

Adaptación cardiaca de los espesores y del volumen del ventrículo izquierdo para distintos tipos de entrenamiento

ALEJANDRO LEGAZ ARRESE (1),
ENRIQUE SERRANO OSTARIZ (1),
JUAN JOSÉ GONZÁLEZ BADILLO (2).

(1) Departamento de Fisiología
y Enfermería de la Universidad
de Zaragoza. (2) Centro Olímpico
de Estudios Superiores,
Comité Olímpico Español

CORRESPONDENCIA:

Alejandro Legaz Arrese
Departamento de Fisiología y Enfermería
Universidad de Zaragoza
C/ Domingo Miral 30, 2º izq.

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2000; 134: 5-12

RESUMEN. Morganroth y cols. (1975) formularon el factor diferencial del tipo de entrenamiento sobre la viscera cardiaca: "en aquellos atletas que practican deportes estáticos se produce una hipertrofia cardiaca y en los que entrenan de forma dinámica se produce una dilatación cardiaca. En la actualidad los resultados encontrados son contradictorios.

135 atletas clasificados de acuerdo a su mejor Puntuación IAAF fueron distribuidos en las diferentes pruebas (desde 100 metros hasta maratón). Un estudio ecocardiográfico fue llevado a cabo para cada atleta mediante un aparato de ecocardiografía (Toshiba SSH-140^o; Toshiba Medical System S.A., España), que incorpora imagen mono y bidimensional y Doppler pulsado, continuo y codificado en color. Las variables ecocardiográficas medidas fueron: la dimensión diastólica del ventrículo izquierdo (DVID), la pared posterior del ventrículo izquierdo (PP) y el septo interventricular (SIV).

El DVID es significativamente más elevado en las pruebas de mediofondo y fondo que en las de velocidad. No se encuentran variaciones entre las diferentes pruebas para la PP y el SIV. El promedio de DVID es más elevado en nuestros atletas que en los informados en otros estudios, un 23,5% de los atletas que compiten en distancias superiores a los 800 metros tuvieron un DVID > 59,5 mm; los valores de la PP y del SIV no son más elevados que los encontrados en otros estudios.

PALABRAS CLAVE: ecocardiografía, adaptación, dilatación, hipertrofia.

SUMMARY. Morganroth et al (1975) formulated the differential factor of the type of training on the heart viscera: "among athletes who practice static sports, hypertrophy is induced and among those who train in a dynamic way, dilatation is induced". Nowadays the results appear to be contradictory.

135 athletes classified according to their best IAAF score were classified for each event (100 meter to marathon). An echocardiographic study was carried out on each athlete using an echocardiography device (Toshiba SSH-140^o; Toshiba Medical System S.A. Spain), which produces mono and two-dimensional images and has a Doppler continuous and colour-coded button.

The echocardiographic variables measured were: the left ventricular dimensions, end-diastolic (LVD), the left ventricular posterobasal wall thickness (LVPW) and septal wall thickness (SWT).

The LVD is significantly higher in mid- and long distance events than in speed events. The LVPW and SWT does not vary among different event. The average LVD is higher in our athletes than in other studies, 23,5% of the athletes who run more than 800 meters reach and LVD > 59,5 mm; the LVPW and SWT is not higher than the one found in other studies.

KEY WORDS: echocardiography, adaptation, dilatation, hypertrophy.

INTRODUCCION

Desde que Henschen en 1899 publicó sus trabajos sobre el corazón de deportista (Rost, 1989), han existido una serie de teorías sobre la adaptación cardiaca al esfuerzo físico que se han ido modificando con respecto al tiempo y a la introducción de nuevas técnicas de medida por la imagen no invasiva.

En primer lugar tenemos la pregunta clave en que nos preguntamos sí ¿El "corazón de deportista" es un fenómeno patológico o es una adaptación positiva al entrenamiento?. Las sorprendentes imágenes radiológicas de los corazones de atletas hicieron que autores como Moritz (1902) sostuvieran que el "corazón de atleta" era debido a una patología congénita o bien que, a consecuencia del entrenamiento, el corazón mostraba una debilidad que determinaba dicha dilatación. El corazón de atleta consecutivo a un proceso patológico fue una idea extendida hasta mediados del siglo XX.

