

11205



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA "IGNACIO CHAVEZ"

18
24

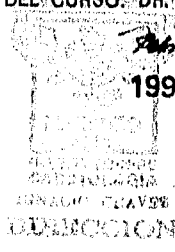
CAMBIOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EN EL
CORAZON DEL ATLETA (CANOTAJE)
DE ALTO RENDIMIENTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN: **CARDIOLOGIA**
P R E S E N T A :
HECTOR ROLANDO MELENDEZ
ESTRADA

[Handwritten signatures and initials]

ASESOR: DRA. OLGA GALVAN MONTIEL
DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO GUADALAJARA BOO
SUB DIRECTOR DE ENSEÑANZA: EDUARDO SALAZAR DAVILA
DIRECTOR DEL CURSO: DR. IGNACIO CHAVEZ RIVERA



TESIS CON FALLA DE ORIGEN
SUBDIRECCION GENERAL DE ENSEÑANZA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Un atributo a Dios, a mis padres y
especialmente a mi esposa
Pamela y mis hijos Nelani,
Héctor y Cinthia.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" y al Hospital Angeles del Pedregal por brindar la oportunidad de realizar éste trabajo.

Al Gobierno de México, a través de la Secretaria de Relaciones Exteriores por su valiosa ayuda que contribuyó a la realización de la especialidad.

A los Doctores y amigos Dr Fernando Guadalajara B, Dra Olga Galvan M, Dr David Huerta, y el Dr G. Cherebetiu, por su decidida dedicación al estudio esencial de la función cardiovascular.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
-Historia	1
-Antecedentes	2
OBJETIVOS	6
MATERIAL Y METODO	7
RESULTADOS	14
DISCUSION	22
-Características de los pacientes	22
-Remodelación ventricular	22
-Función del corazón	23
-Comportamiento de la post-carga	23
-Hipertrofia miocárdica	24
- Función diastólica	24
-Función ventricular durante el ejercicio	25
-Volumen cardíaco	26
- Implicaciones y limitaciones del estudio	27
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFIA	29

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA I: Características generales, metabólicas y hemodinámicas de deportistas dedicados al canotaje.	8
TABLA II: Relación de parámetros clínicos entre grupo de canotaje y sedentarios.	15
TABLA III: Relación de dimensiones ecocardiográficas y funcionales entre grupo de canotaje y sedentarios.	16
TABLA IV: Relación de dimensiones ecocardiográficas para la medición del grosor/radio del ventrículo izquierdo entre grupo de canotaje y sedentarios.	18
TABLA V: Relación grosor/radio en diástole y sístole del ventrículo izquierdo y parámetros funcionales cardiovasculares entre grupo de canotaje y sedentarios.	19
TABLA VI: Relación de parámetros funcionales cardiovasculares entre grupo de canotaje y sedentarios.	20
TABLA VII: Relación de parámetros que determinan la función diastólica del ventrículo izquierdo entre grupo de canotaje y sedentarios.	21

CAMBIOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EN EL CORAZON DEL ATLETA (CANOTAJE) DE ALTO RENDIMIENTO

INTRODUCCIÓN

El deporte de alto rendimiento requiere de preparación físico-técnico-táctica de larga duración, a través de muchos años, con esfuerzos repetitivos de alta intensidad y gran volumen. Así por ejemplo, en algunos deportes se alcanzan entrenamientos de 4-6 horas al día y a veces hasta 8 horas en períodos de pretemporada.

Es obvio que las consecuencias anatomofuncionales del trabajo físico realizado estarán en relación directamente proporcional con el volumen y con la intensidad de los entrenamientos efectuados. Sin embargo, debemos enfatizar sobre el hecho de que los efectos favorables (o dañinos) sobre el organismo, dependen en primer lugar de las características fisiológicas del entrenamiento realizado, a saber: los entrenamientos de tipo aeróbico dejan sus huellas principalmente sobre el sistema cardiovascular (transporte de oxígeno),¹⁻³ mientras que los deportes anaeróbicos tienen mayor influencia sobre el desarrollo del músculo esquelético, en cuanto a cualidades de potencia (fuerza rápida).⁴⁻⁶

En la literatura de especialidad existen numerosos estudios en los que se ha evaluado el sistema cardiovascular de deportistas de élite, dedicados a la práctica de deportes aeróbicos, sobre todo el atletismo (corredores de fondo, marcha, esquí fondo, natación, etc.), lo que ha llevado a la descripción del síndrome del corazón de atleta, como una variante anatómo-fisiológica del corazón sano, de mayor dimensión y eficiencia.⁷⁻¹¹

Sin embargo, en deportes de menor difusión como es el canotaje (kayac, canoa), la investigación cardiovascular escasea, tanto en lo que concierne al aspecto dimensional (volumen cardíaco, grosor de las paredes, dimensiones de las cavidades cardíacas, etc.) así como en los aspectos funcionales (consumo máximo de oxígeno, oxígeno-pulso máximo, bradicardia de reposo, trastornos electrocardiográficos, etc.)

HISTORIA

En el caso del Canotaje, deporte que nos interesa analizar en éste estudio, es un tipo de deporte acuático relacionado al remo con características muy particulares.

La canoa era el medio de transporte más usado para atravesar rios y lagos desde el siglo XVIII y se considera que en 1800 Scot Jhon McGregor fué el fundador del canotaje como deporte y fué hasta en 1936 en las olimpiadas de Berlín, cuando se constituyó como especialidad olímpica; se regula en la actualidad por la International Canoe Federation (ICF).

Se han desarrollado dos disciplinas dentro del canotaje: la canoa y el kayak.

Las características particulares de la canoa (unicamente en varones) son:

- 1- La persona va sentada sobre una rodilla en el momento de maniobrar la canoa, en dirección a donde se dirige la misma; contrario a remo tradicional.
- 2- La paleta o remo no se encuentra con soporte a la canoa, sino se encuentra libre sujeta por el operador.
- 3- La canoa tiene forma semirromboidal con mayor prominencia en la parte delantera, la cual le da a la misma mayor movilidad y manejo.¹²

En competencias olímpicas las pruebas se desarrollan en distancias de 500 y 1000 metros y en campeonatos mundiales hay pruebas de 200, 500 y 1000 metros.

Las características del kayak (practicado por mujeres y varones) son:

- 1- La pala es de dos cucharas y se manobra de ambos lados sucesivamente.
- 2- El kayachista va sentado y el esfuerzo principal lo realizan los brazos y el tronco, con menor (mínima) participación de las piernas.
- 3- La embarcación es larga y muy delgada, por lo que se necesita mucha destreza y sentido del equilibrio por parte del deportista.

La diferencia entre las barcas mencionadas, es que: la canoa canadiense es una embarcación abierta, en donde el operador se encuentra con mayor libertad; en cambio el kayak, es completamente cerrado, dejando un espacio en su superficie donde se encuentra sentado el operador. Se determinan como C1, C2 y C4 o bien K1, K2 y K4 según el número de deportistas que maniobren o compitan.¹²

ANTECEDENTES

Del sistema cardiovascular se han obtenido pocos datos ecocardiográficos en relación a aspectos funcionales y dimensionales de canotistas; así como relación de tales parámetros con otros deportes en donde se desarrolla el corazón de atleta.

