

# Valoración de la frecuencia cardiaca durante el entrenamiento en jóvenes gimnastas\*

**ALFREDO IRURTIA AMIGÓ\*\***

Licenciado en Educación Física. Profesor del INEFC-Barcelona

**MICHEL MARINA EVRARD\*\*\***

Doctor en Educación Física. Profesor del INEFC-Barcelona

**PEDRO A. GALILEA BALLARINI\*\*\*\***

Licenciado en Medicina. Médico del Departamento de Fisiología del CAR de Catalunya

**ALBERT BUSQUETS FACIABÉN\*\*\*\*\***

Licenciado en Educación Física. Investigador en Formación del INEFC-Barcelona

## Correspondencia con autores

\*\* [alfredo.irurtia@inefc.net](mailto:alfredo.irurtia@inefc.net)

\*\*\* [michel.marina@inefc.net](mailto:michel.marina@inefc.net)

\*\*\*\* [galilea@car.edu](mailto:galilea@car.edu)

\*\*\*\*\* [albert.busquets@inefc.net](mailto:albert.busquets@inefc.net)

## Resumen

El incremento en la duración de los ejercicios, y por lo tanto en la necesidad de mantener valores elevados de fuerza muscular durante más tiempo, podría hacer reconsiderar la importancia de la preparación aeróbica en gimnasia artística masculina (GAM). Por otra parte, así como la demanda cardiaca durante la competición poco tiene que ver con la del entrenamiento, también cabe esperar diferencias entre gimnastas adultos (con más dificultades y un mayor repertorio) y jóvenes gimnastas (con elementos de base y un menor repertorio).

En este estudio, se registra la FC durante 15 sesiones de entrenamiento en 5 gimnastas de 9 años de edad. Además de querer determinar las exigencias cardiacas (FC) a las que se ven sometidos, se pretende averiguar si la FC es un indicador útil de la carga de entrenamiento.

Los resultados demuestran que la FC, al igual que sucede cuando se valora el esfuerzo competitivo en gimnastas adultos de élite, no resulta conveniente como indicador del esfuerzo de entrenamiento en jóvenes gimnastas. A pesar de estructurar la sesión mediante BM (bloques metodológicos con contenidos de trabajo intencionadamente semejantes), la afectación cardiaca varía, no solo entre sujetos, sino para un mismo sujeto en días diferentes. Puede que determinadas formulaciones de estimación de la carga externa, basadas más en el contenido que en la demanda cardiaca, resulten más convenientes para ajustar la carga de entrenamiento.

## Palabras clave

Entrenamiento, Frecuencia cardiaca, Gimnasia artística, Niños.

## Abstract

### *Heart rate monitoring during training in young gymnasts*

*The increase of exercises' duration, and therefore the necessity of high muscle strength value maintenance during more time, could invite us to reconsider the importance of the aerobic training in men's artistic gymnastics (MAG). On the other hand the profile of the cardiac demand during competition has little to do with the one during training, besides the expected differences between adults (with more difficulties and a larger repertoire) and young gymnasts (with basic elements and a smaller repertoire).*

*In this study the heart rate is monitored during 15 training sessions with 5 gymnasts of 9 years of age. In addition, to determine the cardiac demand (HR) during training, we want to verify if the heart rate (HR) is a useful register of the work load.*

*The results demonstrated that HR, used in the same way as we register the competitive effort in adult elite gymnasts, is not convenient as an indicator of the training effort in young gymnasts. In spite of having organised the session by means of BM (methodological blocs with intentionally similar work contents), the cardiac affectation varies, not only between subjects, but also for a same subject in different days. It is possible that some estimation formulae of the external work load, based more on the content than on the cardiac demand, may be more appropriate to adjust the training load.*

## Key words

*Training, Heart rate, Artistic gymnastics, Children.*

## Introducción

El año 2006 supuso una revolución para la gimnasia artística (GA). La Federación Internacional de Gimnasia (FIG) puso en vigencia el nuevo código de puntuación que, según sus propias fuentes, debía representar una nueva forma de plantearse la competición gimnástica y por ende su propio proceso de preparación.