En el año 1975, Morganroth y cols. formularon por primera vez el factor diferencial del tipo de entrenamiento sobre la víscera cardiaca: los atletas que practicaban deportes estáticos (por ejemplo: halterófilos), desarrollaban un incremento del miocardio (hipertrofia), mientras que aquellos que entrenaban de forma dinámica (por ejemplo fondistas) aumentaban el tamaño del corazón. Este estudio se beneficiaba de la reciente introducción de la ecocardiografía monodimensional con las limitaciones que ello conllevaba, y fue el origen de una controversia que se extiende hasta la actualidad y que ha afectado al campo del entrenamiento, de tal manera que se distinguen, incluso en libros actuales, entre los efectos del entrenamiento aeróbico respecto del anaeróbico.

Posteriormente con la introducción de la ecocardiografía bidimensional y de las ondas rotativas, Perrault y Turcotte (1994), en un excelente trabajo de revisión, ponen en duda la adaptación cardiaca al esfuerzo físico al considerar que los incrementos que se han encontrado en la hipertrofia cardiaca están por debajo del límite de resolución técnica de medida, mientras que los incrementos encontrados en la dilatación cardiaca aunque exceden ligeramente la resolución técnica de medida pueden ser debidos a factores fisiológicos, como la bradicardia y la expansión del volumen de plasma, en lugar de a un cambio morfológico del corazón.

A pesar de que la ecocardiografía bidimensional ha supuesto un gran avance en el conocimiento del corazón del deportista, observamos por la bibliografía consultada que los resultados encontrados son muy controvertidos y ello debido fundamentalmente a varios aspectos:

- 1) Heterogeneidad de los grupos estudiados: en muchos estudios no se especifica suficientemente las características de los sujetos estudiados. Es frecuente encontrar el criterio de comparación entre "atletas que no son de resistencia", incluyéndose por tanto atletas de una gran variedad de disciplinas como judo, lanzamiento de peso, disco, levantamiento de peso y velocistas, con "atletas de resistencia", incluyéndose a ciclistas de fondo, remeros, piragüistas, corredores de fondo, que en gran parte de estas disciplinas se añade un importante componente isométrico. Al respecto en casi ningún estudio se especifica el rendimiento de los deportistas.
- 2) Características antropométricas: Encontramos diversidad en los estudios en la superficie corporal (SC) de los sujetos estudiados, y en unos las variables ecocardiográficas se normalizan y en otros no para la superficie corporal.
- 3) Errores implícitos a la técnica de medida: la resolución técnica de medida asciende a aproximadamente 2 mm⁹ e incluso existe una gran variabilidad interobservador. Pellicia y cols. (1991) encontraron una variabilidad de 7,27% entre dos observadores para el grosor de la pared ventricular izquierda, debido fundamentalmente a la dificultad en delimitar los bordes endocárdicos y no incluir en las medidas falsos componentes.

En este estudio hemos intentado controlar gran parte de los factores citados anteriormente con el objeto de determinar las diferencias existentes en los espesores y el volumen del ventrículo izquierdo en deportistas de elite que hacen diferentes tipos de entrenamiento dentro de una misma disciplina.

MATERIAL Y METODOS

La muestra está compuesta por 135 atletas masculinos que entrenaban para competir al máximo nivel en pruebas de atletismo de carrera.

Para todos los atletas se seleccionó la mejor marca obtenida durante la temporada en sus pruebas de competición. Las marcas fueron obtenidas a través de la consulta del ranking oficial elaborado por el Departamento de Estadística de la Real Federación Española de Atletismo.

El criterio seguido para determinar la mejor marca en aquellos deportistas que competían en varias pruebas fue a través de la correspondiente equivalencia de las marcas según la Puntuación establecida por la International amateur athletic federation (IAAF) (Spiriev, 1998).

De esta forma los atletas fueron distribuidos en grupos en función de la prueba de competición en la que obtuvieron su

mejor rendimiento, por lo que ningún deportista podía estar incluido en más de una prueba. Las distancias de competición también se englobaron dentro de especialidades generales según la tradición marcada por la bibliografía^{1, 14, 18}: Velocidad (100 y 400 metros); Mediodondo (800, 1500, 3000 y 3000 metros obstáculos) y Fondo (5000, 10000 metros y maratón).