Sidney y Shepard¹³ describieron que la frecuencia cardíaca en reposo de canoistas es relativamente alta (60 y 67 x' en hombres y mujeres respectivamente). La presión arterial sistólica es de 135 mmHg y Armand¹⁴ observó un aumento del volumen latido (VL) y bloqueo de la circulación periférica debido a la compresión torácica durante la ejecución del canotaje.

En otros estudios, se ha comparado hallazgos electrocardiográficos y ecocardiográficos entre grupo de atletas de alto rendimiento y controles de individuos sedentarios; encontrando un incremento del índice de hipertrofia miocárdica en el atleta en relación a los sedentarios; así como, un aumento de la masa ventricular izquierda del 47% en los atletas de alto rendimiento que mantienen un disciplinado entrenamiento en su deporte contra un 23% de individuos que se inician en los deportes analizados. No se observó diferencia en cuanto al grosor de la pared, diámetros de cavidades, función ventricular sistólica y diastólica analizados en reposo. Se observó una correlación significativa entre datos electrocardiográficos y ecocardiográficos en los parámetros de hipertrofia ventricular izquierda.¹⁵

Takemoto y colaboradores determinaron que los deportistas de alto rendimiento presentaron menos disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, en comparación con individuos aficionados que realizaban algún deporte. Se observó una disminución significativa de la velocidad de llenado diastólico tardío de 0.51 ± 0.11 m/sec vrs. 0.66 ± 0.20 m/sec. ($P < 0.003$); concluyéndose que la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo se asocia a individuos aficionados que realizaban algún deporte, siendo menos evidente en atletas con disciplinas establecidas de alto rendimiento.¹⁶

Schairer y colaboradores examinaron la hipótesis que el VL se incrementa en atletas de alto nivel con ejercicio submáximo en relación a adultos aficionados que practican algún deporte. Tal incremento lo alcanzan a través de aumentar el volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI) y reducir el volumen sistólico final del ventrículo izquierdo (VSFVI). Lo anterior lo demostraron al determinar en atletas con frecuencia cardíaca de 130x' un aumento del VL del 67%, producido por un aumento de 72 ± 18 ml a 120 ± 26 ml ($p < 0.001$), como resultado del incremento del VDFVI de 119 ± 23 a 152 ± 28 ml ($p < 0.001$) y una reducción en el VSFVI de 46 ± 14 a 31 ± 9 ml ($p < 0.001$). En los individuos sedentarios que realizaron el mismo ejercicio se observó un incremento del VL del 22% de 63 ± 15 a 77 ± 21 ml ($p < 0.05$); no se demostraron cambios significativos en el VDFVI, pero

si hubo disminución del VSFVI de 33 ± 11 a 20 ± 9 ml ($p < 0.001$); estos autores concluyeron que los atletas incrementaron su gasto cardíaco en relación a los sujetos sedentarios a través de un aumento del VL; así como también, debido al aumento del VDFVI, hecho que explica la conservación del consumo de oxígeno en los atletas.¹⁷

Schäirer y colaboradores también examinaron la hipótesis de que la hipertrofia atenúa el estrés de la pared durante el ejercicio cuando la tensión de la misma es lo suficientemente constante para mantener dicha hipertrofia. Estudiaron 17 atletas de alto rendimiento en la disciplina del ciclismo y 15 hombres sedentarios. Observaron que la tensión de la pared incrementaba con el ejercicio en ambos grupos y que no había diferencia significativa del estrés de la pared en reposo, así como, a diferentes frecuencias cardíacas preestablecidas. El estrés de la pared disminuyó en ambos grupos con el ejercicio. Por otra parte, establecieron que el grosor de la pared posterior es un importante factor en respuesta al ejercicio físico. La tensión de la pared durante la sístole fué considerablemente mayor a la tensión de la pared durante la diástole. Por lo que concluyeron que la tensión en sístole tiene mucho mayor influencia sobre la hipertrofia que la realizada en diástole. Así mismo, determinaron que la hipertrofia ventricular izquierda disminuye el estrés de la pared en atletas reduciéndolo a valores similares a los de sujetos sedentarios, tanto en ejercicio como en reposo.¹⁸

Por su parte, Spirito y colaboradores investigaron las adaptaciones morfológicas del corazón de atletas de alto rendimiento o de nivel de competencia mundial de 27 diferentes deportes. Observaron que deportes como: ciclismo, fondo, ski, natación, pentatlón y canotaje, fueron asociados con las mayores dimensiones cardíacas y grosor de la pared en relación al resto de los deportes analizados. Este hallazgo es congruente con el concepto fisiológico que indica que el aumento en el tamaño de la cavidad, está asociado a un incremento con el estrés parietal y debería observarse un aumento en el grosor de la pared. También observaron que en algunos deportes predominantemente isométricos, (levantamiento de pesas y lucha) mostraron un aumento relativo en el grosor de la pared, pero poco aumento del tamaño de la cavidad; sugiriendo que esos deportes isométricos se asocian con un incremento desproporcionado en el grosor de la misma en relación al aumento del tamaño de la cavidad. La relación entre la edad de los deportistas y el tamaño de las cavidades cardíacas encontradas por estos autores fué independiente del tipo de deporte realizado y de la superficie corporal de la persona; esa asociación puede

interpretarse como resultado del tiempo de entrenamiento requerido para ejercitar determinado deporte.¹⁹

En éste trabajo nos propusimos estudiar las características anatomofuncionales del corazón de deportistas de élite (competidores a nivel mundial) dedicados a la disciplina del canotaje.

OBJETIVOS

- 1.- Analizar las características anatómicas y funcionales del corazón de deportistas dedicados a la disciplina del canotaje.
- 2.- Relacionar las características anatómicas y funcionales del corazón de canoistas con grupo de sujetos sanos sedentarios, en reposo.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron prospectivamente dos grupos de sujetos sanos: el grupo I estuvo integrado por 13 deportistas de alto rendimiento (10 hombres y 3 mujeres), que practican canotaje (kayac y canoa), y que integran la Selección Mexicana de Canotaje, la que ha alcanzado resultados excelentes a nivel mundial, desde calificación en semifinales y finales, hasta conquistar medallas en campeonatos mundiales y panamericanos. El entrenamiento que realiza este grupo de deportistas tiene características predominantemente aeróbicas, aunque en ciertos periodos entrenan fuerza máxima y rápida, a través de esfuerzos de tipo anaeróbico. El entrenamiento diario es de 4-5 horas, 6-7 veces por semana y consta de remar 20 a 25 km (con diferentes intensidades), levantamiento de pesas (40-60 min) y carrera (5-10 km). La edad media de éste grupo fué de 20.9 ± 3.32 años, con área de superficie corporal media de 1.86 ± 0.13 m², (los datos individuales se pueden observar en la tabla I). El exámen médico deportivo realizado al inicio de un nuevo ciclo de preparación comprendió: historia clínica, biometría hemática, química sanguínea, urianálisis, espirometría, electrocardiograma de reposo y prueba de esfuerzo, determinación de la potencia anaeróbica, estudio kinantropométrico, teleradiografía de tórax en PA y lateral y ecocardiograma bidimensional.

