

Legaz Arrese, A.; Serrano Ostáriz, E, y Lafuente Bergós, D. (2001). Estudio longitudinal ecocardiográfico de variables y rendimiento en atletas de élite de media y larga distancia. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 1 (2) p. 100-126 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista2/artcoin.htm>

ECOCARDIOGRAFÍA: ESTUDIO LONGITUDINAL, RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EN ATLETAS DE ELITE DE MEDIOFONDO Y FONDO

LONGITUDINAL STUDY OF ECHOCARDIOGRAPHIC VARIABLES AND OUTPUT IN LONG AND MIDDLE DISTANCE ELITE ATHLETES

[Versión en Inglés](#)

Legaz Arrese, A.^a, Serrano Ostáriz, E.^a y Lafuente Bergós, D.

^a Doctores en Medicina y Cirugía. Departamento de Fisiatría y Enfermería de la Universidad de Zaragoza.

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo es el de establecer la relación entre las variables ecocardiográficas y la marca realizada a lo largo del seguimiento de varios años, y el de determinar la relación entre el grado de dilatación y de hipertrofia cardíaca.

Se realizó un análisis ecocardiográfico en 12 hombres y 12 mujeres que entrenaron para competir al máximo nivel en pruebas de mediofondo y/o fondo. Cada atleta fue medido al menos durante 4 veces. El estudio ecocardiográfico se realizó para cada atleta una vez cada temporada. La mejor marca realizada por cada atleta en cada una de las temporadas fue registrada

El VTD/SC mantiene una estrecha relación con el registro deportivo, encontrándose correlaciones significativas ($r > 0,80$) en varios deportistas, y coincidiendo el valor más alto registrado muy próximo a la mejor marca obtenida en casi todos los atletas. Nuestros resultados demuestran relación negativa entre la evolución de la hipertrofia (PP y SIV) y la mejora de la velocidad de competición ($r > -0,70$) en algunos de los atletas.

PALABRAS CLAVE: Ecocardiografía, corredores, elite, rendimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del “corazón de atleta” mediante ecocardiografía ha sido considerablemente estudiado. Sin embargo, el objetivo principal ha sido caracterizar y establecer los límites de la adaptación fisiológica (Serra, 1991; Pellicia y cols., 1991; Serra y cols., 1994). Los objetivos del presente trabajo es el de establecer la relación entre las variables ecocardiográficas y la marca realizada a lo largo del seguimiento de varios años, y el de determinar la relación entre el grado de dilatación y de hipertrofia cardíaca.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un análisis retrospectivo en 12 hombres y 12 mujeres que se sometieron a medición ecocardiográfica en el Centro Nacional de Medicina del Deporte un mínimo de 4 veces y que entrenaron para competir al máximo nivel en pruebas de mediofondo y/o fondo de nivel internacional. Habitualmente a cada atleta se le efectuó un estudio ecocardiográfico para cada temporada atlética, mediante un aparato de ecocardiografía, Toshiba SSH-140^a (Toshiba Medical System S.A., España), que incorpora imagen mono y bidimensional y Doppler pulsado, continuo y codificado en color.

Las variables ecocardiográficas medidas han sido: Volúmenes del ventrículo izquierdo normalizados para la superficie corporal (VTD/SC y VTS/SC) (mm^3/m^2), diámetro del ventrículo derecho (VD) (mm), diámetro anteroposterior de la aurícula izquierda (AI) (mm) y los grosores de la pared posterior del ventrículo izquierdo (PP) (mm) y septo interventricular (SIV) (mm).

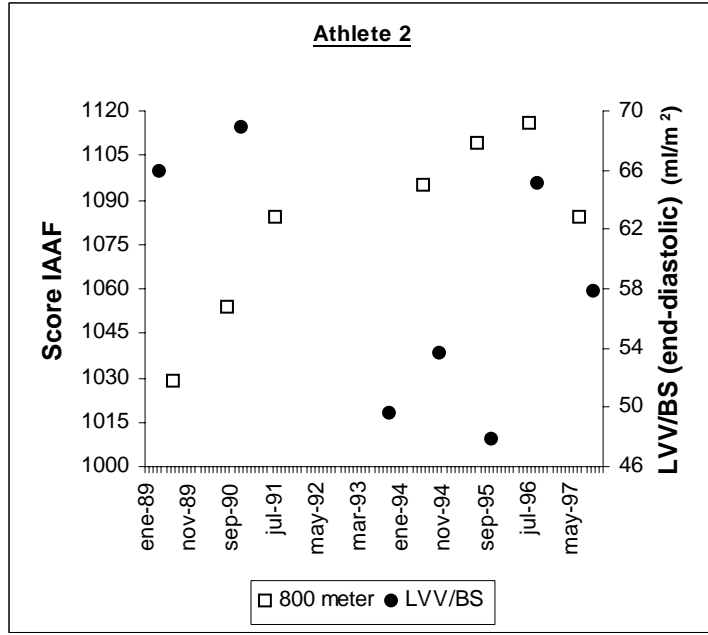
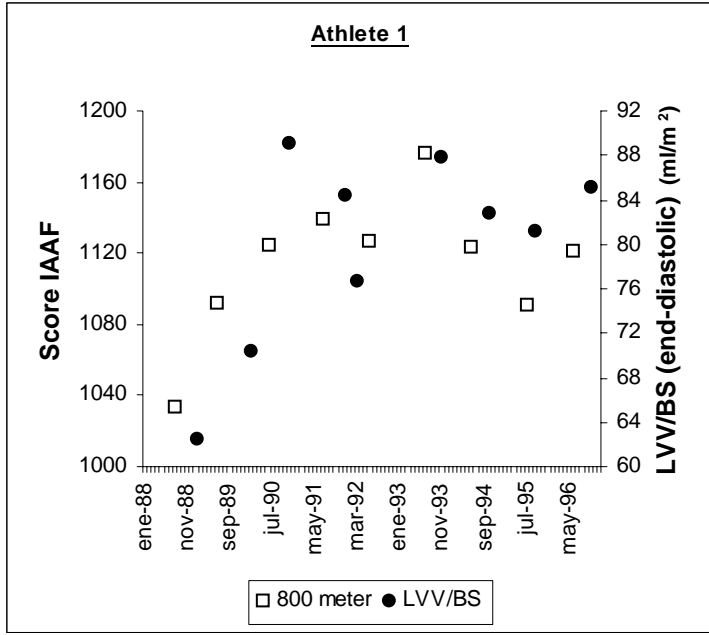
Además del análisis meramente descriptivo, mostrando la relación entre las variables ecocardiográficas y la marca deportiva expresada según las normas de puntuación de la IAAF (International Amateur Athletic Federation) (Spiriev, 1998), se efectuó para cada atleta la correlación de Pearson para las variables ecocardiográficas entre sí, y de éstas con la puntuación IAAF. Para cada año, se seleccionó la mejor marca obtenida por el deportista, no siendo generalmente el intervalo de tiempo entre la determinación ecocardiográfica y el resultado deportivo superior a 5 meses.

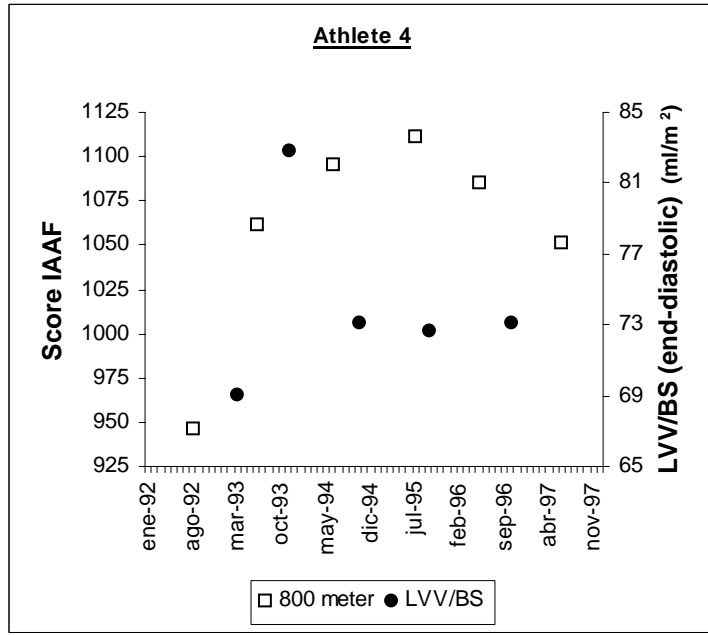
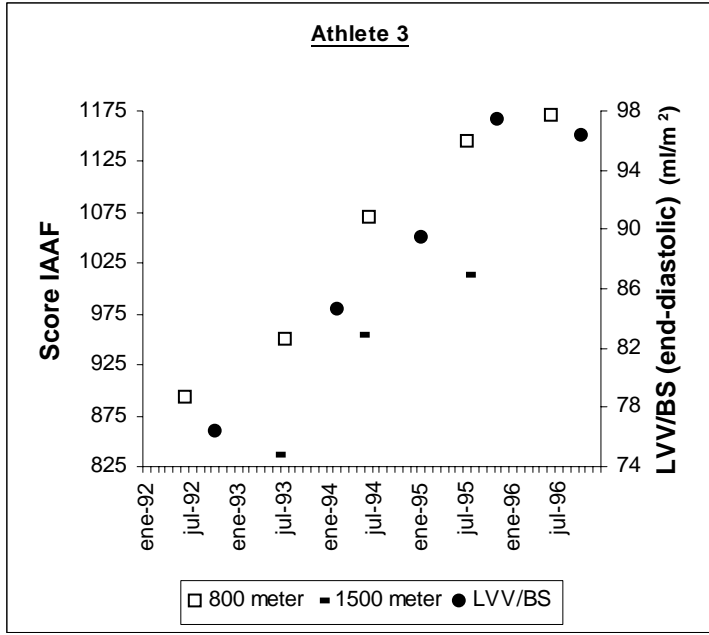
3. RESULTADOS