El objetivo final era que los gimnastas realizaran más dificultades, de forma más variada, y con una mejor ejecución técnica. Supuso así toda una declaración de intenciones donde el aumento del número de dificultades por unidad de tiempo, así como el propio aumento del tiempo de los ejercicios, debía jugar un papel determinante.

Esto fue así desde los primeros campeonatos y lo es

\* Estudio realizado con el apoyo de la Secretaria General de l'Esport y el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

actualmente (*Tabla 1*): ejercicios de suelo con 4 diagonales acrobáticas además de un lateral que prácticamente se puede considerar una 5ª diagonal; ejercicios de anillas con más elementos de fuerza; ejercicios de paralelas marcadamente dinámicos y cada vez más semejantes a la barra fija en cuanto a su composición, etc.

Como se puede apreciar en la *tabla 1*, todas las rutinas de competición, excepto las de paralelas y salto, vieron sustancialmente incrementadas sus duraciones si las comparamos con las realizadas en el año 1999 (Jemni, Friemel, Sands, Mikesky, 2001).

Bajo esta perspectiva, el nuevo marco ofrece la oportunidad tanto a técnicos como a científicos, de replantearse alguno de los factores condicionantes del rendimiento gimnástico que hasta ahora no han sido del todo considerados.

La investigación sobre bioenergética en GA viene condicionada por las características intrínsecas de un deporte técnico-combinatorio donde la variabilidad de factores de rendimiento es más elevada y compleja que en otros deportes (Bale y Goodway, 1990; Martos, 1991). El mayor rol en el proceso de entrenamiento y la competición lo adquieren los factores neuromusculares, principalmente aquellos relacionados con aspectos coordinativos y/o de habilidad, es decir, aquellos relacionados con componentes técnicos (Astrand y Rodahl, 1977). Se valora el rendimiento competitivo a través de la evaluación de la excelencia técnica, según el establecimiento de unos criterios arbitrarios, estandarizados y normativos, definidos en el código de puntuación de la FIG. A todo ello hay que añadir el hecho de que el componente técnico en GA conlleva, de forma implícita, la necesidad imperativa de poseer niveles de condición física elevados (Bale y Goodway, 1990; Martos, 1991; Sands, Irvin, Major, 1995).

La contribución internacional de las ciencias experimentales en GA se ha visto incrementada de forma notable año tras año. Dichas aportaciones se vinculan a estudios en relación a factores morfológicos, biomecánicos, epidemiológicos, deportivos, y metabólicos. En relación a éstos últimos, predominan aquellos que centran su análisis en la gimnasia artística durante el esfuerzo gimnástico de competición, en gimnastas adultos de élite (*Tabla 2*). En cambio, mucho más escasos son aquellos referidos a los jóvenes gimnastas en su proceso de entrenamiento y formación hacia el alto rendimiento deportivo (*Tabla 3*).

En relación a la valoración metabólica del proceso de entrenamiento gimnástico, cabe advertir sobre ciertos factores que la condicionan, como por ejemplo el propio comportamiento de la frecuencia cardiaca (FC). Efectivamente, multitud de acciones musculares, constantes cam-

Aparatos	Código FIG antiguo (s)*	Código FIG 2006 (s)**
Suelo	61 ± 4	64 ± 6
Caballo con Arcos	32 ± 6	39 ± 8
Anillas	31 ± 5	44 ± 5
Plataforma de Saltos	6 ± 0,5	5 ± 0,5
Paralelas	41 ± 5	38 ± 2
Barra Fija	37 ± 7	44 ± 3

\* Campeonato del Mundo Tianjin, 1999 (Jemni et al., 2001).  
\*\* Campeonato de Europa Volos, 2006 (datos propios).