La prueba de esfuerzo se realizó según el protocolo de Bruce, de siete etapas, o la Bruce agregada (cuando el deportista había terminado la séptima etapa). La prueba de esfuerzo se realizó en una banda sin fin marca Quinton 65 con un electrocardiógrafo computarizado Quinton-4000.

El consumo máximo de oxígeno en relación al peso corporal (como expresión de la máxima potencia aeróbica) $\dot{V}O_2$ máx/kg, se determinó de manera indirecta según el correspondiente del $\dot{V}O_2$ al nivel del esfuerzo máximo realizado en la prueba de Bruce.

El volumen cardíaco se evaluó a través del método telecardiográfico utilizando dos placas de tórax (PA y lateral), tomadas a una distancia foco-placa de 1.8 a 2.0 m, para medir los diámetros longitudinal (L) y basal (B), en la placa PA y el diámetro transverso (T) en la placa lateral (según la fig. 1).

Para la delimitación posterior del corazón se recomienda al paciente tomar un trago de bario en el momento en que se toma la placa lateral. La fórmula utilizada para obtener el volumen cardíaco²⁰ fué:

TABLA I

CARACTERISTICAS GENERALES, METABOLICAS Y HEMODINAMICAS DE DEPORTISTAS DEDICADOS AL CANOTAJE

Nº	SEXO	EDAD (años)	TALLA (cm)	PESO (Kg)	ASC (m ²)	VO2 (max/Kg ⁻¹)	VC (ml/Kg)	ICTx
1	M	20	181	68.4	1.88	74.5	15.4	0.41
2	M	17	165	73.4	1.80	70.5	11.9	0.41
3	M	20	171	78.2	1.91	68.5	16.7	0.45
4	M	25	175	82.0	1.96	61.6	18.3	0.49
5	M	21	189	82.7	2.12	54.7	13.8	0.41
6	M	29	163	62.2	1.67	61.6	16.7	0.38
7	F	20	177	76.0	1.93	55.0	13.3	0.42
8	F	17	165	64.4	1.71	59.4	13.9	0.44
9	M	25	174	77.5	1.92	50.0	15.0	0.39
10	M	18	173	73.6	1.87	61.6	13.7	0.39
11	F	19	161	59.2	1.62	68.5	14.4	0.39
12	M	18	187	76.5	2.01	61.6	13.7	0.39
13	M	19	174	76.2	1.91	65.2	15.4	0.49
	X	20.9	172.69	73	1.87	62.49	14.9	0.41
	SD	±3.32	±10.2	±7.3	±0.13	±6.64	±1.62	±0.03
	M	21.2	175.2	75.07	1.90	62.98	15.22	0.42
		±3.68	±8.0	±5.83	±0.11	±6.85	±1.71	±0.04
	F	18.6	167.6	66.5	1.75	60.9	13.86	0.41
		±1.24	± 6.79	± 7.02	±0.13	±5.62	±0.44	±0.02

ASC=Superficie corporal; VO2= consumo de oxígeno;
VC= volumen cardíaco; ICTx= índice cardiorrático.

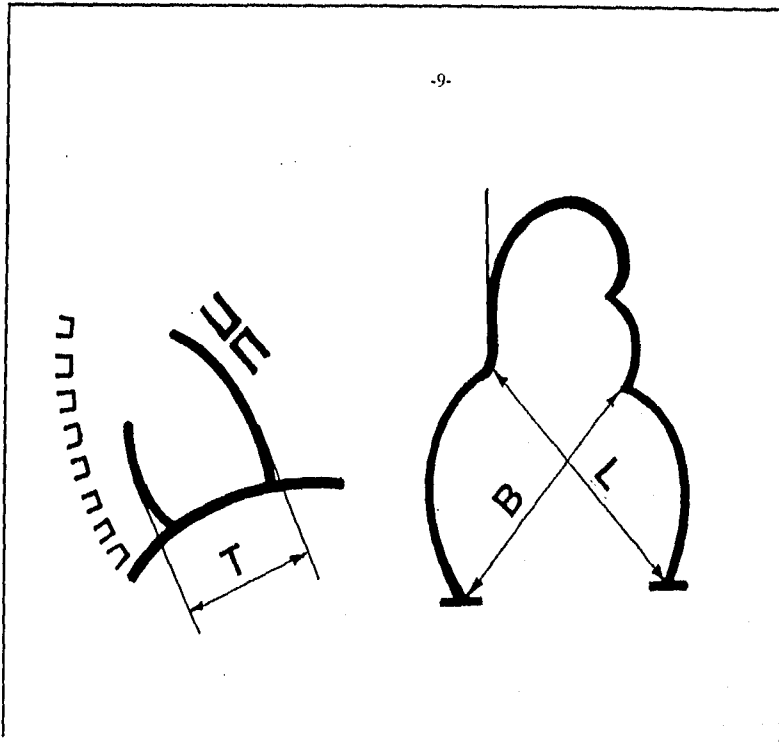


Fig. 1 Diámetros cardíacos utilizados en el cálculo del volumen cardíaco

$$VC = (L \cdot B \cdot T) 0.53$$

Los resultados se reportan tanto como VC absoluto, así como VC en relación con el peso corporal (VC/Kg).

En el presente estudio se analizan únicamente los trazos electrocardiográficos en reposo y esfuerzo, el ecocardiograma bidimensional y las teleradiografías de tórax para determinar el volumen cardíaco^{20,21} y el índice cardiotorácico.²²

El grupo II estuvo integrado por 16 sujetos sanos sedentarios cuyos criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Encontrarse asintomático al momento del estudio.
- Examen físico cardiovascular normal
- Electrocardiograma de reposo normal.

La edad media del grupo II fué de 35.6±10.4 años y su área de superficie corporal fué de 1.87±0.13 m².

A todos los sujetos se les realizó un ecocardiograma bidimensional, con un ecocardiógrafo marca Hewlett-Packard Sonos 1000, con transductor de 2.5 Mhz acoplado a sistema Doppler en todas sus modalidades. Se obtuvieron imágenes en eje largo paraesternal cuidando que la incidencia del haz ultrasónico fuera perpendicular al ventrículo izquierdo²³ (fig 2), eje corto paraesternal y aproximación apical de cuatro cámaras. Se midieron los espesores del septum interventricular (SIV) y de la pared posterior (PP) del ventrículo izquierdo, las dimensiones de su cavidad en diástole y sístole así como los diámetros de la raíz de la aorta y de la aurícula izquierda, siguiendo los lineamientos recomendados por la Sociedad Americana de Ecocardiografía (SAE)²⁴ (fig. 3). La relación h/r se calculó²⁵ mediante un eje corto paraesternal a nivel de los músculos papiíares, midiendo con el lápiz electrónico el área epicárdica (A1) y área endocárdica (A2) en diástole (fig. 4). Esta operación se repitió durante 3 latidos y los valores se promediaron. Se calculó el radio de cada área trazada (r1, r2, r3 y r4 respectivamente), mediante la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

Con el valor del radio se calculó el espesor diastólico de la pared ventricular:

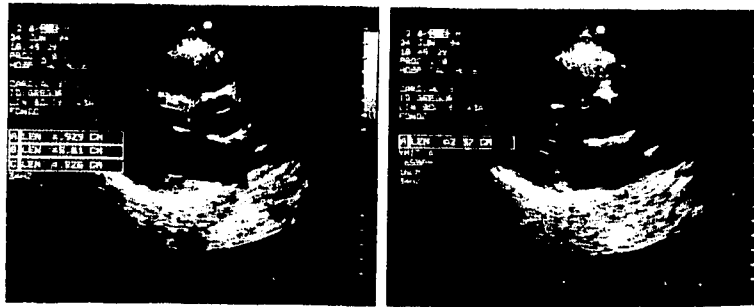


Fig. 2 Ecocardiograma 2D. Eje largo paraesternal . A la izquierda : Medidas del SIV y PP del ventrículo izquierdo así como su diámetro diastólico. A la derecha: Cuantificación del diámetro sistólico. Técnica recomendada por la Sociedad Americana de Ecocardiografía.