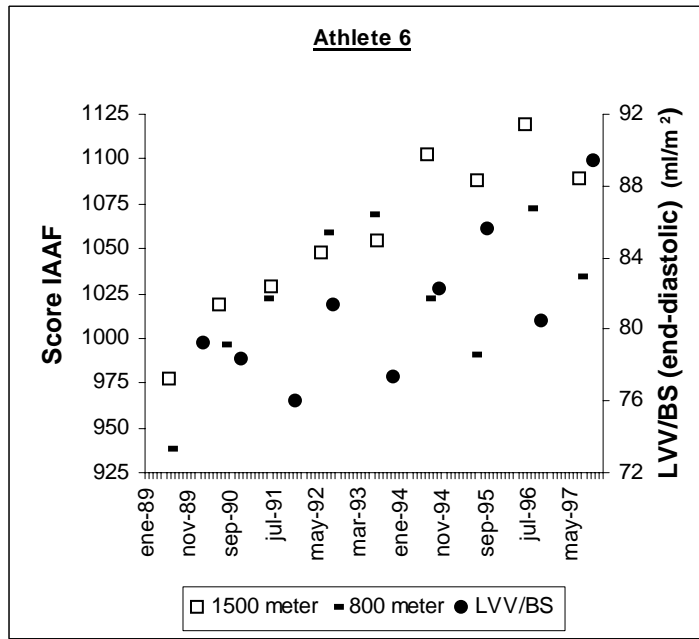
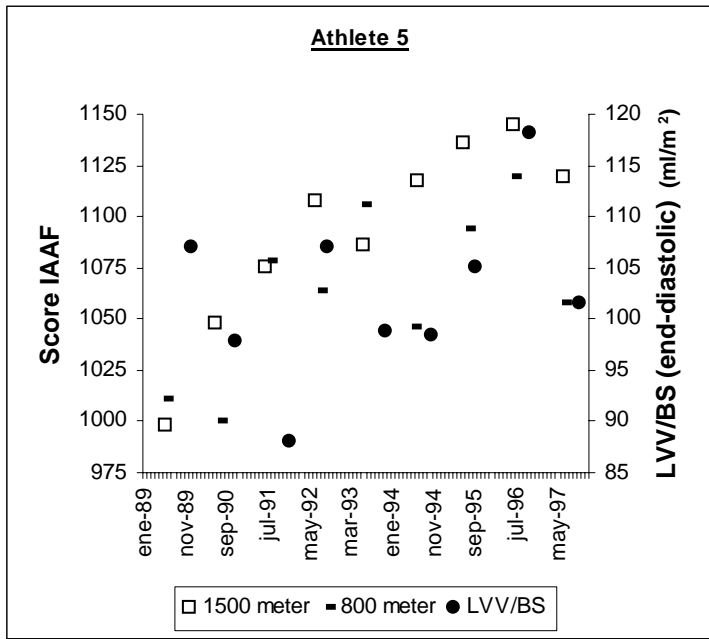
Análisis descriptivo y correlación entre las variables ecocardiográficas

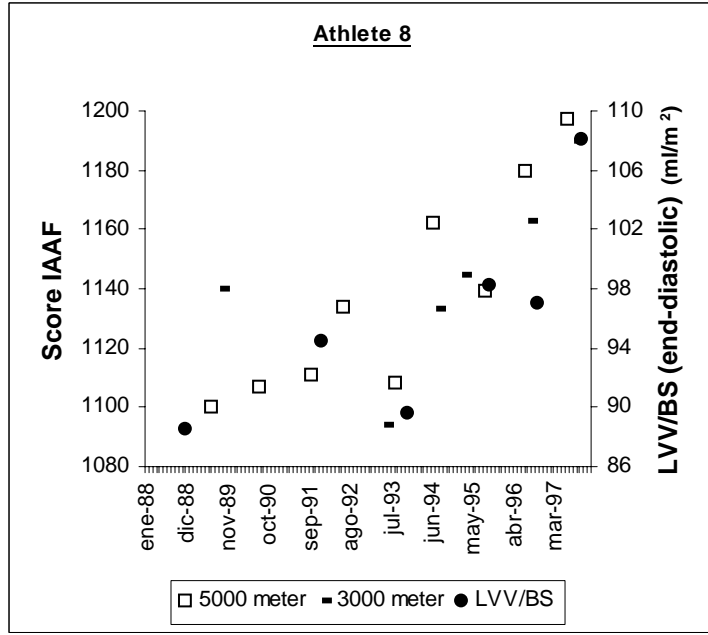
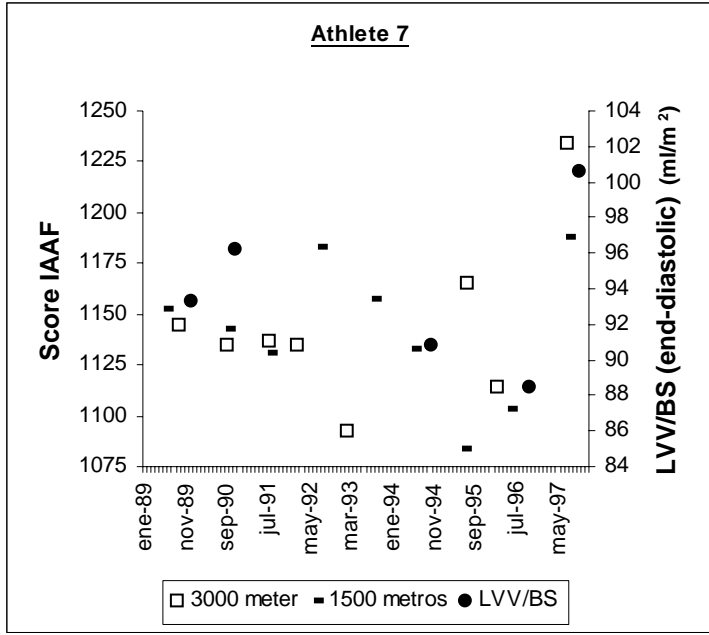
Al hacer la representación gráfica de cada una de las variables, únicamente el VTD/SC ha mostrado una concordancia con el rendimiento en competición. En los gráficos siguientes se muestra esta relación.

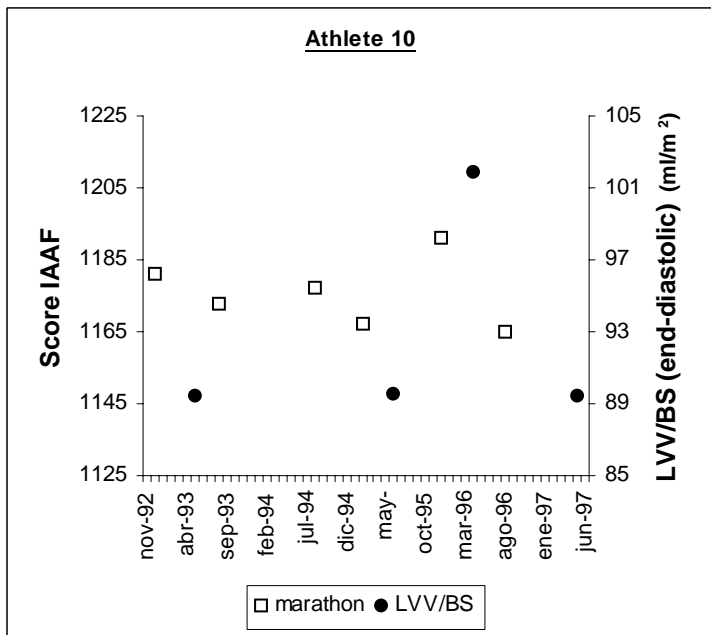
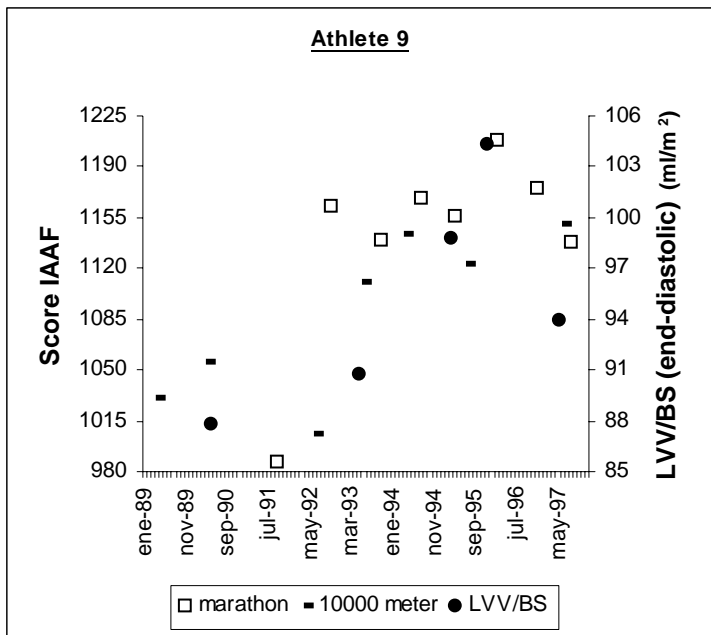
Figura 1: Representación gráfica de la relación entre el volumen telediastólico del ventrículo izquierdo normalizado por la superficie corporal y el rendimiento en competición (Puntuación IAAF) a lo largo de varios años en los atletas masculinos.