Los estudios ecocardiográficos se realizaron en el Centro Nacional de Investigación en Ciencias del Deporte con un aparato de ecocardiografía, Toshiba SSH-140^a Sonolayer (Toshiba Medical System S.A., España), que incorpora imagen mono y bidimensional y Doppler pulsado, continuo y codificado en color. Se emplearon transductores electrónicos. El equipo lleva incorporado un ordenador para la medición y el cálculo de los parámetros empleados de forma sistemática en los laboratorios de ecocardiografía. Se realizaron las mediciones de la pared posterior del ventrículo izquierdo (PP), del septo interventricular (SIV) y del diámetro y volumen telediastólico del ventrículo izquierdo (DVID) (VTD).

Las mediciones se llevaron a cabo siguiendo las normas de la American Society of Echocardiography (ASE) (Sahn y cols. 1978).

En la Tabla I se indica para cada una de las pruebas de competición: el número de sujetos, promedio de edad, SC, tiempo transcurrido entre la valoración y la marca en competición y promedio de la marca en competición y su coeficiente de variación.

Se aplicó una análisis de varianza en la comparación entre los grupos que compiten en distintas pruebas, aceptándose la significación como estadísticamente positiva si la $p \leq 0,05$. En las muestras con distribución no homogénea se aplicó la U de Mann-Whitney.

RESULTADOS

En la Tabla II se presenta la estadística descriptiva de las variables estudiadas para cada una de las pruebas de competición.

Tabla I Características de los sujetos estudiados

Prueba	n	Marca	Días	SC	Edad
100 m.	18	10.71 (1,81%)	100	1,85	22,02
400 m.	25	47.78 (2,16%)	109	1,95	23,68
800 m.	24	1:49.83 (2,75%)	113	1,89	22,17
1500 m.	20	3:41.83 (2,85%)	99	1,84	24,31
3000 m.	3	7:45.53 (0,51%)	150	1,77	26,88
3000 obst.	4	8:38.96 (2,54%)	67	1,79	20,7
5000 m.	5	13:30.56 (2,13%)	125	1,72	26,34
10000 m.	18	28:58.66 (3,20%)	118	1,68	26,37
Maratón	18	2:14:04 (3,30%)	79	1,71	30,93

Tabla II Estadística descriptiva del DVID, PP y SIV en cada grupo

	100 metros	400 metros	800 metros	1500 metros	3000 metros	3000 obst.	5000 metros	10000 metros	Maratón
DVID	53,13	53,94	56,08	57,6	55,2	55,24	57,25	56,16	55,82
SD	2,35	3,18	3,12	3	4,68	3,31	2,43	3,23	4,45
VTD	136,45	141,58	154,8	164,51	149,69	149,46	161,97	155,37	153,77
SD	13,9	19,4	19,7	19,8	29,9	20,9	15,2	20	27,4
VTD/SC	73,61	72,86	81,76	89,60	84,26	83,52	94,56	92,69	89,86
SD	6,8	10,1	9,2	9,9	14,8	8,5	11,7	12,7	14,9
PP	9,17	9,20	9,04	9,5	11,33	9,25	9,4	9,5	9,22
SD	1	1	1,1	1,5	2,5	0,5	0,6	1,3	1,3
SIV	9,22	9,24	9,29	9,2	11	9,75	10,2	9,67	9,5
SD	0,9	1,2	1,2	1,6	2,7	0,5	1,1	1,2	1,3

En las Tablas III, IV, V y VI se presentan respectivamente los resultados estadísticos encontrados al comparar las variables estudiadas entre las pruebas de velocidad y mediofondo, pruebas de velocidad con las de fondo, pruebas de mediofondo con las de fondo, y entre pruebas pertenecientes a una misma especialidad.

La edad de los deportistas estudiados se incrementa progresivamente conforme se incrementa la distancia de compe-

tición, destacando el promedio más elevado encontrado en los deportistas de maratón.