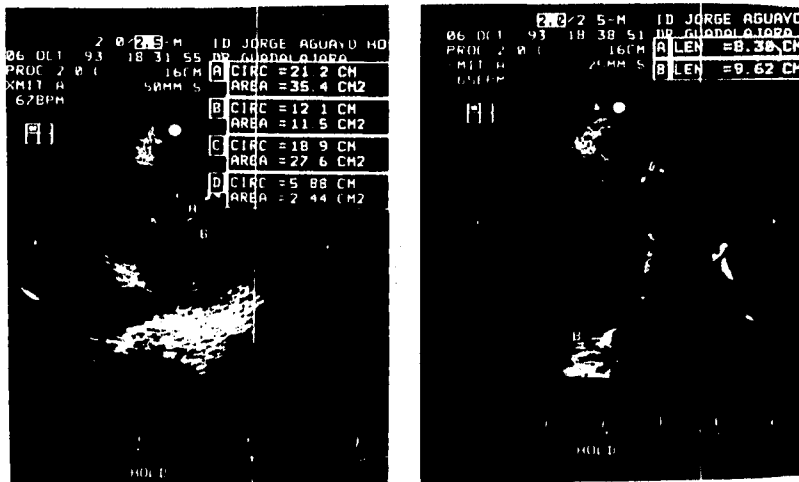


Fig. 3 Cálculo de la masa ventricular izquierda según las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía.

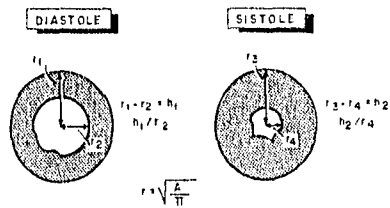


Fig. 4 Cálculo de la relación grosor/radio en diástole (h_1/r_2) y en sístole (h_2/r_4).

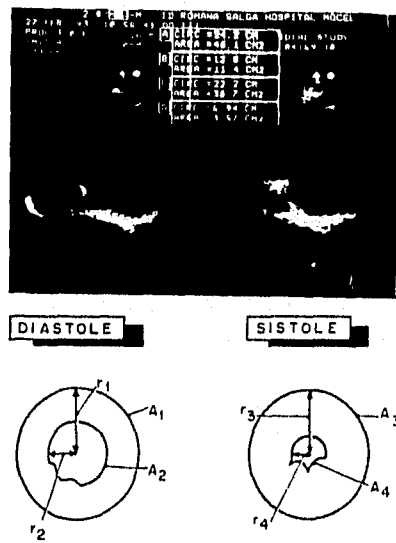


Fig. 5 Ecocardiograma 2D. Eje corto paracostal en diástole y sístole. Arriba: Medidas del área epicárdica y endocárdica en diástole (A_1/B) y en sístole (A_3/D). Abajo: Cálculo del radio de cada una de las áreas.

$r1 - r2 = h1$ y se promedió el valor de 3 latidos.

El valor del espesor (grosor) diastólico de la pared ($h1$) se dividió entre el radio de la cavidad ($r2$) para obtener la relación grosor/radio en diástole ($h1/r2$) (fig.5). El cálculo del espesor sistólico de la pared ventricular ($h2$) de cada latido se logró mediante la siguiente diferencia: $r3 - r4$ y se promedió el valor obtenido en 3 latidos. La relación entre el grosor de la pared ($h2$) y el radio de la cavidad ($r4$) constituyó la relación grosor/radio en sístole ($h2/r4$) (fig. 5). A todos los sujetos se les realizó registro de presión arterial sistémica mediante un esfigmomanómetro de mercurio para calcular el estrés meridional sistólico (S) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S = [PsAo (A4)/A3-A4] (1.35)$$

donde PsAo = presión sistólica aórtica. La constante 1.35 se utilizó para convertir mmHg en g/cm^2 .²⁶

La determinación de la masa ventricular se realizó utilizando el método de área longitud (AL) propuesto por la SAE.²³ (fig. 5).

Masa ventricular izquierda:

$$(AL) = 1.05 \{ 5/6 [A1 (a+d+t)] - 5/6 [A2 (a+d)] \}$$

donde : A1 corresponde a el área epicárdica en diástole (eje paraesternal corto); A2 es el área endocárdica en diástole (eje paraesternal corto); a+d corresponden a la distancia medida desde el anillo mitral hasta el endocardio apical en la aproximación apical de cuatro cámaras, y t corresponde al espesor diastólico de la pared ventricular ($h1$).

La fracción de expulsión se calculó mediante el método de Simpson modificado.²⁷

El gasto y el índice cardíacos se calcularon con la computadora integrada al equipo Hewlett Packard Sonos 1000.

Finalmente, en todos los sujetos se midió la altura de las ondas E y A del flujo de entrada al ventrículo izquierdo, obtenida mediante Doppler pulsado; así mismo, se midió el tiempo de relajación isovolumétrica, para valorar la función diastólica.

RESULTADOS

En la tabla I se detallan las características individuales de los 13 deportistas que integraron el grupo I (canotaje). Como puede observarse la potencia máxima aeróbica, expresada por el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2 \text{ max/kg}^{-1}$) determinado indirectamente, fué en varones de: $62.98 \pm 6.85 \text{ ml O}_2/\text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$, con valores extremos de 74.5 ml/kg^{-1} y 50.0 ml/kg^{-1} . Para las mujeres, el $\dot{V}O_2$ máximo fué de $60.9 \pm 5.6 \text{ ml O}_2/\text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$. Por su parte, el volumen cardíaco promedio en varones, expresado en valores absolutos fué de 1145.8 ml , y en valores relativos al peso corporal fué de $15.2 \pm 1.71 \text{ ml/kg}$. En mujeres, los valores medios del VC absoluto y relativo se encontraron en 919 ml y $13.86 \pm 0.99 \text{ ml/kg}$, respectivamente.

En la tabla II se puede observar que, aunque hubo diferencia significativa entre ambos grupos en cuanto a la edad, no existe diferencia significativa en lo que se refiere a su área de superficie corporal, frecuencia cardíaca y presión arterial sistólica; por otra parte, la presión arterial diastólica fué discretamente mayor en el grupo de canotaje en comparación con el grupo de sedentarios, con un valor de $p = 0.02$.