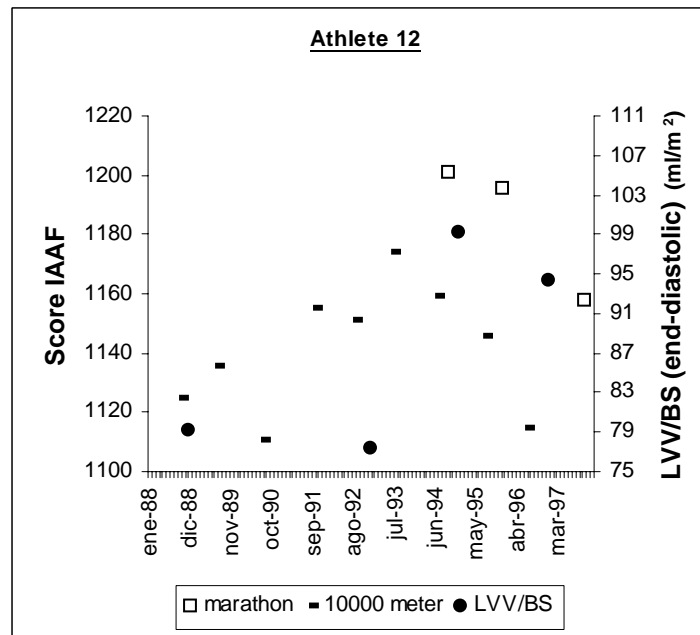
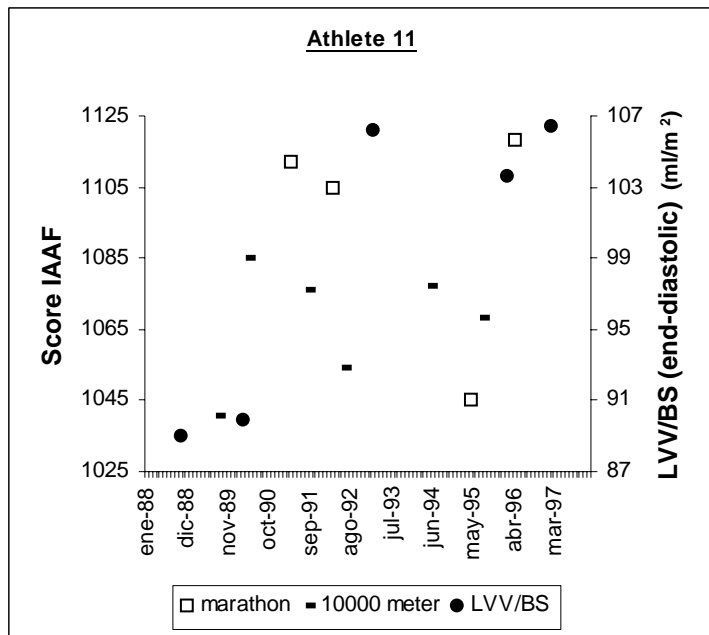










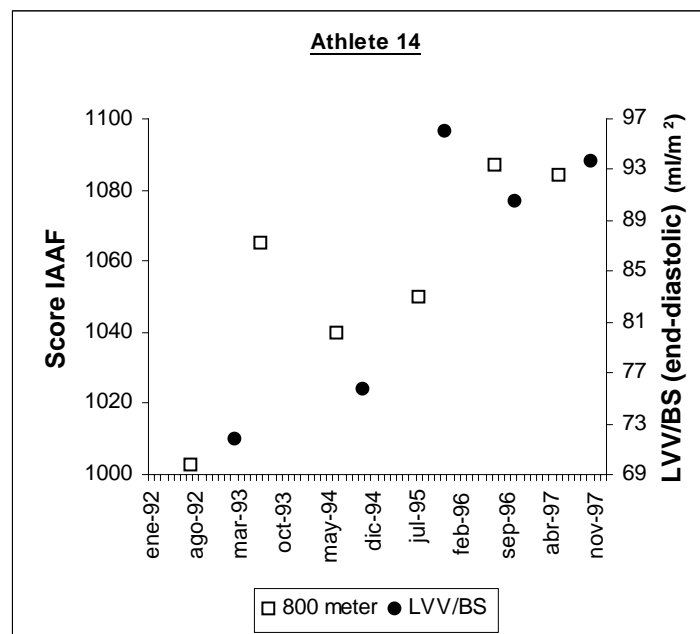
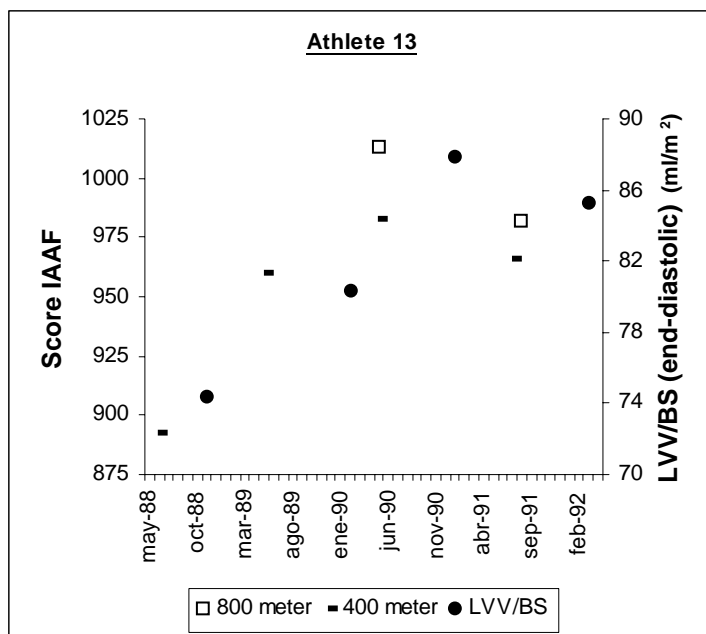


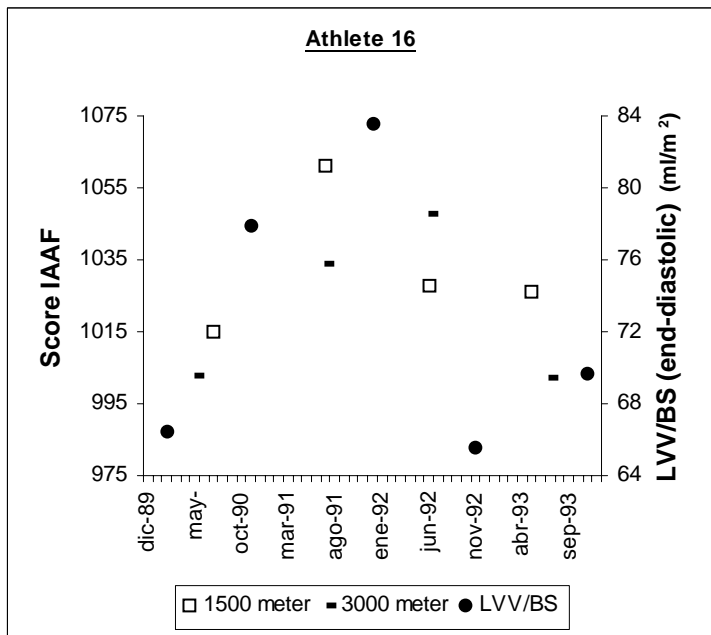
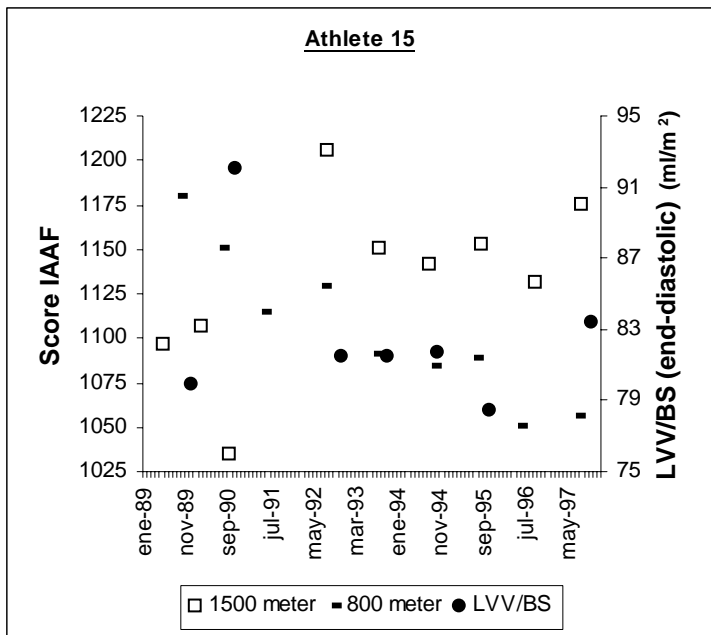
En 9 de los 12 deportistas masculinos “Atletas 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11y 12” el valor más alto registrado de VTD/SC coincide con la mejor marca obtenida y además en la mayoría de estos atletas el rendimiento obtenido a lo largo de varios años está en similitud con la dimensión de la cavidad ventricular izquierda.