**Tabla 1**

Comparación entre la duración (s) de los ejercicios competitivos en GAM bajo la estructura del antiguo y actual Código FIG.

bios posicionales y rotacionales del cuerpo, dificultan el hecho de poder valorarla de la misma forma que en aquellos esfuerzos constantes y estables que se protocolarizan en los laboratorios (Jemni, Friemel, Sands, Mikesky, 2001). Todo ello se agudiza, por ejemplo, cuando se trata de valorar esfuerzos isométricos máximos en poblaciones prepuberales: la mayoría de tests se basan en protocolos submáximos (30%-50% de una contracción máxima isométrica) debido a la incapacidad de los jóvenes sujetos a la hora de mantener una contracción isométrica máxima el suficiente tiempo como para efectuar mediciones hemodinámicas estables (Braden y Strong, 1989). Baste señalar el ejemplo de un simple apoyo invertido mantenido durante 30 s, comúnmente denominado “vertical” o “pino”, para advertir sobre la complejidad que supone valorar determinados parámetros fisiológicos en esta especialidad deportiva: cuando el gimnasta se coloca en vertical, se produce una disminución aproximada del 20% de la FC a partir de los 5 s. Una vez ésta ha finalizado y transcurridos 10 s, la FC vuelve a sus valores iniciales. La disminución de la FC se explica por el aumento del volumen de eyección sistólico producido para compensar el repentino aumento del retorno venoso durante la inversión del cuerpo (Montpetit, 1976).

Otro de los fenómenos que condicionan la FC durante el esfuerzo gimnástico, es la maniobra de Valsalva, ampliamente analizada (Colman, 1965; Hill, 1991; Fuenmayor, Fuenmayor, Winterdaal, Londono, 1992; Turley, Martin, Marvin, Cowley, 2002), y citada en diversos estudios realizados con gimnastas (Montpetit, 1976; Goswami y Gupta, 1998; Jemni, Friemel, Le Chevalier, Origas, 2000; Viana y Lebre, 2005).

Sujetos (n)	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	Sexo	Nivel	Práctica (h/sem.)	FCmax Laborat. (lat/min)	FCmax Situación práctica (lat/min)	FCmedia Situación práctica (lat/min)	VO <sub>2</sub> max Laboratorio (ml/kg/min)	VO <sub>2</sub> Situación de práctica (ml/kg/min)	Autor, fecha
10	23,7 ± 1,8	69 ± 4,5	172,4 ± 4,0	M	Nacional	-	-	151	136 ± 9,0	-	18,5 ± 3,4	Seligier, 1970
8	Adultos	-	-	M	Internacional	-	-	181,7 ± 4,6	≥ 140	51,6	19,5 ± 3,0	Montpetit, 1976
5	24,2 ± 3,1	63,5 ± 2,4	169,4 ± 4,0	M	Universitario	5	-	186,0 ± 10,6	169,5 ± 13,6	49,6 ± 4,9	-	Goswami y Gupta, 1998
7	18,4 ± 1,1	66,1 ± 3,9	171,6 ± 6,2	M	Internacional	20	188,9 ± 8,0	179,5 ± 10,2	166,3 ± 10,1	52,6 ± 3,02	47,03 ± 4,35	Jemmi et al., 1998
9	18,6 ± 1,2	65,3 ± 4,4	169,3 ± 6,4	M	Nacional Internacional	-	191 ± 8,0	-	-	53,1 ± 3,2	-	Le Chevalier et al., 1998
7	18,7 ± 1,3	66 ± 3,0	170 ± 6,0	M	Nacional Internacional	-	190 ± 8,0	188	122 ± 7,0	52,5 ± 2,9	-	Le Chevalier et al., 1999

▲ **Tabla 2**  
Estudios con gimnastas adultos en GAM en base a la relación entre FC y VO<sub>2</sub>.

Sujetos (n)	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	Sexo	Nivel	Práctica (h/sem.)	FCmax Laborat. (lat/min)	FCmax Situación práctica (lat/min)	FCmedia Situación práctica (lat/min)	VO <sub>2</sub> max Laboratorio (ml/kg/min)	VO <sub>2</sub> Situación de práctica (ml/kg/min)	Autor, fecha
30 + 30	9,3 ± 0,4	25,5 ± 4,5	131,2 ± 2,3	F/M	Recreacional	Esporádico 20' práctica	-	170,6 ± 19,9	146,6 ± 20,5	-	-	Faria y Phillips, 1970
5	15 ± 1,4	56,5 ± 12,6	160 ± 1,0	M	Nacional Internacional	16-18	197,6 ± 9,4	180	160	54 ± 3,5	-	Groussard y Delamarche, 2000

▲ **Tabla 3**  
Estudios con jóvenes gimnastas en GAM en base a la relación entre FC y VO<sub>2</sub>.