En la tabla III se presentan las cifras absolutas de las dimensiones de la aurícula izquierda, y de la aorta, los diámetros de la cavidad ventricular izquierda tanto en sístole como en diástole, los espesores diastólicos del septum y de la pared posterior, así como el acortamiento porcentual. Resalta el hecho de que las cifras son muy similares en ambos grupos, con diferencias estadísticamente significativas sólo en el diámetro del ventrículo izquierdo en sístole, en el espesor diastólico de la pared posterior (que son mayores en el grupo de canotaje) y en el acortamiento porcentual (que es mayor en el grupo de sedentarios).

En la tabla IV se resumen los valores obtenidos en lo referente a las áreas epicárdicas y endocárdicas en diástole (A1 y A2) y en sístole (A3 y A4), el radio derivado de dichas áreas diastólicas (r_1 y r_2) y sistólicas (r_3 y r_4), así como el espesor de la pared en diástole (h_1) y en sístole (h_2) [todos estos valores con diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos].

En la tabla V se muestra la relación del espesor de la pared (h_1) y el radio de la cavidad (r_2) en diástole (h_1/r_2) y en sístole (h_2/r_4), sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos; y lo mismo sucede con los diámetros longitudinales del

ventriculo izquierdo en diástole (L1) y sistole (L2); mientras que por su parte, la delta y el porcentaje de h/r si mostraron diferencias significativas (en ambos casos la $p < 0.005$); con valores absolutos mayores en el grupo de sedentarios. Por otro lado, el estrés parietal sistólico fué menor en el grupo de sedentarios en comparación con el

TABLA II

RELACION DE PARAMETROS CLINICOS ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
Edad (años)	20.9±3.3	35.6±10.4	0.001
ASC (m ²)	1.87±0.13	1.86±0.13	NS
FC (l/min)	74.2±16.7	64.6±8.9	NS
PAS (mm/Hg)	114.1±5.89	108.7±10.8	NS
PAD (mm/Hg)	77.4±6.60	71.5±6.7	0.02

ASC= area de superficie corporal; FC= frecuencia cardíaca
PAS= presión arterial sistólica; PAD= presión arterial diastólica; P <= significancia estadística; NS= no significativo.

TABLA III

RELACION DE DIMENSIONES ECOCARDIOGRAFICAS Y FUNCIONALES
ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
AI (mm)	32.2±3.4	32.1±3.8	NS
AO (mm)	27.5±2.3	27.6±2.4	NS
AI/AO(mm)	1.16±9.6	1.16±0.15	NS
DdVI (mm)	46.4±2.9	45.4±3.0	NS
DsVI (mm)	29.5±2.1	26.8±3.6	0.017
SIV (mm)	9.9±1.3	9.4±0.9	NS
PP (mm)	9.6±1.3	8.4±0.8	0.01
AP (%)	35.8±4.3	41.0±6.8	0.02

DdVI= diámetro telediastólico del VI; DsVI= diámetro telesistólico del VI; SIV= septum interventricular en diástole; PP= pared posterior del VI en diástole; AI= aurícula izquierda; AO= aorta; AI/AO= relación aurícula izquierda/aorta; AP= acortamiento porcentual; P <= significancia estadística; NS= no significancia.

grupo de canotaje ($p = 0.04$) y la masa ventricular izquierda fué mayor en el grupo de canotaje, diferencia que se acentúa cuando el resultado se corrige de acuerdo a la superficie corporal ($p = 0.001$).

En la tabla VI se detallan los resultados obtenidos en lo que se refiere a gasto cardíaco, índice cardíaco, volúmenes ventriculares diastólico y sistólico, gasto sistólico, relación masa/volumen del ventrículo izquierdo y fracción de expulsión. Se encontró diferencia estadísticamente significativa en el gasto e índice cardíaco y en el volumen telediastólico del VI; sin embargo, sin diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a volumen telesistólico, gasto sistólico y relación masa/volumen.

En la tabla VII se analiza el comportamiento de la función diastólica en ambos grupos, y resalta el hecho de que, a pesar de tratarse de dos grupos con edades diferentes, la única diferencia estadísticamente significativa se encontró en cuanto a la altura de la onda E ($p=0.001$), sin diferencias en la altura de la onda A, en la relación E/A, ni en el tiempo de relajación isovolumétrica.

TABLA IV

RELACION DE DIMENSIONES ECOCARDIOGRAFICAS PARA LA MEDICION DEL GROSOR/RADIO DEL VENTRICULO IZQUIERDO ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
A1 (cm ²)	34.4±2.7	30.8±4.0	0.01
A2 (cm ²)	15.9±1.4	14.5±2.1	0.05
A3 (cm ²)	30.0±3.0	25.8±2.6	0.001
A4 (cm ²)	6.8±0.7	5.59±1.00	0.002
r1 (cm)	3.3±0.13	3.1±0.17	0.002
r2 (cm)	2.2±0.10	2.1±0.15	0.04
r3 (cm)	3.0±0.12	2.8±0.18	0.001
r4 (cm)	1.5±0.15	1.32±0.12	0.001
h1 (cm)	1.06±0.1	0.96±0.06	0.005
h2 (cm)	1.55±0.15	1.51±0.2	NS

A1= área epicárdica en diástole; A2= área epicárdica en diástole;
A3= área epicárdica en sistole; A4= área endocárdica en sistole;
r1= radio epicárdico en diástole; r2= radio endocárdico en diástole;
r3= radio epicárdico en sistole; r4= radio endocárdico en sistole;
h1= espesor de la pared en diástole; h2 espesor de la pared en sistole;
P significancia estadístico: NS no significancia.

TABLA V

RELACION GROSOR/RADIO EN DIASTOLE Y SISTOLE DEL VENTRICULO IZQUIERDO Y PARAMETROS FUNCIONALES CARDIOVASCULARES ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
h1/r2	0.46 ±0.05	0.44 ±0.04	NS
h2/r4	1.08 ±0.08	1.17 ±0.02	NS
Δ h/r	0.62 ±0.09	0.72 ±0.01	0.004
% h/r	57 ±5.5	61 ±5.0	0.03
L1	8.01 ±0.76	7.63 ±0.51	NS
L2	5.9 ±0.95	5.5 ±0.53	NS
MVI (gr)	160.9 ±27.0	130.7 ±16.4	0.002
MVI/ASC(gr/mt ²)	86.1 ±13.1	69.6 ±8.0	0.001
S (gr/cm ²)	49.2 ±11.2	40.8 ±9.6	0.04

L1= diámetro longitudinal del ventriculo izquierdo en diástole;
 L2= diámetro longitudinal del ventriculo izquierdo en sístole;
 Δ h/r= delta de h/r; MVI= masa ventricular izquierda; S= estres sistolico de la pared ventricular; % = porcentaje de h/r;
 h1/r2= relación h/r en diástole; h2/r4= relación h/r en sístole;
 MVI/ASC= masa ventricular izquierda corregida de acuerdo a área de superficie corporal.