Teniendo en consideración la equivalencia de Puntos establecida por la IAAF, los atletas de velocidad y de 800 metros son de un nivel significativamente inferior al resto de los deportistas.

La SC de los deportistas de 800 metros y especialmente de 400 metros es muy superior a la del resto de los atletas.

Tabla III Análisis de varianza entre pruebas de velocidad y mediofondo

Velocidad ⇌ Mediofondo	Puntos IAAF	Edad	SC	VTD	VTD/SC	PP	SIV
	*** b p (1,92)	(1,92)	* a p (1,92)	*** b (1,92)	*** b (1,92)	(1,92)	(1,92)
100 ⇌ 800	(1,40)	(1,40)	(1,40)	** b (1,40)	** b (1,40)	(1,40)	(1,40)
100 ⇌ 1500	** b p (1,36)	p = 0,0613 b p (1,36)	(1,36)	*** b (1,36)	*** b (1,36)	(1,36)	(1,36)
100 ⇌ 3000	*** b (1,19)	** b (1,19)	(1,19)	(1,19)	(1,19)	p = 0,0961 b p (1,19)	(1,19)
100 ⇌ 3000 obs.	** b (1,20)	(1,20)	(1,20)	(1,20)	* b (1,20)	(1,20)	(1,20)
400 ⇌ 800	(1,47)	(1,47)	p = 0,0783 a (1,47)	* b (1,47)	** b (1,47)	(1,47)	(1,47)
400 ⇌ 1500	*** b (1,43)	(1,43)	*** a (1,43)	*** b (1,43)	*** b (1,43)	(1,43)	(1,43)
400 ⇌ 3000	*** b (1,26)	(1,26)	* a (1,26)	(1,26)	p = 0,0880 b (1,26)	p = 0,0689 b p (1,26)	(1,26)
400 ⇌ 3000 obs.	** b (1,27)	(1,27)	* a (1,27)	(1,27)	p = 0,0561 b (1,27)	(1,27)	(1,27)

(**) p ≤ 0,01, (***) p ≤ 0,001, a: valores superiores en el primer grupo, b: valores superiores en el segundo grupo, p: análisis paramétrico

Tabla IV Análisis de varianza entre pruebas de velocidad y fondo

Velocidad ⇌ Fondo	Puntos IAAF	Edad	SC	VTD	VTD/SC	PP	SIV
	*** b (1,82)	*** b p (1,82)	*** a p (1,82)	*** b p (1,82)	*** b p (1,82)	(1,82)	p = 0,0912 b (1,82)
100 ⇌ 5000	*** b (1,21)	** b (1,21)	* a (1,21)	** b (1,21)	*** b (1,21)	(1,21)	* b (1,21)
100 ⇌ 10000	* b (1,34)	*** b p (1,34)	*** a (1,34)	** b (1,34)	*** b p (1,34)	(1,34)	(1,34)
100 ⇌ Maratón	*** b (1,34)	*** b p (1,34)	*** a p (1,34)	p = 0,0619 b p (1,34)	*** b p (1,34)	(1,34)	(1,34)
400 ⇌ 5000	*** b (1,28)	(1,28)	*** a (1,28)	* b (1,28)	*** b (1,28)	(1,28)	(1,28)
400 ⇌ 10000	* b (1,41)	* b (1,41)	*** a (1,41)	* b (1,41)	*** b (1,41)	(1,41)	(1,41)
400 ⇌ Maratón	*** b (1,41)	*** b (1,41)	*** a p (1,41)	(1,41)	*** b p (1,41)	(1,41)	(1,41)

(*) p ≤ 0,05, (**) p ≤ 0,01, (***) p ≤ 0,001, b: valores superiores en el segundo grupo, p: análisis paramétrico