Si atendemos a estudios realizados en situación de práctica real, generalmente durante la competición, se ha observado una respuesta anticipatoria en forma de aumento de la FC previa a la ejecución del ejercicio gimnástico (Montpetit, 1976; Goswami y Gupta, 1998; Jemni et al., 2000; Viana y Lebre, 2005). La preadaptación del sistema simpático, condicionado por un entorno hormonal hiperactivado, podría ser la principal causa de éste hecho (Vander, Sherman, Luciano, 1970).

Tampoco se pueden obviar factores de origen psicofisiológico tales como el miedo o la propia ansiedad ante la realización de determinadas acrobacias, que condicionan de igual forma el comportamiento de la FC (Kniffin, Whitaker, Harry, 1976; Tremayne y Barry, 1988; Marina, 1990; Jemni, Friemel, Le Chevalier, Origas, Barbieri, Thoule, Mermet, 1998). Dichos factores podrían provocar, en ciertos casos, un aumento de la FC sin el correspondiente aumento del  $\dot{V}O_2$  al no producirse demanda física alguna (Montgomery y Beaudin, 1982). Bajo esta perspectiva los mismos autores señalan la pertinencia de utilizar la FC, por encima del  $\dot{V}O_2$ , para valorar el estrés total (físico y psicológico) del sistema cardiovascular en GA. Por ello y por anteriores factores, el propio modelo de estimación del  $\dot{V}O_2$  y el gasto energético a través de la FC se sobrestimaría alrededor de un 15% (Astrand y Rodahl, 1977; Rodríguez y Aragonés, 1992; Bunc y Petrizilkova, 1994).

En gimnasia artística masculina (GAM) la participación del tren superior es protagonista indiscutible en los aparatos de caballo con arcos, anillas, paralelas y barra fija. Cabría tener en cuenta las diferencias en las respuestas metabólicas entre brazos y piernas. En este sentido, la literatura muestra resultados dispares. Si atendemos a recientes estudios realizados sobre población no deportista, en todos ellos se registran valores menores de la FC al realizar movimientos con los brazos (Yoshiga y Higuchi, 1999; Marais, Dupont, Maillet, Weissland, Vanvelcenacher, Pelayo, 2002; Schneider, Wing, Morris, 2002). En cambio, no se hallaron diferencias significativas a nivel de FC en un ejercicio de pedaleo realizado con brazos y piernas al 20, 40, 60, 80% de la potencia máxima desarrollada (Marais et al., 2002), así como en intensidades superiores al umbral anaeróbico (Schneider et al., 2002). Entre otras razones, los autores anteriores justifican este hecho a partir de un mayor reclutamiento de fibras musculares del tipo II en el trabajo de brazos, metabólicamente insuficientes para este tipo de intensidades. Conscientes de la disparidad de resulta-

dos, los mismos autores señalan la conveniencia de atender la especificidad del ejercicio valorado.

Algo parecido sucede en aquellos estudios que describen las adaptaciones circulatorias ante esfuerzos realizados en diferentes posturas. Uno de los pocos realizados con niños (Braden y Strong, 1989) señala como en la posición de estirados, se produce un aumento del retorno venoso hacia el corazón que provoca un incremento del volumen sistólico en reposo y una concomitante disminución de la FC máxima y submáxima.

Otro punto a destacar son los efectos del momento de inercia al que el cuerpo del gimnasta se ve sometido, llegando a registrar en el caso del Tkachev en barra fija momentos angulares durante la fase de suspensión de  $94,1 \pm 3,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$  a una velocidad del centro de masas de  $5,4 \pm 0,13 \text{ m/s}$  (Bruggemann, Cheetham, Alp, Arampatzis, 1994). La FC aumentaría debido principalmente a la fuerza centrífuga que generan dichos momentos cinéticos, tal y como ocurre por ejemplo ante situaciones provocadas de hipergravedad (Iwasaky, Shiozawa, Kamiya, Michikami, Hirayanagi, Yajima, Iwase, Mano, 2005). El ejercicio de barra fija en GAM, es un claro ejemplo de éste hecho (Goswami y Gupta, 1998; Jemni et al., 1998).