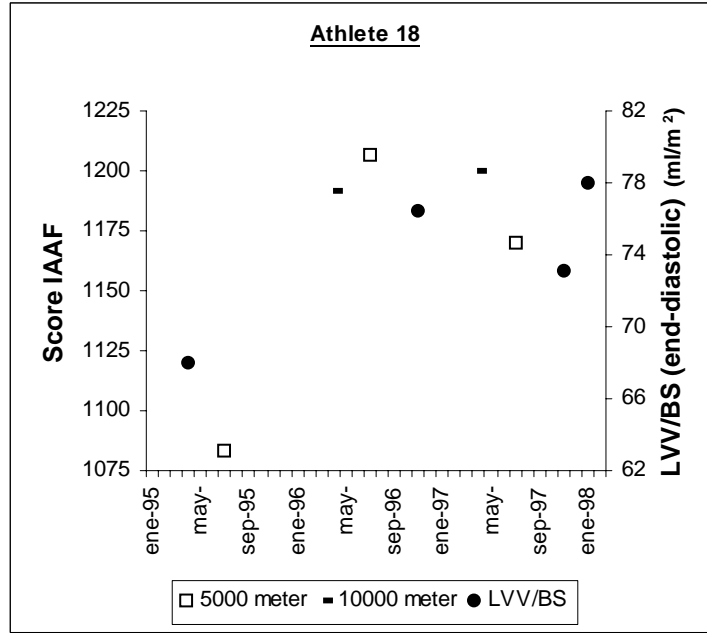
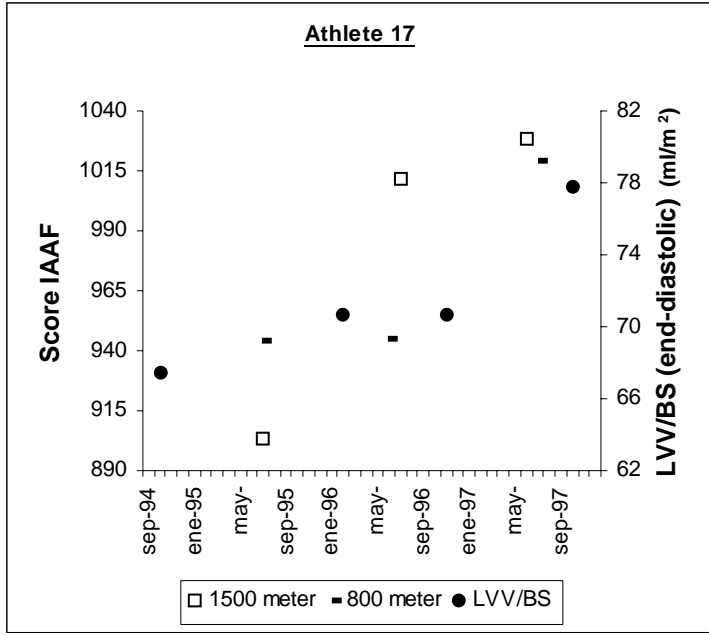
El “Atleta 2” tuvo un periodo de inactividad de 2 años, durante este tiempo su VTD/SC disminuyó considerablemente. Cuando volvió a entrenar para competir al máximo nivel, al cabo de un tiempo, se incrementó su cavidad ventricular izquierda coincidiendo con la obtención de su récord personal en 800 metros.

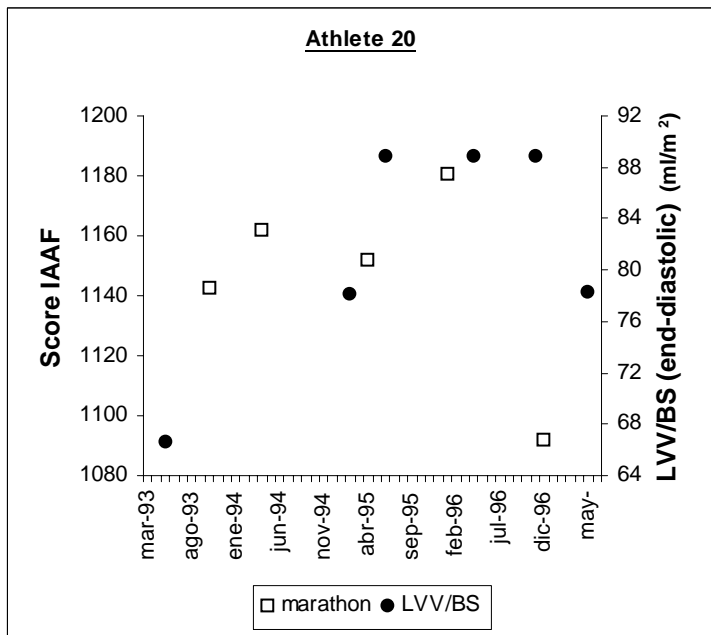
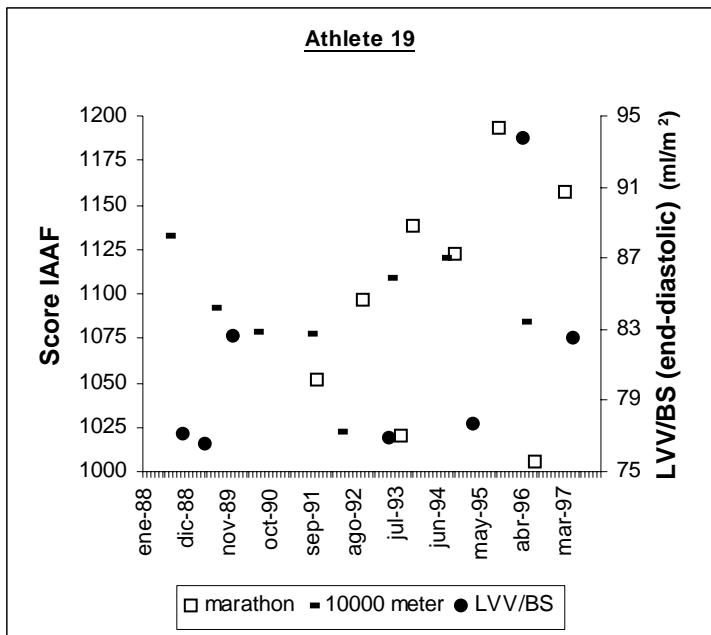
El “Atleta 4” durante los dos primeros años de seguimiento mejoró cuantiosamente su marca en 800 metros asociándose a un incremento semejante de VTD/SC, la disminución posterior de la dimensión de esta cavidad se asoció a un estancamiento en el rendimiento.

