui.htm>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autoría

Todos los autores participamos en la discusión de los resultados y hemos leído, revisado y aprobado el texto final del artículo.