El estado físico (Kozar, 1962), las condiciones ambientales (Skubic y Hodgkins, 1967) y la propia edad del sujeto (Kirby y Kirby, 1997) serían, finalmente, otros valores que cabría tener en cuenta a la hora de utilizar la FC como indicador del esfuerzo gimnástico.

Cabe señalar que, si bien todos los factores de confusión anteriormente citados atestiguan la no conveniencia de utilizar la FC como indicador válido del esfuerzo competitivo en GA de alto nivel (Jemni et al., 2000), sí se reconoce la utilidad práctica de dicho parámetro a la hora de valorar y controlar la globalidad del esfuerzo de entrenamiento, siendo un indicador útil para el entrenador a la hora de reflejar el stress global del sistema cardiovascular para cada evento gimnástico en determinados momentos de la temporada (Faria y Phillips, 1970; Montgomery y Beaudin, 1982; Marina, 1990).

Puede que para ser capaces de afrontar las nuevas reglas del código FIG, sea recomendable analizar las demandas metabólicas del esfuerzo de entrenamiento durante los primeros años de formación del joven gimnasta. Cuanto más se sepa acerca de estas demandas metabólicas, más y mejores criterios se tendrán para lograr gimnastas no únicamente más técnicos, fuertes y flexibles, sino también más resistentes.

El presente estudio describe las demandas cardíacas (FC) durante el proceso de entrenamiento de jóvenes

Bloques metodológicos (BM)	N.º BM/n.º Días	TT/TP Pasada (s)	N.º Picos (N.º Pasadas)	Tiempo total BM (min)	Contenidos
1. Calentamiento general	15/15	TT Continuo	–	15	Implicación metabólica general/Implicación articular (rotaciones y estiramientos)/Tonificación Muscular...
2. Calentamiento específico	15/15	20/40	10	10	Elementos de base técnica: verticales, olímpicos, quintas, mortales...
3. Técnica de base en suelo	15/15	20/70	20	30	Series de elementos combinados sencillos, así como progresiones hacia elementos acrobáticos en suelo...
4. Bloque de fuerza	15/15	45/180	8	30	Circuito de 8 estaciones de fuerza resistencia específica: Incidencia en el tren superior, tren inferior, tren abdominal, y de forma conjunta.
5. Caballo con arcos	07/15	20/70	20	30	Series de molinos en la seta.
6. Barra fija	15/15	30/120	12	30	Trabajo combinado con cintas y calleras de: vuelos, kippes, cuartas, cambios...
7. Paralelas	08/15	20/70	20	30	Vuelos en apoyo de manos.
8. Plataforma de saltos	15/15	70/20	20	30	Circuito de 3 estaciones a realizar de forma consecutiva; 1) salto de paloma, 2) progresión de flic-flac adelante en tumbling; 3) serie de repulsiones en suelo.
9. Cama elástica	15/15	20/70	20	30	Trabajo en circuito de dos estaciones: cama elástica y minitramp; elementos acrobáticos sencillos: mortales, flic flacs, combinación con diferentes impulsos.
10. Flexibilidad	15/15	TT Continuo	–	20	Espagats (frontal, laterales); sapo, puente; "sit and reach" (1 minuto por contenido, realizando tres vueltas enteras de forma consecutiva...).
11. Transición entre bloques	75/15	–	–	5	Período destinado al cambio de aparato o transición entre BM y BM.

**Tabla 4**

Características básicas de cada uno de los BM utilizados para una sesión de 4 horas, aproximadamente (TT: Tiempo de Trabajo; TP: Tiempo de Pausa entre pasadas).

gimnastas seleccionados (GAM), en sus primeras etapas de formación hacia el alto rendimiento deportivo.