TABLA VI

RELACION DE PARAMETROS FUNCIONALES CARDIOVASCULARES ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
GC (lt/min)	5.5 ±1.5	3.9 ±0.93	0.004
IC (lt/min/m ²)	2.95 ±0.83	2.09 ±0.51	0.005
VD (cc)	111.7 ±20.5	92.0 ±16.2	0.008
VS (cc)	37.2 ±11.8	31.2 ±8.3	NS
GS	66.5 ±19.1	61.5 ±13.5	NS
MV/VD	1.45 ±0.22	1.43 ±0.15	NS
FE (%)	66.9 ±7.9	66.1 ±6.2	NS

GC= gasto cardíaco; IC= índice cardíaco; VD= volumen telediastólico ventricular izquierdo; VS= volumen telesistólico ventricular izquierdo; GS= gasto sistólico; MV/VD= masa ventricular izquierda/volumen telediastólico; P < = significancia estadística; NS= no significancia; FE= fracción de expulsión.

TABLA VII

RELACION DE PARAMETROS QUE DETERMINAN LA FUNCION DIASTOLICA
DEL VENTRICULO IZQUIERDO ENTRE GRUPO DE CANOTAJE Y
SEDENTARIOS

	GRUPO I (canotaje)	GRUPO II (sedentario)	P <
TRI	0.49±0.33	0.60±0.35	NS
Onda A	3.45±2.73	5.01±1.1	NS
Onda E	4.89±2.66	9.09±2.27	0.001
Rel E:A	1.9±0.86	1.91±0.68	NS

TRI= tiempo de relajación isovolumétrica; Onda E= altura de la onda E;
Onda A= altura de la onda A; rel E:A= relación entre las ondas E y A.

DISCUSION

CARACTERISTICAS DE LOS SUJETOS ESTUDIADOS

En éste estudio se tuvo especial cuidado de comparar las medidas ecocardiográficas y signos vitales en sujetos sedentarios sanos con una superficie corporal semejante a la de los deportistas estudiados en un intento de que las mediciones, cálculos de parámetros estructurales y condiciones funcionales del corazón, no fueran influidas por la talla o el peso de alguno de los grupos en cuestión.

Hubo diferencia estadísticamente significativa en lo referente a la edad (siendo mayor en el grupo sedentario); y en la presión diastólica (que fué mayor en el grupo de deportistas, aunque siempre dentro de los límites normales). El resto de las características antropométricas fué similar para ambos grupos (tabla II).

REMODELACION VENTRICULAR

Se entiende por remodelación ventricular a los cambios que experimenta el corazón en su masa, volumen y relación entre ambas en respuesta a la imposición de nuevas condiciones de trabajo.²⁸ En el grupo de deportistas de alto rendimiento, el tipo de ejercicio realizado de gran intensidad tanto de tipo aeróbico como anaeróbico practicado diariamente por un tiempo no menor de tres años, impone sin duda nuevas condiciones de trabajo al corazón que inducen la aparición de un proceso de remodelación adaptativa en un intento de incrementar el rendimiento cardíaco ante el importante aumento de las demandas metabólicas del músculo esquelético, condicionadas por éste deporte.

En el ecocardiograma tradicional solo se encontró un cambio significativo que fué el espesor de la pared posterior de mayor magnitud en los deportistas; sin embargo, cuando se compararon las áreas y radios obtenidos en el eje corto paraesternal se observó que todos eran mayores en los atletas (tabla IV) hecho que se reflejó en el incremento significativo de la masa ventricular, tanto en su valor absoluto como cuando se corrige para la superficie corporal (tabla V) y de volumen diastólico (tabla VI); sin embargo, la relación h/r en diástole es similar a la encontrada en los sujetos sedentarios (tabla V), igual comportamiento observó la relación masa/volumen (tabla VI). Por lo tanto, puede concluirse que en éste tipo de deportistas existe un aumento significativo del volumen

diastólico que es el responsable del aumento del radio de la cavidad ventricular y ello se acompaña de un incremento concordante de la masa ventricular y es por ello que la relación h/r en diástole y la relación masa/volumen tienen valores similares a los encontrados en los sujetos sedentarios sanos, o sea, que el proceso de remodelación ventricular se caracteriza por la presencia de hipertrofia adecuada y por lo tanto adaptativa, ya que al aumentar el espesor de la pared en forma concomitante al radio de la cavidad el estrés diastólico permanece constante.

FUNCION DEL CORAZON

La función del corazón de los atletas estudiados en reposo resultó normal a juzgar por los valores obtenidos en el acortamiento porcentual (tabla III), engrosamiento sistólico ($h2/r4$) (tabla V), ante una presión sistólica similar (tabla II) y fracción de expulsión (tabla VI). Sin embargo, la eficiencia del corazón es definitivamente mayor en el reposo en el grupo de atletas a juzgar por el aumento significativo del gasto e índice cardíaco en relación con los sujetos sedentarios (tabla VI); ello traduce la utilización del mecanismo de Frank-Starling, en el cual al aumentar los volúmenes ventriculares, se aumenta el gasto cardíaco aún cuando no haya cambios en la frecuencia cardíaca (tabla II), ni en la fracción de expulsión (tabla VI); si bien es cierto que este mecanismo aumenta el gasto cardíaco a través de aumentar el gasto sistólico, en éste grupo de sujetos estudiados no se demostró significancia estadística de ese parámetro, aún cuando la cifra encontrada tiende a TENER UN MAYOR VALOR EN LOS ATLETAS que en los sedentarios.

COMPORTAMIENTO DE LA POST-CARGA

El estrés sistólico meridional resultó aumentado en los atletas estudiados en comparación a los valores normales (tabla V) hecho que traduce un incremento en la post-carga²⁶. Ello se debe a que el radio (tabla IV), el diámetro (tabla III) y el volumen sistólico están aumentados (tabla VI) aún cuando en éste último no existe significancia estadística; la razón por la que el estrés sistólico fué mayor que el encontrado en los sedentarios ($\Delta h/r$ y porcentaje de cambio de h/r) [tabla V] y ello explica que el diámetro sistólico de los atletas (tabla III), así como el área y el radio de la cavidad ventricular izquierda en sístole (tabla IV), sean mayores en el grupo de atletas. Aún cuando el volumen sistólico no mostró significancia estadística con el encontrado en los sujetos

sanos sedentarios, si se observa en cifras mayores (tabla VI) y este hecho también explica que el acortamiento porcentual sea menor en los atletas que en los sedentarios (tabla III).

La explicación de estos hallazgos se encuentra en el incremento de los volúmenes ventriculares (especialmente en el volumen diastólico); en efecto, el aumento del volumen diastólico hace que para mantener un acortamiento porcentual y una fracción de expulsión normales no se requiera mayor incremento en el inotropismo que se traduciría en mayor engrosamiento y menor reducción del radio de la cavidad.