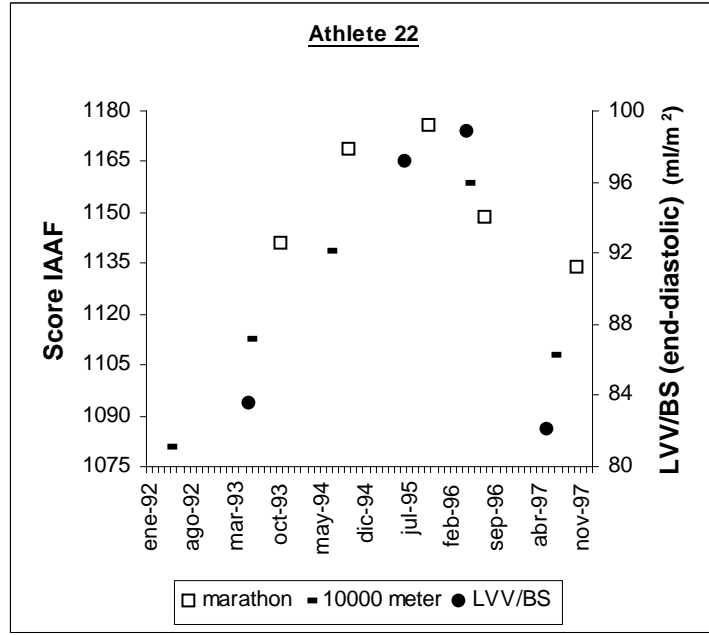
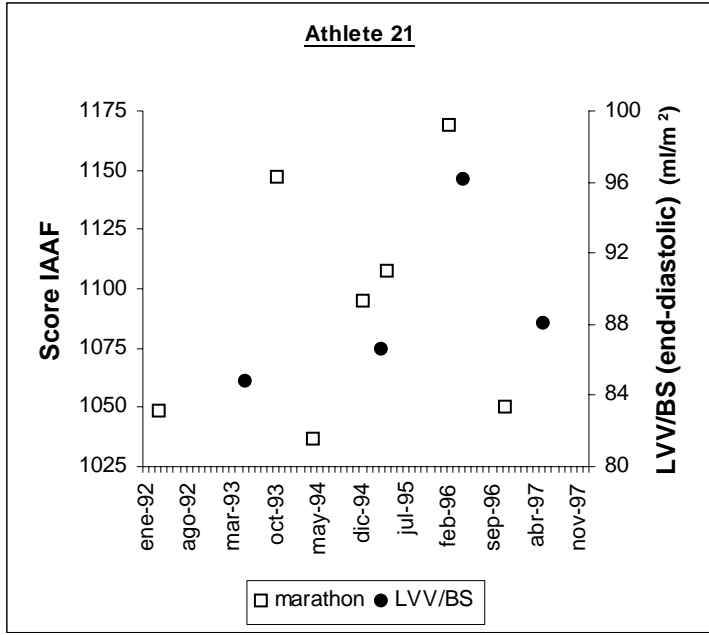
Figura 2: Representación gráfica de la relación entre el volumen telediastólico del ventrículo izquierdo normalizado por la superficie corporal y el rendimiento en competición (Puntuación IAAF) a lo largo de varios años en los atletas masculinos.

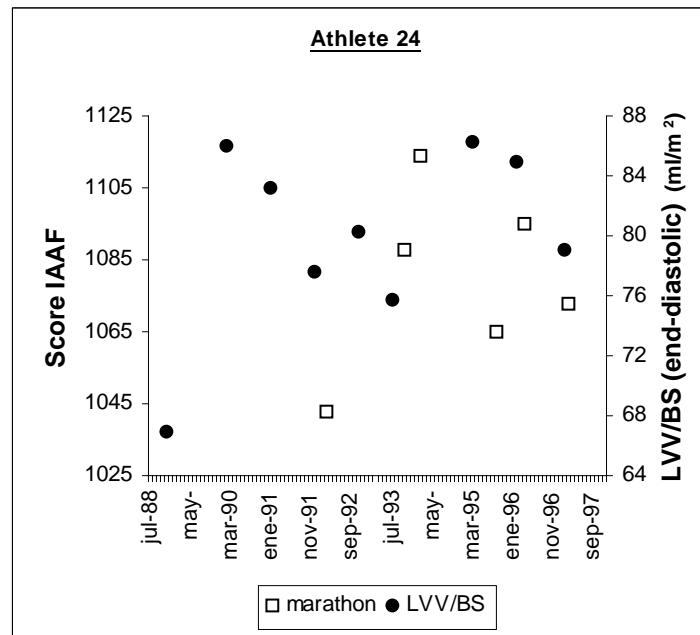
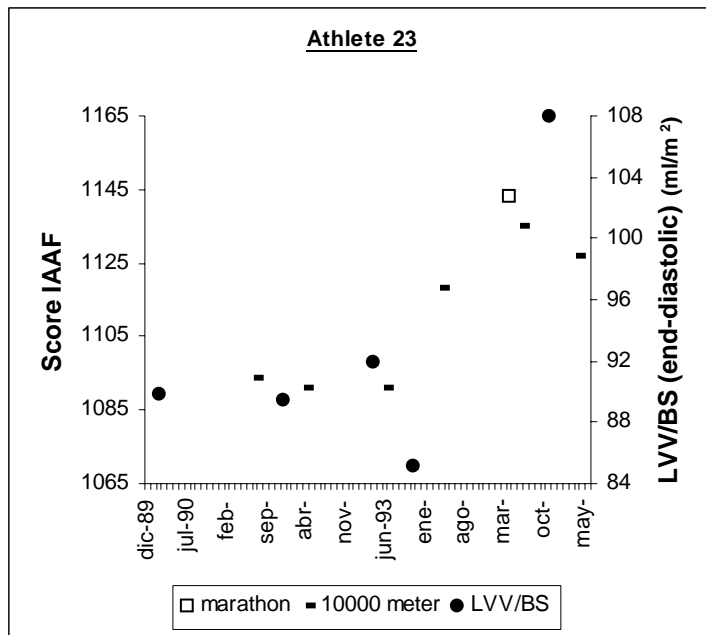












Al igual que en los deportistas masculinos, la mayoría de las atletas obtienen su récord personal en fechas muy próximas a la medición del mayor VTD/SC y también se encuentra concordancia entre la evolución del VTD/SC y el rendimiento.

El comportamiento del resto de variables ecocardiográficas es muy diferente al mostrado para el VTD/SC, por motivos de espacio no podemos mostrar su representación gráfica. No obstante, nos parece interesante exponer los coeficientes de correlación encontrados para cada atleta entre el VTD/SC y las demás variables de dimensiones y grosores cardíacos (Tabla I y II)

Table I: Correlation between LVV/BS (end-diastolic) and the rest of the echocardiographic variables in the male group.

	"Athlete 1"	"Athlete 2"	"Athlete 3"	"Athlete 4"	"Athlete 5"	"Athlete 6"	"Athlete 7"	"Athlete 8"	"Athlete 9"	"Athlete"	"Athlete"	"Athlete"
--	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	-----------	-----------

	800 meters	800 meters	800 meters	800 meters	1500 meters	1500 meters	3000 meters	5000 meters	marathon	10" marathon	11" marathon	12" marathon
LVV/BS (ml/m ²) RVD (mm)	r = 0,22 (8)	r = -0,79 (6) p = 0,059	r = 0,56 (5)	r = 0,08 (5)	r = 0,38 (9)	r = 0,24 (9)	r = -0,43 (5)	r = -0,06 (5)	r = 0,40 (5)	r = -0,07 (4)	r = 0,91 (4) p = 0,094	r = 0,58 (3)
LVV/BS (ml/m ²) LAD (mm)	r = 0,52 (8)	r = 0,23 (6)	r = 0,56 (5)	r = 0,23 (5)	r = -0,02 (9)	r = -0,70 (9) *	r = 0,24 (5)	r = 0,45 (5)	r = 0,12 (5)	r = 0,18 (4)	r = 0,67 (4)	r = 0,08 (3)
LVV/BS (ml/m ²) PWT (mm)	r = -0,66 (9) p = 0,055	r = -0,57 (7)	r = -0,98 (5) **	r = -0,22 (5)	r = -0,56 (9)	r = -0,64 (9) p = 0,064	r = 0,11 (5)	r = -0,85 (6) *	r = -0,13 (5)	r = -0,82 (4)	r = -0,70 (5)	r = 0,17 (4)
LVV/BS (ml/m ²) SWT (mm)	r = -0,71 (9) *	r = -0,63 (7)	r = -0,76 (5)	r = -0,12 (5)	r = -0,56 (9)	r = -0,57 (9)	r = 0,24 (5)	r = -0,82 (6) *	r = 0,31 (5)	r = -0,33 (4)	r = -0,70 (5)	r = -0,57 (4)

LVV/BS = Left ventricular volume (end-diastolic) / body surface; RVD = Right ventricular diameter; LAD = Left auricle diameter; PWT = Posterior wall thickness; SWT = Septal wall thickness.

* p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01

() = echocardiographic measurements numbers

Tabla I: Correlación entre el VTD/SC y el resto de variables ecocardiográficas en los atletas masculinos

Table II: Correlation between LVV/BS (end-diastolic) and the rest of the echocardiographic variables in the female group.

	"Athlete 13" 800 meters	"Athlete 14" 800 meters	"Athlete 15" 1500 meters	"Athlete 16" 1500 meters	"Athlete 17" 1500 meters	"Athlete 18" 5000 meters	"Athlete 19" marathon	"Athlete 20" marathon	"Athlete 21" marathon	"Athlete 22" marathon	"Athlete 23" marathon	"Athlete 24" marathon
LVV/BS (ml/m ²) RVD (mm)	r = 0,64 (3)	r = -0,20 (5)	r = -0,24 (9)	r = 0,09 (5)	r = 0,58 (4)	r = 0,80 (3)	r = 0,20 (6)	r = -0,13 (6)	r = 0,81 (4)	r = 0,31 (4)	r = 0,37 (5)	r = -0,42 (8)
LVV/BS (ml/m ²) LAD (mm)	r = -0,17 (3)	r = -0,19 (5)	r = 0,01 (9)	r = -0,29 (5)	r = -0,85 (4)	r = 0,16 (3)	r = -0,37 (6)	r = -0,02 (6)	r = 0,37 (4)	r = -0,46 (4)	r = -0,45 (5)	r = -0,65 (8) p = 0,078
LVV/BS (ml/m ²) PWT (mm)	r = -0,85 (4)	r = -0,11 (5)	r = -0,26 (9)	r = -0,78 (5)	r = 0,26 (4)	r = -0,20 (4)	r = -0,59 (7)	r = -0,08 (6)	r = -0,11 (4)	r = -0,51 (4)	r = -0,96 (5) **	r = -0,38 (9)
LVV/BS (ml/m ²) SWT (mm)	r = -0,98 (4) *	r = -0,23 (5)	r = -0,54 (9)	r = -0,93 (5) *	r = 0,15 (4)	r = -0,47 (4)	r = -0,75 (7) p = 0,053	r = -0,00 (6)	† (4)	† (4)	r = -0,73 (5)	r = -0,80 (9) **

LVV/BS = Left ventricular volume (end-diastolic) / body surface; RVD = Right ventricular diameter; LAD = Left auricle diameter; PWT = Posterior wall thickness; SWT = Septal wall thickness.