Tabla V Análisis de varianza entre pruebas de mediofondo y fondo

	Puntos IAAF	Edad	SC	VTD	VTD/SC	PP	SIV
Mediofondo ⇌ Fondo	p = 0,0653 b (1,90)	*** b (1,90)	*** a (1,90)	(1,90)	** bp (1,90)	(1,90)	(1,90)
800 ⇌ 5000	* b (1,27)	* b (1,27)	*** a (1,27)	(1,27)	* b (1,27)	(1,27)	(1,27)
800 ⇌ 10000	(1,40)	** b (1,40)	*** a (1,40)	(1,40)	** b (1,40)	(1,40)	(1,40)
800 ⇌ Maratón	*** b (1,40)	*** b (1,40)	*** a p (1,40)	(1,40)	p = 0,0566 b p (1,40)	(1,40)	(1,40)
1500 ⇌ 5000	(1,23)	(1,23)	* a (1,23)	(1,23)	(1,23)	(1,23)	(1,23)
1500 ⇌ 10000	(1,36)	(1,36)	*** a (1,36)	(1,36)	(1,36)	(1,36)	(1,36)
1500 ⇌ Maratón	p = 0,0938 b (1,36)	*** b (1,36)	*** a (1,36)	(1,36)	(1,36)	(1,36)	(1,36)
3000 ⇌ 5000	(1,6)	(1,6)	(1,6)	(1,6)	(1,6)	(1,6)	(1,6)
3000 ⇌ 10000	(1,19)	(1,19)	(1,19)	(1,19)	(1,19)	p = 0,0547 a (1,19)	(1,19)
3000 ⇌ Maratón	(1,19)	p = 0,0684 b (1,19)	p = 0,0928 a (1,19)	(1,19)	(1,19)	* a (1,19)	(1,19)
3000 obs. ⇌ 5000	(1,7)	** b (1,7)	(1,7)	(1,7)	(1,7)	(1,7)	(1,7)
3000 obs. ⇌ 10000	(1,20)	** b p (1,20)	* a (1,20)	(1,20)	(1,20)	(1,20)	(1,20)
3000 obs. ⇌ Maratón	(1,20)	** b p (1,20)	* a (1,20)	(1,20)	(1,20)	(1,20)	(1,20)

(*) p ≤ 0,05, (**) p ≤ 0,01, (***) p ≤ 0,001, a: valores superiores en el primer grupo, b: valores superiores en el segundo grupo, p: análisis paramétrico

Tabla VI Análisis de varianza entre pruebas de una misma especialidad

	Puntos IAAF	Edad	SC	VTD	VTD/SC	PP	SIV
100 ⇌ 400	(1,41)	(1,41)	* b (1,41)	(1,41)	(1,41)	(1,41)	(1,41)
800 ⇌ 1500	p = 0,0583 b (1,42)	p = 0,0776 b (1,42)	* a (1,42)	(1,42)	** b (1,42)	(1,42)	(1,42)
800 ⇌ 3000	* b p (1,25)	* b (1,25)	* a (1,25)	(1,25)	(1,25)	** b (1,25)	(1,25)
800 ⇌ 3000 obs.	(1,26)	(1,26)	* a (1,26)	(1,26)	(1,26)	(1,26)	(1,26)
1500 ⇌ 3000	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	p = 0,0884 b (1,21)	(1,21)
1500 ⇌ 3000 obs.	(1,22)	p = 0,0748 a p (1,22)	(1,22)	(1,22)	(1,22)	(1,22)	(1,22)
3000 ⇌ 3000 obs.	(1,5)	** a (1,5)	(1,5)	(1,5)	(1,5)	(1,5)	(1,5)
5000 ⇌ 10000	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)
5000 ⇌ Maratón	(1,21)	* b (1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)	(1,21)
10000 ⇌ Maratón	* b (1,34)	** b (1,34)	(1,34)	(1,34)	(1,34)	(1,34)	(1,34)

(*) p ≤ 0,05, (**) p ≤ 0,01, (***) p ≤ 0,001, a: valores superiores en el primer grupo, b: valores superiores en el segundo grupo, p: análisis paramétrico

Los atletas que compiten en 1500 metros tienen valores ligeramente inferiores a los atletas de 100 metros, descendiendo la SC progresivamente hasta los atletas que compiten en 10000 metros y maratón.