LA HIPERTROFIA MIOCÁRDICA

Como ya se mencionó previamente, estos atletas presentan hipertrofia ventricular izquierda adecuada. El mecanismo involucrado en la génesis de la hipertrofia posiblemente este determinando por el aumento del estrés parietal en sístole; en efecto, dentro de los mecanismos involucrados para generar hipertrofia ventricular se encuentra el aumento del estrés parietal²⁹ que es el mecanismo gatillo fisiológico para generar hipertrofia, pero que también en condiciones anormales como lo son las sobrecargas hemodinámicas, tanto de presión, que incrementa el estrés sistólico, como de volumen, en los que algunas aumentan tanto el estrés diastólico, como sistólico y por este mecanismo generan hipertrofia. Este mecanismo adaptativo permite al corazón aumentar su rendimiento funcional a pesar de que el corazón se contrae en contra de una mayor resistencia o desplaza una mayor cantidad de volumen, sin que aumente el MVO_2 ,³⁰ en este tipo de atletas la hipertrofia miocárdica tiene la función de aumentar el rendimiento cardíaco sin aumentar el costo metabólico de la función y la hipertrofia es perfectamente concordante con el aumento del volumen ventricular, por lo cual es un tipo de hipertrofia fisiológica.³¹

FUNCION DIASTOLICA

Los resultados de la tabla VII demuestran que no hubo diferencias importantes en los parámetros utilizados para valorar la función diastólica; de tal manera que, las pocas diferencias observadas entre ambos grupos fueron aquellas producidas por el promedio de edad mayor en el grupo de sedentarios, como lo demuestra la presencia de una onda A más alta en el grupo II en comparación con los deportistas aún cuando esta diferencia no resultó estadísticamente significativa

LA FUNCION VENTRICULAR DURANTE EL EJERCICIO

Para apreciar los resultados obtenidos en cuanto al consumo máximo de oxígeno/kg, se debe considerar el hecho de que la evaluación de la potencia aeróbica se realizó a la altitud de 2240 m sobre el nivel del mar, por lo que, para poder realizar comparaciones válidas, se debe equiparar con el $\dot{V}O_2$ max al nivel del mar, que es aproximadamente un 10% mayor que a la altitud de la ciudad de México; de esta manera, se podría considerar que el $\dot{V}O_2$ max al nivel del mar de nuestro grupo de hombres sería de $69.3 \pm 6.3 \text{ ml/O}_2/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ y de $67.0 \pm 5.6 \text{ ml/O}_2/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ para el grupo de mujeres.

Neumann²² encontró al nivel del mar en canoistas varones de alto rendimiento, valores de $\dot{V}O_2$ max/kg⁻¹ entre 60-68 ml O₂/min⁻¹/kg⁻¹, que son muy parecidos a los encontrados en nuestro estudio, por lo que se puede considerar que el grupo de deportistas estudiados se sitúa en este aspecto funcional en el rango más elevado de la jerarquía mundial; de hecho, algunos meses después de realizado el estudio, varios atletas del grupo analizado obtuvieron lugares privilegiados en un campeonato mundial (entre tercero y doceavo lugares), mostrando así un nivel competitivo excepcional.

Szögy y Cherebetiu⁵ encontraron cifras de $\dot{V}O_2$ max en varones que practicaban kayak y canoa de 53-55 ml O₂ min⁻¹/kg⁻¹, que se sitúan muy por debajo de nuestros resultados; sin embargo, debe tomarse en consideración que sus investigaciones fueron realizadas hace 21 años, tiempo en que el progreso en preparación deportiva ha sido muy grande.

Algunos autores reportan el consumo máximo de oxígeno absoluto (no en relación al peso corporal). Así pues, Shephard² encontró en canoistas varones de alto nivel competitivo un $\dot{V}O_2$ max de 4500 ml.min⁻¹, Vacareanu²⁰ en 1984 en un equipo nacional varonil de kayak-canoa de USA reportó $\dot{V}O_2$ max de 4700 ml/min⁻¹ y Heller encontró valores de 5200 ml/min⁻¹. En nuestro grupo, como ya mencionamos, el $\dot{V}O_2$ max absoluto fue de 4746 ml O₂/min⁻¹ (correspondiente al nivel del mar a 5220 ml O₂/min⁻¹), situándose así en un nivel superior, arriba de los resultados reportados por los autores mencionados.

Desafortunadamente no encontramos en la literatura de especialidad datos sobre el $\dot{V}O_2$ max en kayak de mujeres, pero consideramos que los resultados obtenidos en el campeonato mundial, posterior a nuestra evaluación (octavo lugar mundial) refleja el alto nivel de potencia aeróbica. Sin embargo, podemos comparar nuestros resultados, con los obtenidos por Neumann² en remo mujeres (deporte muy semejante al kayak, en cuanto a la preparación aeróbica) que varían de 60 a 64 ml/02/min⁻¹/kg⁻¹; siendo muy semejante a los que se encontró en éste estudio.

VOLUMEN CARDIACO

El volumen cardíaco promedio en varones expresado en valores absolutos, fué de 1145.8±128.2 ml y en valores relativos al peso corporal de 15.2±1.71ml/kg. En mujeres, los valores promedio del VC absoluto y relativo se encontraron de 919±29.3 ml y 13.86±0.44ml/kg respectivamente.

Numeros autores^{1,4,6,9,21,32} constatan muy estrecha correlación entre el resultado competitivo en deportes y pruebas aeróbicas y el volumen cardíaco. El crecimiento del volumen cardíaco a través de largos periodos de entrenamiento aeróbico o mixto, se debe considerar un fenómeno adaptativo por el cual se obtiene un incremento de la economía cardiovascular de esfuerzo. El VC/kg de dimensiones normales varía entre 10-11 ml/Kg en hombres y entre 9-10 ml/Kg en mujeres.^{6,4,21,32} La "dilatación regulativa"²¹ del corazón sano que se obtiene con el entrenamiento aeróbico, requiere de un cierto volumen de entrenamiento acumulado en muchos años de entrenamiento. Si el crecimiento promedio del VC/Kg fué en el grupo de varones estudiado por nosotros de 38% en comparación con el VC/Kg del sujeto no entrenado, observamos que en algunos casos la magnitud del aumento del volumen se relaciona fuertemente con el número de años de entrenamientos intensivos (A. Morales con 11 años de entrenamientos y un crecimiento del VC/Kg de

.51.8%, J.A. Romero con 9 años de actividad deportiva de alto rendimiento y 66.4% de incremento en el VC/Kg).

En la literatura de especialidad no abundan los estudios sobre el VC en canotaje (kayac-canoa); sin embargo, hemos encontrado que los datos de Rost y Hollmann³¹ son cercanos a los encontrados en nuestro grupo de varones (VC = 1000 ml en un grupo de canoistas de alto rendimiento). Así mismo; Szögy y Cherebetiu⁶ determinan con el mismo método que nosotros, un VC de 1100 ml y VC/Kg de 12.3 ml en canoistas olímpicos rumanos, mientras que Calderon y Cherebetiu³⁴ encuentran en remeros mexicanos un VC de 1032 ml y un VC/Kg de 12.9ml.

En mujeres no hemos encontrado estudios sobre el volumen cardíaco en canotaje. Nuestro grupo, es también muy reducido y no tiene valor estadístico, sin embargo, mencionamos que el incremento promedio del VC/Kg en comparación con mujeres no deportistas, fué de 38%, igual que en el grupo de varones.