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

† = no variance in SWT

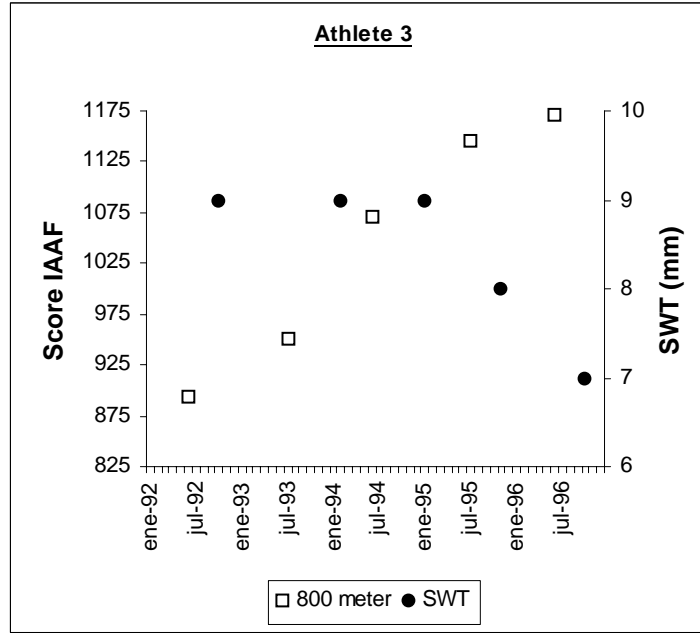
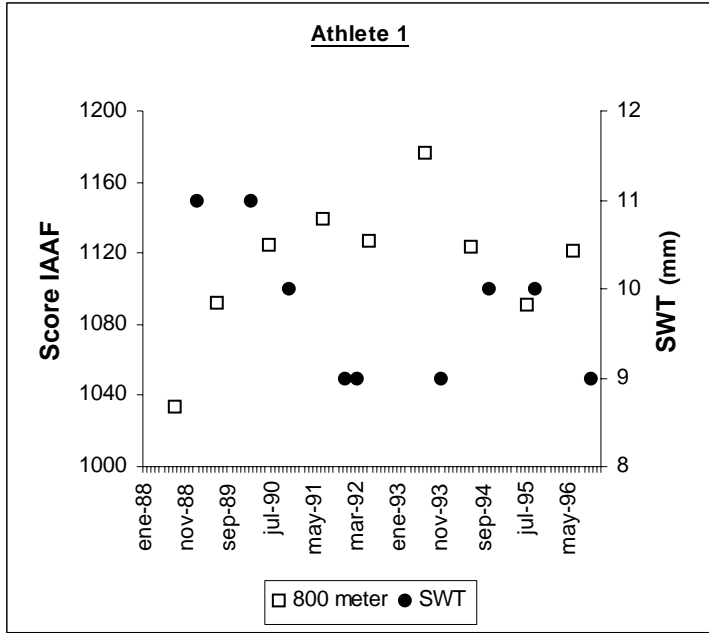
() = echocardiographic measurements numbers

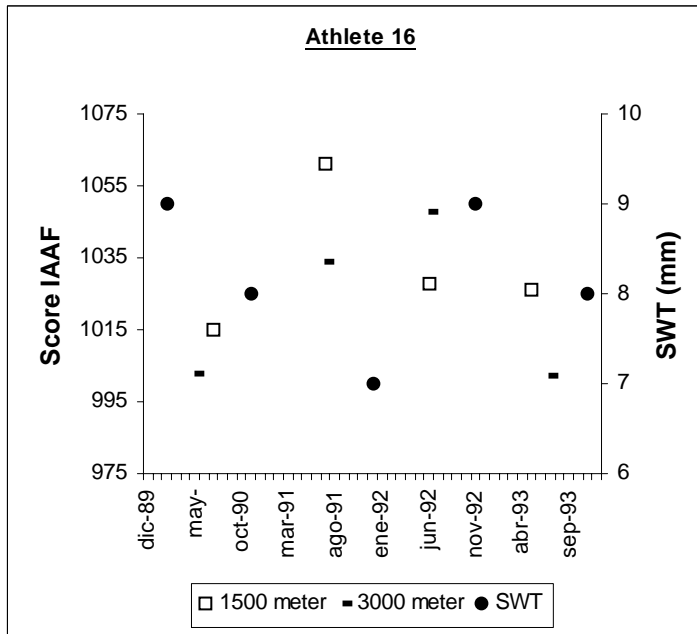
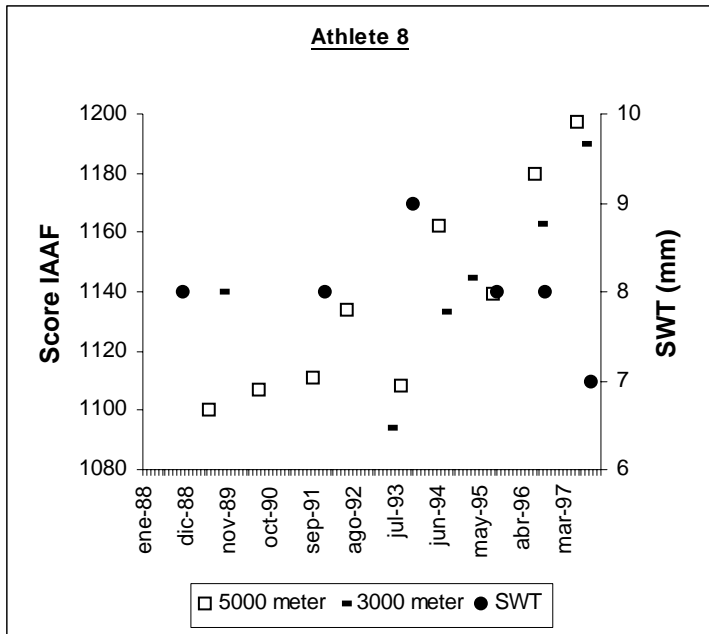
Tabla II: Correlación entre el VTD/SC y el resto de variables ecocardiográficas en las atletas femeninas

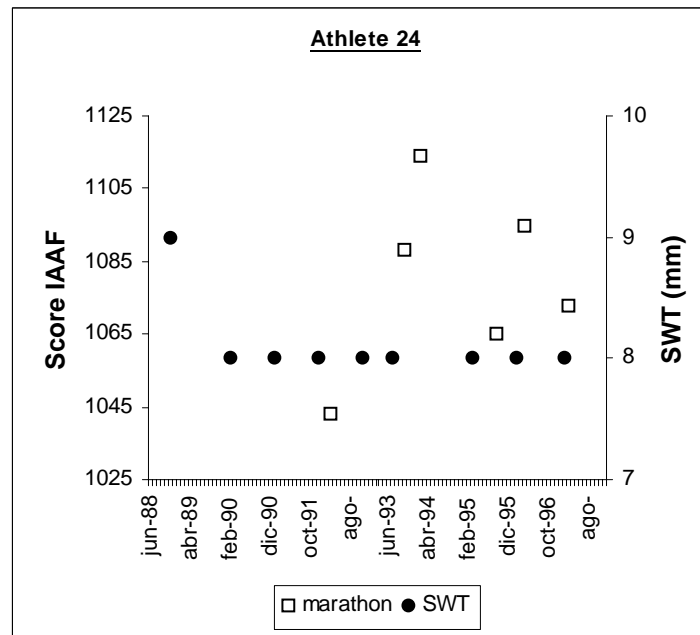
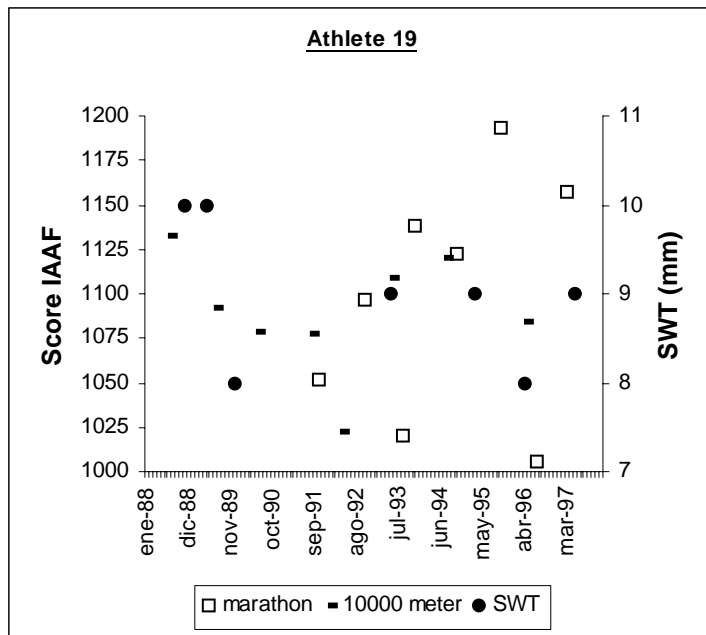
Con los resultados encontrados se demuestra que las variaciones observadas en la cavidad ventricular izquierda no están asociadas a cambios proporcionales en el resto de cavidades cardíacas, ventrículo derecho y aurícula izquierda.