El VTD se incrementa de forma progresiva al incremento de la distancia de competición hasta los 1500 metros, donde sus especialistas alcanzan los valores más elevados; en las pruebas de mediofondo largo (3000 y 3000 metros obstáculos) y de fondo, el VTD es equiparable al observado en los deportistas de 800 metros. La comparación de medias resultó estadísticamente significativa en la mayoría de comparaciones entre pruebas de velocidad con las pruebas de mediofondo y fondo, pero por ejemplo no hay significación estadística entre las medias obtenidas por los deportistas de 100 y 400 metros cuando se comparan con los maratonianos. No se encontró significación estadística entre pruebas de mediofondo y fondo, ni entre pruebas pertenecientes a una misma especialidad general. Sin embargo, al realizar un análisis más detallado, observamos que el VTD de los deportistas que superaron el 50% del percentil de la marca, atletas de "Categoría A", en la prueba de 10000 metros es de 167,35 ml y en maratón de 176,17 ml, muy superiores a los encontrados en el resto de grupos estudiados. De esta manera aplicando un análisis de varianza entre los resultados obtenidos por los deportistas de "Categoría A" de maratón ($n = 9$) se encuentra relación estadísticamente significativa al compararse con los deportistas de 100 ($p \leq 0,001$), 400 ($p \leq 0,001$), 800 ($p \leq 0,01$), 3000 ($p \leq 0,05$), 3000 metros obstáculos ($p \leq 0,01$) y 10000 metros ($p \leq 0,01$), y una $p = 0,059$ respecto al grupo de 5000 metros. Si normalizamos el VTD para la SC también se encuentran diferencias significativas entre los especialistas de mediofondo al compararse con los de fondo.

Las diferencias entre deportistas especializados en distintas pruebas de competición para el SIV y la PP son muy pequeñas y no se encuentran diferencias significativas destacadas en la comparación entre los distintos grupos.

DISCUSION

El DVID, en todos los grupos estudiados, es muy superior a los que se ha informado en la población sedentaria. Valores promedios comprendidos entre 44,8 a 50 mm se encuentran en una amplia muestra de controles masculinos.^{4-6, 16, 17} Perrault y Turcotte (1994) recopilando datos de varios estudios sobre unos 800 sujetos de control dieron cuenta de un diámetro de $48,2 \pm 2,2$ mm, muy inferior en cualquier caso a los $53,13 \pm 2,4$ mm encontrados en nuestros atletas de 100 metros que tuvieron los valores inferiores. Estos resultados presuponen que el entrenamiento de velocidad produce

una dilatación de la cavidad del ventrículo izquierdo, además el peso de estos deportistas, 71 kg, no es diferente de la población sedentaria masculina, por lo tanto las diferencias no pueden ser debidas a un mayor tamaño corporal.

El DVID de nuestros deportistas de fondo, $n = 41$, fue de $56,14 \pm 3,69$ mm, con un peso promedio de 59,2 kg; los atletas de "Categoría A" de 10000 metros y maratón tuvieron respectivamente una medida de $58,1 \pm 1,52$ y $59,42 \pm 1,57$ mm. Un 24% de los atletas que compiten en las distancias entre 1500 metros y maratón tuvieron un DVID $> 59,5$ mm. Estas dimensiones son muy superiores a los promedios encontrados en deportistas de resistencia por otros autores. En los estudios de Morganroth y cols. (1975), Ikäeimo y cols. (1979), Fisher y cols. (1989), Valdes y cols. (1989) y Stork y cols. (1991) se informó de un DVID comprendido entre 48,5-55 mm. Perrault y Turcotte (1994) dieron cuenta de un promedio de $53,5 \pm 3,4$ mm en base a una recopilación de estudios sobre 1300 deportistas de resistencia. De las 25 disciplinas deportivas evaluadas por Pellicia y cols. (1991) el promedio mayor con un DVID de 56 ± 3 mm lo obtuvo un grupo de 92 hombres y 3 mujeres que compiten en pruebas de remo ($SC = 2,04$).

Los mayores valores de DVID y VTD de nuestros deportistas de fondo son debidos probablemente a su mayor nivel deportivo, aunque en los estudios mencionados no se indica el rendimiento en competición de los atletas, los autores han clasificado a sus muestras como deportistas amateurs y de categoría regional y nacional.