LIMITACIONES E IMPLICACIONES DEL ESTUDIO

La limitación del estudio es el hecho de que la muestra de deportistas de alto rendimiento estudiada es muy pequeña (n=13), ello es debido a que en nuestro país existen pocos canoistas que cumplen con las características necesarias para considerarlos como atletas de alto rendimiento en ésta disciplina.

Los datos analizados en éste estudio constituye una base de comparación con los estudios obtenidos de otros deportes; así mismo, son una referencia en la literatura para el análisis de las características cardiovasculares específicas de este grupo de deportistas (canoistas).

CONCLUSIONES

- 1.- En este grupo de deportistas de alto rendimiento estudiado, no se demostró diferencia significativa entre las dimensiones de cavidades cardiacas en relación al grupo de sedentarios.
- 2.- Se demostró que el VS de los deportistas fué mayor que el de los del grupo sedentario, hecho que constituye su reserva funcional.
- 3.- No se observó diferencia estadísticamente significativa en la función diastólica entre ambos grupos .

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

-29-

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Astrand PO, Rodahl K: Textbook of Work Physiology. New York. Mc Graw-Hill, 1986; 169, 173-174, 331-333.
- 2.- Shephard RJ, Astrand PO: Endurance in Sport. London Blackwell Scientific Publications. 1992; 189-200, 278-279, 420-432, 557-558.
- 3.- Mc Ardle W, Katch F, Katch Y: Excercise Physiology. Philadelphia, Lea and Febiger. 1981; 229-231.
- 4.- Rost R: Athletics and the heart. Eur Heart J 1982; 3(suppl A): 193-198.
- 5.- Szögy A, Cherebetiu G: Minutentest auf dem fahrradergometer zur bestimung der anaeroben Kapazität Eur J Appl Physiol 1974; 33: 171-176.
- 6.- Szögy A, Cherebetiu G: Herzvolumenaspecte bei hochleistungssportlern. Sportarzt und Sportmedizin 1972; 23:170-174.
- 7.- Park Rc, Crawford Mh: Heart of the athlete. Year Book Medical Publishers Inc. 1985; 17-24.
- 8.- Shapiro LM: Consecuencias morfológicas del entrenamiento sistemático. En: "Clínicas Cardiológicas de Norteamérica". México, New York, Paris. Interamericana. Mc Graw-Hill, 1992; 227-233.
- 9.- Rost R: Corazón del deportista, perspectivas históricas. En: "Clínicas Cardiológicas de Norteamérica". New York. Edición Interamericana. Mc Graw-Hill, 1992; 2: 205-210.

- 10.- Serra Grima Jr: Corazón atlético y técnicas de exploración. Ap Med Dep 1978; 15: 89-91.
- 11.- Raskoff WJ, Goldmans, Kohn K: The athletic heart. JAMA 1976; 1: 236-239.
- 12.- Dal Monte A, Faccini P, Colli R: Canoeing. En: Shephard RS, Astrand PO. "Endurance in Sport". Volume II of the Encyclopedia of Sports Medicine An IOC Medical Commission Publication. Oxford. Blackwell Scientific Publications. 1992; 550-562.
- 13.- Sidney KH, Shephard RJ: Physiological characteristics and performance of the white-water paddler. Eur J Appl Physiol 1973; 32: 55-70.
- 14.- Armand JC: Surveillance medicale de l'entrainement d'une equipe de canoe kayak de haut niveau de performance. MD thesis, Université de Paris Ouest. 1983.
- 15.- Björnstad H, Smith G, Stortin L, Dyremoen H, Hals O: Electrocardiographic and Echocardiography Findings in Top Athletes, Athletic Students and Sedentary Controls. Cardiology 1993; 82: 66-74.
- 16.- Takemoto K, Bernstein L, Lopez Jf, Marshak D, Rahimtoola H, Chandraratna PAN: Abnormalities of diastolic filling of the left ventricle associated with aging are less pronounced in exercise trained individuals. Am Heart J 1992; 124: 143.
- 17.- Schairer Jr, Stein Pd, Keteyian S, Fedel F, Ehrman J, Alam M, et al: Left ventricular response to submaximal exercise in endurance-trained Athletes and Sedentary Adults. Am J Cardiol 1992; 70: 930-933.
- 18.- Schairer JR, Keteyian S, Henry JW, Stein P: Left ventricular wall tension and stress during exercise in athletes and sedentary men. Am J Cardiol 1993; 71: 1095-1098.

- 19.- Spirito P, Pellicia A, Proschan Mh, Granata M, Spataro A, Bellone P, et al: Morphology of the "Athlete's Heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. Am J Cardiol 1994; 74: 802-806.
- 20.- Vacareanu, Friedman G: L'integration de quelques formules pour calculer le volume du coeur. Cor et Vasa 1965; 7: 150-155.
- 21.- Reindel H: Das Sporthertz. Ergebninn med Kinderh 1954; 5: 306-309.
- 22.- Braunwald E: Radiology of the Heart. En: Steiner RM, Levin DC. "Heart Disease". Fourth edition. Phyladelphia, PA. WB Saunders Company, 1992; 204-234.
- 23.- Schiller NB, Shan PM, Crawford M, et al: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. J Am Soc Echocardiogry 1989; 2: 357-367.
- 24.- Henry WL, De Maria A, Gramick R, et al: Report of the American Society of Echocardiography Committe on nomenclature and standards in two-dimensional echocardiography. Circulation 1980; 62: 212-217.
- 25.- Guadalajara JF, Martinez C, Gutierrez E, et al: La relación grosor/radio (h/r) del ventriculo izquierdo en sujetos sanos. Arch Inst Cardiol Mex 1989; 59: 293-300.
- 26.- Grossman W, Braunwald E: The left ventricular end systolic stress-shortening and stress-length relations in humans. Am J Cardiol 1982; 50: 1301-1308.
- 27.- Wahr DW, Wang YS, Shiller NB: Left ventricular volume determined by two-dimensional echocardiography in normal adult population. J Am Coll Cardiol 1983; 81: 863-868.

- 28.- Pfeffer MA, Braundwald E: Ventricular remodeling after myocardial infarction. Chest 1978; 73: 843-849.
- 29.- Crozatier B: Mechanical adaptation to ventricular over loads: experimental studies in the in situ heart. En: Swynghedauw. "Cardiac Hypertrophy and Failure" London, Paris. John Libbey Eurotext, 1990.
- 30.- Weber KT, Janicki JS: Myocardial oxygen consumption the role of wall force and shortening. Am J Physiol 1977; 233: H421-30.
- 31.- Gaasch WH: Left ventricular radius to wall thickness ratio. The American Journal of Cardiology June 1979; 43: 1189-1194.
- 32.- Neumann G: Special performance capacity. En: Dirix A, Kruhen HG, Tihel K. "The Olympic book of Sports Medicine". Vol I Oxford. Blackwell Scientific Publications. 1988; 97-108.
- 33.- Rost R, Hollmann W: Cardiac Problems in endurance sports. En: Shephard RJ Artrand PO. "Endurance in sport". London. Blackwell Scientific Publications. 1992; 438-440.
- 34.- Calderon J, Cherebetiu G: Volumen cardiaco en deportistas mexicanos de mediano y alto rendimiento. Rev. Ciencias y Cultura Física (SEP) 1984; 1: 17-19.