En 7 deportistas, "Atletas 1, 3, 8, 13, 16, 23 y 24" el VTD/SC correlacionó significativamente de forma negativa con el PP y/o SIV y en los "Atletas 6 y 19" la probabilidad de significación estuvo muy próxima a 0,05. A modo de muestra, en los siguientes gráficos se expone la evolución del SIV en relación a la marca en 6 de estos deportistas.

Figura 3: Representación gráfica de la relación entre el septo interventricular y el rendimiento en competición (Puntos IAAF) a lo largo de varios años en seis atletas.







No se observa una adaptación de los espesores cardíacos asociada al entrenamiento, y tanto del análisis gráfico como de los resultados estadísticos podemos comprobar que las pequeñas fluctuaciones están en relación a variaciones importantes del VTD/SC.

Análisis estadístico, correlación de las variables ecocardiográficas con el rendimiento en competición

Es difícil en un estudio de estas características asociar estadísticamente las variables fisiológicas con el rendimiento: lesiones, atletas que se especializan en otras pruebas, tiempo transcurrido entre la marca y la valoración, número de mediciones y de marcas, etc. No obstante y a pesar de estas dificultades nosotros hemos considerado que este análisis proporciona información útil para confirmar los resultados encontrados en la representación gráfica. Asimismo, hemos creído

conveniente indicar cada una de las fechas que fueron asociadas: valoración cardiológica – rendimiento en competición. En los “Atletas 11, 12 , 17, 18 y 23” no se pudo realizar este análisis debido a que no se dispuso de al menos 4 muestras correspondientes a una misma prueba de competición., y en los “Atletas 7 y 13” sólo se pudo hacer este estudio con el rendimiento obtenido en la segunda prueba en que obtuvieron mayor puntuación IAAF.

Table III: Correlation between echocardiographic variables and competition output in male athletes.

	“Athlete 1” 800 meters	“Athlete 2” 800 meters	“Athlete 3” 800 meters	“Athlete 4” 800 meters	“Athlete 5” 1500 meters	“Athlete 6” 1500 meters	“Athlete 7” 1500 meters	“Athlete 8” 5000 meters	“Athlete 9” marathon	“Athlete 10” marathon
1st Measure	Jan 89 – Aug 88	Apr 89 – Jul 89	Oct 92 – Jun 92	Mar 93 – Aug 92	Dec 89 – Jun 89	Feb 90	Dec 89 – Jun 89	Nov 88 – Jun 89	May 90 – Sep 91	May 93 – Aug 93
2nd Measure	Feb 90 – Jun 89	Nov 90 – Ago 90	Feb 94 – Jul 93	Nov 93 – Jun 93	Nov 90 – Jun 90	Nov 90 – Jun 90	Nov 90 – Sep 90	Dec 91 – Sep 91	May 93 – Oct 93	Jun 95 – Feb 95
3rd Measure	Nov 90 – Jun 90	Oct 93	Jan 95 – Jun 94	Oct 94 – Jun 94	Dec 91 – Jun 91	Dec 91 – Jun 91	Oct 94 – Jun 94	Nov 93 – Aug 93	Mar 95 – Abr 95	Apr 96 – Dec 95
4th Measure	Dec 91 – Jul 91	Oct 94 – Jun 94	Nov 95 – Jul 95	Sep 95 – Jul 95	Sep 92 – Jun 92	Sep 92 – Jun 92	Oct 96 – May 96	Sep 95 – Aug 95	Dec 95 – Feb 96	May 97 – Sep 97
5th Measure	Mar 92 – Jun 92	Oct 95 – Jul 95	Oct 96 – Jun 96	Oct 96 – May 96	Nov 93 – Jun 93	Nov 93 – Jul 93	Oct 97 – Jul 97	Oct 96 – Jul 96	May 97 – Ago 97	
6th Measure	Nov 93 – Jul 93	Sep 96 – Jul 96			Oct 94 – Jul 94	Oct 94 – Jul 94		Oct 97 – Jun 97		
7th Measure	Oct 94 – Jun 94	Oct 97 – Jul 97			Sep 95 – Jun 95	Sep 95 – Jul 95				
8th Measure	Sep 95 – Jul 95				Oct 96 – Jun 96	Oct 96 – Jun 96				
9th Measure	Oct 96 – Jun 96				Oct 97 – Jun 97	Oct 97 – Jul 97				
LVV/BS (ml/m²) (end diastolic) Score IAAF	r = 0,84 (9) **	r = -0,58 (6)	r = 0,98 (5) **	r = 0,34 (5)	r = 0,29 (9)	r = 0,58 (8)	r = 0,93 (5) *	r = 0,88 (6) *	r = 0,84 (5) p = 0,077	r = 0,96 (4) *
LVV/BS (ml/m²) (end systolic) Score IAAF	r = 0,28 (9)	r = -0,31 (6)	r = 0,48 (5)	r = -0,06 (5)	r = 0,61 (9) p = 0,083	r = -0,14 (8)	r = 0,17 (5)	r = 0,92 (6) **	r = 0,72 (5)	r = 0,65 (4)
RVD (mm) Score IAAF	r = 0,51 (8)	r = 0,55 (5)	r = 0,64 (5)	r = 0,87 (5) p = 0,056	r = 0,76 (9) *	r = 0,13 (8)	r = -0,33 (5)	r = -0,28 (5)	r = 0,83 (5) p = 0,079	r = 0,11 (4)
LAD (mm) Score IAAF	r = 0,39 (8)	r = 0,58 (5)	r = 0,54 (5)	r = -0,30 (5)	r = -0,31 (9)	r = -0,60 (8)	r = 0,06 (5)	r = 0,27 (5)	r = -0,12 (5)	r = 0,40 (4)
PWT (mm) Score IAAF	r = -0,80 (9) **	r = 0,20 (6)	r = -0,93 (5) *	r = 0,60 (5)	r = -0,70 (9) *	r = -0,57 (8)	r = 0,37 (5)	r = -0,92 (6) **	r = 0,31 (5)	r = -0,63 (4)
SWT (mm) Score IAAF	r = -0,80 (9) **	r = 0,30 (6)	r = -0,81 (5) p = 0,098	r = 0,30 (5)	r = -0,70 (9) *	r = -0,35 (8)	r = 0,34 (5)	r = -0,69 (6)	r = 0,21 (5)	r = -0,42 (4)

LVV/BS = Left ventricular volume / body surface; RVD = Right ventricular diameter; LAD = Left auricle diameter; PWT = Posterior wall thickness; SWT = Septal wall thickness.

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

The first date corresponds to the moment of the echocardiographic valuation and the second one to best seasonal record.

A single date corresponds to an echocardiographic valuation that does not correspond to a close record.
 () = echocardiographic measurements numbers

Tabla III: Correlación entre las variables ecocardiográficas y el rendimiento en competición en los atletas masculinos

Table IV: Correlation between echocardiographic variables and competition output in female athletes.