Perrault y Turcotte (1994) en su trabajo de revisión crítica destacaron que el incremento promedio en el DVID entre sujetos controles y deportistas de resistencia da igual o excede ligeramente la resolución técnica, y que su significación puede ser cuestionada debido a los efectos que tiene el entrenamiento sobre la bradicardia y la expansión del volumen de plasma.

Es posible que parte del incremento del DVID en los deportistas se pueda asociar debido a que su medición se realiza en fase con la onda R de un buscador de electrocardiograma simultáneo y cualquier cambio en el intervalo R-R afectará al DVID, sugiriendo los citados autores que aunque la bradicardia de entrenamiento no puede responder completamente por el incremento del ventrículo izquierdo, su contribución no puede ser ignorada. De María y cols. (1979) informaron que un incremento de 10 lat. min^{-1} disminuye en un 2,7% la determinación del DVID.

Del mismo modo Perrault y Turcotte (1994) indican que el volumen de sangre total de los deportistas es de un 20-25% superior en los atletas que en los sujetos de control, y que ex-

pansiones de volúmenes sanguíneos similares inducidas por cambios de postura han sido asociados con incrementos en la dimensión del ventrículo izquierdo de hasta 5 mm.

Aún estando de acuerdo con Perrault y Turcotte (1994), los resultados encontrados en este estudio evidencian que realmente el entrenamiento produce cambios morfológicos en la cámara ventricular izquierda, que no sólo pueden ser asociados a variaciones en la frecuencia cardíaca basal y a la expansión del volumen sanguíneo. Las diferencias de más de 12 mm entre los mejores atletas de fondo y los sujetos de control aportados en los distintos trabajos de la bibliografía, presuponen que las variaciones en la cámara ventricular izquierda no pueden ser debidas exclusivamente a los argumentos aportados por estos autores.

El grosor de la PP para toda la muestra fue de $9,31 \pm 1,23$ mm y del SIV de $9,42 \pm 1,23$ mm. Estos promedios sólo son 0,7 mm superiores a los que informaron Perrault y Turcotte (1994) en un trabajo de revisión sobre cerca de 800 sujetos de control. Teniendo en cuenta la resolución técnica de los métodos ecocardiográficos no se evidencia tan claramente como en las variables de dilatación que haya diferencias importantes en los grosos parietales entre deportistas y sujetos de control. En el trabajo citado los autores establecieron diferencias de 1,6 mm entre deportistas de resistencia y sujetos de control para la PP, y concluyeron que las mismas estaban dentro del margen de error de las técnicas de medición.

No obstante, la mayoría de los estudios han encontrado diferencias entre deportistas de velocidad y/o resistencia respecto a los sujetos de control para los espesores cardíacos.^{4,6,16}
¹⁷ Comparando los valores obtenidos por nuestros deportistas masculinos con los grupos de control de estos estudios, en los trabajos de Morganroth y de Fishers los sujetos de control tuvieron valores superiores.

Al estudiar el DVID obtenido por nuestros deportistas en referencia a los trabajos de otros autores, hemos encontrado que la muestra de atletas evaluada obtenía valores superiores a los aportados en la literatura, posiblemente debido a

diferencias en el rendimiento deportivo. Sin embargo no se establece este patrón al realizar esta comparación para los espesores cardíacos.

En el citado trabajo de Perrault y Turcotte (1994) sobre una revisión de unos 1300 atletas de resistencia informaron un grosor de la PP de $10,2 \pm 1,5$ mm, valores superiores a los obtenidos en nuestros deportistas de fondo, $9,37 \pm 1,2$ mm. Del mismo modo los atletas de velocidad presentados por Morganroth y cols. (1975) y por Ikäeimo y cols. (1979) tuvieron unos espesores claramente superiores a nuestros atletas de velocidad. Además en todos los estudios revisados donde se informa de los espesores cardíacos de los atletas de fondo, los autores presentaron promedios ligeramente superiores a los de nuestros fondistas.^{4,6,16,17}

Se ha sugerido que los espesores cardíacos eran específicos para los distintos tipos de entrenamiento, sin embargo los resultados encontrados en los distintos trabajos son contradictorios.

Morganroth y cols. (1975) informaron en 12 deportistas involucrados en ejercicio isométrico (deportes de lucha y lanzadores) un espesor de la PP significativamente superior a la medición realizada en un grupo de 15 corredores, $13,7 \pm 0,4$ vs $11,3 \pm 0,1$ mm. En un trabajo anteriormente mencionado, Fisher y cols. (1989) apoyaron los resultados encontrados por Morganroth, pero los espesores parietales fueron incluso superiores en los deportistas de resistencia cuando se tuvieron en cuenta las características antropométricas de los grupos. Poco después del estudio de Morganroth, Ikäeimo y cols. (1979) concluyeron que el entrenamiento de resistencia induce a una mayor hipertrofia cardíaca que el entrenamiento de velocidad, tras comparar los espesores cardíacos en 10 velocistas y 12 corredores de fondo. Resultados similares han sido observados por Calderón 1991 y Serratos (1998).

De los resultados expuestos en este estudio es evidente que no se produce un proceso de adaptación al entrenamiento en los espesores cardíacos, y si se produce estos son insignificantes.

Bibliografía

1. Brandon J. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med.* 1995; 19 (4): 268-277.
2. Calderon FJ. Análisis comparativo mediante ecocardiografía Doppler color entre atletas de resistencia y velocidad. Tesis Doctoral, Facultad de Medicina (Universidad Complutense de Madrid). 1991.
3. De María N, Neumann A, Schubart J, Lee G, Mason T. Systematic correlation of cardiac chamber size and ventricular performance determined with echocardiography and alterations in heart rate in normal persons. *American Journal of Cardiology.* 1979; 43: 1-9.
4. Fisher G, Adams T, Yanowitz F, Ridges D, Orsmond G, Nelson G. Noninvasive evaluation of world class athletes engaged in different modes of training. *Am J Cardiol.* 1989; 63 (5): 337-341.
5. Ikäheimo M, Palatsi I, Takkunen J. Noninvasive evaluation of the athletic heart: sprinters versus endurance runners. *Am J Cardiol.* 1979; 44: 24-30.
6. Morganroth D, Barry J, Maron D, Walter L, Henry D, Stephen E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine.* 1975; 82: 521-524.
7. Moritz F. Über othodiagraphisch untersudungen am herzem. *Med Wschr* 49 /1. Citado por Rost R, Hollmann W (1983). Athlete's heart – A review of its historical assesment and new aspects. *Int J Sport Med.* 1902; 75 (4): 17.
8. Pelliccia A, Barry J, Maron D, Spataro A, Proschan M, Spirito P. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med.* 1991; 324: 295-301.
9. Perrault H, Turcotte A. Exercise-induced cardiac hypertrophy. Fact or fallacy? *Sports Med.* 1994; 17 (5): 288-308.
10. Pons de Beristain C, Binia M. Imagen por resonancia magnética: un nuevo sistema valorativo de la hipertrofia ventricular izquierda en deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte (XIII).* 1996; 51: 19-23.
11. Rost R. El corazón del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte (VI).* 1989; 23: 281-283
12. Sahn J, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation.* 1978; 58: 1072-1083.
13. Serratosa L. Características morfológicas del corazón del deportista de elite. Estudio ecocardiográfico. *Archivos de Medicina del Deporte. (XV).* 1998; 66: 349-350.
14. Snell P. Middle distance running. In: *Physiology of sports.* Edited by Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C. De E&FN Spon, London. 1993; 101-120.
15. Spiriev B. IAAF scoring tables of athletics. IAAF. 1998.
16. Stork V, Mockel M, Eichstadt H, Muller R, Hochrein H. Noninvasive assessment by pulsed Doppler ultrasound of left ventricular filling behavior in long distance runners during marathon race. *Am J Cardiol.* 1991; 68(11): 1237-1241.
17. Valdés M, Monreal S, García A, Apellániz G, Soria F, Vicente T, García P, Sánchez F, Cano A. Valoración anatómica y funcional ecocardiográfica de los cambios inducidos en un grupo de atletas con el entrenamiento. *Archivos de Medicina del Deporte (VI).* 1989; 22: 123-127.
18. Zintl F. Entrenamiento de la resistencia. Barcelona: Martinez Roca. 1991.