	“Athlete 13” 400 meters	“Athlete 14” 800 meters	“Athlete 15” 1500 meters	“Athlete 16” 1500 meters	“Athlete 19” marathon	“Athlete 20” marathon	“Athlete 21” marathon	“Athlete 22” marathon	“Athlete 24” marathon
1 st Measure	Nov 88 – Jun 88	Feb 93 – Jul 92	Dec 89 – Feb 90	Feb 90 – Jul 90	Nov 88	May 93 – Oct 93	May 93 – Oct 93	May 93 – Oct 93	Nov 88
2 nd Measure	Feb 90 – May 89	Oct 94 – Jun 94	Oct 90	Nov 90	May 89	Feb 95 – Apr 95	Mar 95 – Apr 95	Jun 95 – Oct 95	Feb 90
3 rd Measure	Jan 91 – May 90	Nov 95 – Jul 95	Nov 91	Dec 91 – Jul 91	Dec 89	Jun 95	Apr 96 – Feb 96	Apr 96 – Jul 96	Ene 91
4 th Measure	Mar 92 – Jul 92	Oct 96 – Jul 96	Nov 92 – Aug 92	Nov 92 – Jun 92	May 93 – Aug 93	Apr 96 – Jan 96	May 97 – Nov 96	May 97 – Oct 97	Dec 91 – Mar 92
5 th Measure		Oct 97 – May 97	Oct 93 – Aug 93	Nov 93 – May 93	Mar 95 – Oct 94	Nov 96 – Dec 96			Nov 92
6 th Measure			Oct 94 – Aug 94		Apr 96 – Oct 95	May 97			Jul 93 – Oct 93
7 th Measure			Oct 95 – Aug 95		May 97 – Mar 97				Mar 95 – Sep 95
8 th Measure			Sep 96 – Sep 96						Feb 96 – Apr 96
9 th Measure			Oct 97 – Aug 97						Feb 97 – Mar 97
LVV/BS (ml/m ²) (end diastolic) Score IAAF	r = 0,84 (9) **	r = -0,58 (6)	r = 0,98 (5) **	r = 0,34 (5)	r = 0,29 (9)	r = 0,58 (8)	r = 0,93 (5) *	r = 0,88 (6) *	r = 0,84 (5) p = 0,077
LVV/BS (ml/m ²) (end systolic) Score IAAF	r = 0,28 (9)	r = -0,31 (6)	r = 0,48 (5)	r = -0,06 (5)	r = 0,61 (9) p = 0,083	r = -0,14 (8)	r = 0,17 (5)	r = 0,92 (6) **	r = 0,72 (5)
RVD (mm) Score IAAF	r = 0,51 (8)	r = 0,55 (5)	r = 0,64 (5)	r = 0,87 (5) p = 0,056	r = 0,76 (9) *	r = 0,13 (8)	r = -0,33 (5)	r = -0,28 (5)	r = 0,83 (5) p = 0,079
LAD (mm) Score IAAF	r = 0,39 (8)	r = 0,58 (5)	r = 0,54 (5)	r = -0,30 (5)	r = -0,31 (9)	r = -0,60 (8)	r = 0,06 (5)	r = 0,27 (5)	r = -0,12 (5)
PWT (mm) Score IAAF	r = -0,80 (9) **	r = 0,20 (6)	r = -0,93 (5) *	r = 0,60 (5)	r = -0,70 (9) *	r = -0,57 (8)	r = 0,37 (5)	r = -0,92 (6) **	r = 0,31 (5)
SWT (mm)	r = -0,80	r = 0,30	r = -0,81	r = 0,30	r = -0,70	r = -0,35	r = 0,34	r = -0,69	r = 0,21

Score IAAF	(9) **	(6)	(5) p = 0,098	(5)	(9) *	(8)	(5)	(6)	(5)
------------	-----------	-----	------------------	-----	----------	-----	-----	-----	-----

p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01

The first date corresponds to the moment of the echocardiographic valuation and the second one to best seasonal record.

A single date corresponds to an echocardiographic valuation that does not correspond to a close record.

() = echocardiographic measurements numbers

Tabla IV: Correlación entre las variables ecocardiográficas y el rendimiento en competición en las atletas femeninas

El VTD/SC se relacionó positivamente con el rendimiento, encontrándose en muchos deportistas significación estadística o probabilidades cercanas a 0,05. El VTS/SC y el VD también cambian con los ciclos de entrenamiento, pero apenas se encuentra correlación con el rendimiento, mientras que para la AI no se encontraron resultados relevantes.

En algunos atletas los espesores cardíacos se relacionaron negativamente con el rendimiento, esta asociación desapareció cuando se hizo un análisis de correlación parcial controlando la influencia del VTD/SC.

4. DISCUSIÓN

Desde que Morganroth y cols. (1975) formularon el factor diferencial del tipo de entrenamiento sobre la víscera cardíaca, se ha discutido sobre la relación armónica en la adaptación de las cavidades y grosores cardíacos en deportistas de velocidad y de fondo (Ikäeimo y cols., 1979; Fisher y cols., 1989; Elias y cols., 1991; Calderon, 1993).

Perrault y Turcotte (1994), en base a datos de investigaciones ecocardiográficas realizadas en los últimos 20 años entre 1000 atletas y 800 sujetos y a las diferencias encontradas en estudios longitudinales que duraban entre 4 y 52 semanas, ponen en duda los cambios en la morfología cardíaca inducidos por el entrenamiento debido a que las diferencias encontradas para el PP están por debajo de la resolución técnica y a que los incrementos en la cavidad ventricular izquierda se encuentran cercanos a esta resolución y además su medida puede estar influenciada por los efectos de la bradicardia y de la expansión del volumen de plasma.

El número de sujetos, heterogeneidad de deportes y de rendimiento incluidos en una misma muestra, variaciones antropométricas, unidades de medida diferentes, estudios longitudinales de corta duración y errores asociados a la técnica de medida, son causas de la controversia existente sobre la adaptación cardíaca al entrenamiento.

Este estudio demuestra que en deportistas de elite las dimensiones cardíacas cambian con los ciclos de entrenamiento como una adaptación al entrenamiento de tipo aeróbico y que los incrementos en la cavidad ventricular izquierda no se acompañan de variaciones semejantes en el resto de cavidades. Estas variaciones son muy superiores a las que se han atribuido a la limitación de la resolución técnica y a cambios en la frecuencia cardíaca basal y volumen de plasma.

Por el contrario en atletas de esta categoría los espesores cardíacos no se modifican sustancialmente, y las pequeñas alteraciones van asociadas a cambios en el VTD; un gran incremento de VTD conlleva un estiramiento de la cámara ventricular izquierda lo que produce un adelgazamiento de los muros ventriculares del mismo modo que ocurre al inflarse un globo (Perrault y Turcotte, 1994).

El principal hallazgo de este trabajo es que el VTD/SC se relaciona con el registro deportivo. En una investigación paralela (no publicada) se clasificó a una muestra de 135 atletas masculinos en función de la prueba de competición, a pesar de que en cada grupo el coeficiente de variación de la marca fue inferior al 3%, el VTD y el VTD/SC correlacionaron significativamente con la velocidad de competición en casi todas las distancias. Queremos además resaltar que en este mismo proyecto el $\text{VO}_2 \text{ max}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) no se correlacionó en ninguno de los grupos ni con la marca ni con el VTD/SC, resultados idénticos encontramos al realizar un análisis longitudinal con estos mismos deportistas presentados en este trabajo. Por consiguiente, la influencia que el VTD/SC tiene sobre el registro deportivo está sujeta a otros mecanismos distintos a la captación maximal de oxígeno: economía funcional y coste de oxígeno, termorregulación, redistribución sanguínea, eliminación de productos derivados del metabolismo (lactato, CO_2), procesos de recuperación etc.

5. CONCLUSIÓN

El entrenamiento de resistencia produce un incremento considerable de las cavidades cardíacas incluso en deportistas de nivel internacional, especialmente en la dimensión del ventrículo izquierdo; en cambio las modificaciones inducidas por el entrenamiento en los espesores cardíacos son insignificantes y su variación se encuentra vinculada a alteraciones sustanciales del VTD.

Este estudio demuestra que el VTD/SC se relaciona de forma importante con el rendimiento en competición, apoyándonos además en otras investigaciones que estamos realizando podemos afirmar que esta variable tiene en grupos muy homogéneos un poder de predicción de la marca muy superior al de otras variables evaluadas tradicionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

- Calderon FJ (1993). Análisis comparativo mediante ecocardiografía Doppler color entre atletas de resistencia y velocidad. **Tesis Doctoral**. Facultad de Medicina (Universidad Complutense de Madrid)
- Elias BA, Berg KE, Latin RW, Mellion MB, Hofschire PJ (1991). Cardiac structure and function in weight trainers, runners, and runner/weight trainers. **Res Q Exerc Sports**. 62 (3): 326-332.
- Fisher AG, Adams T, Yanowitz F, Ridges JD, Orsmond G (1989). Noninvasive evaluation of world class athletes engaged in different modes of training. **Am J Cardiol**. 63: 337-341
- Ikäheimo MJ, Palatsi IJ, Takkunen JT (1979). Noninvasive evaluation of the athletic heart: sprinters versus endurance runners. **Am J Cardiol**. 44: 24-30
- Morganroth J, Maron HJ, Henry WL, Epstein SE (1975). Comparative left ventricular dimensions, volumes and performance. **Ann Intern Med**. 82: 521-524.

- Pelliccia A, Barry J, Maron D, Spataro A, Proschan M, Spirito P (1991). The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. **N Engl J Med.** 324: 295-301.
- Perrault H, Turcotte RA (1994). Exercise-induced cardiac hypertrophy. Fact or fallacy?. **Sports Med.** 17 (5): 288-308
- Serra R (1991). Diagnóstico y valoración clínica de la hipertrofia ventricular izquierda en atletas. **Archivos de Medicina del Deporte.** 32: 331-333.
- Serra R, Ferrés P, Garrido E, Prat T, Carrió I (1994). Valoración de la hipertrofia ventricular izquierda en deportistas con ecocardiograma y antimiosina. **Archivos de Medicina del Deporte.** 42: 127-131.
- Spiriev B (1998). **IAAF scoring tables of athletics.** IAAF.