## Objetivos

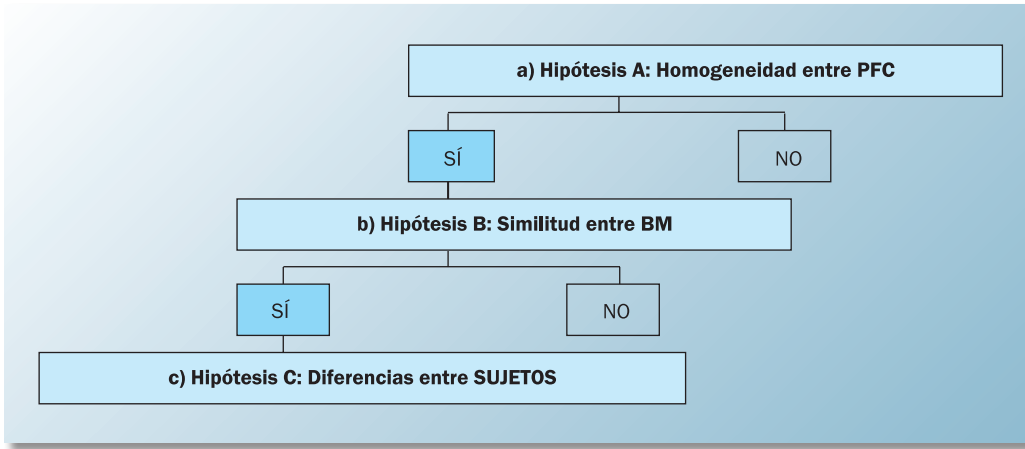
El primer objetivo es determinar cuáles son las exigencias cardíacas (FC) a las que se ven sometidos los jóvenes gimnastas con talento durante su proceso de formación hacia el alto rendimiento.

El segundo objetivo es valorar la viabilidad de la FC como indicador de carga en el proceso de entrenamiento de estos jóvenes gimnastas. Para ello se verificará si para un mismo bloque metodológico (Tabla 4): *a*) se mantienen valores de FC similares al finalizar cada una de las pasadas; *b*) se mantienen valores de FC similares en un sujeto a lo largo de diferentes sesiones; *c*) se mantienen valores de FC similares entre sujetos.

## Método

En el estudio participaron 5 gimnastas varones de  $9 \pm 0,6$  años de edad (talla:  $140 \pm 2$  cm; peso:  $35 \pm 2$  kg) cuyo bagaje deportivo era de 30 meses de entrenamiento en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés a razón de 24 horas a la semana (6 sesiones a la semana).

Se realizó el test de campo de Léger (Léger, Lambert, Goulet, Rowan, Dinelle, 1984) o "Course Navette", en 3 ocasiones con 7 días de diferencia entre tests, obteniendo la FCmax y el  $\dot{V}O_2$ max estimado para cada gimnasta. Se monitorizó la FC (lat/min) a intervalos de 5 s (Polar® Accurex Plus) durante 15 sesiones de entrenamiento. Cada sesión se estructuró en una serie de bloques metodológicos (BM) de contenido fijo ( $n = 11$ ), con un protocolo que asegurase, en la medida de lo posible, la repetitibilidad de los elementos gimnásticos realizados durante el periodo



**Figura 1**  
Estructura temporal que reproduce la lógica interna del tratamiento estadístico utilizado para valorar la viabilidad de la FC como indicador de carga durante el entrenamiento de los gimnastas objeto de estudio.

de estudio. Valga el ejemplo del BM “2” (calentamiento específico) que se realizó 15 veces durante los 15 días monitorizados, con un tiempo de trabajo por pasada de 20 s y un tiempo de recuperación de 40 s. El número total de pasadas (equivalente al número total de valores máximos y/o picos de frecuencia cardiaca máxima –PFC–) se estableció en 10. Por lo tanto, el tiempo total del BM “2” fue de 10 minutos (Tabla 4).

Para descartar el efecto del entrenamiento a lo largo de las 3 “Course Navette” registradas, y para verificar la fiabilidad y variabilidad del test en este colectivo, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (CCI), el coeficiente de variación (CV), y el coeficiente de correlación de Pearson (*r*).

Para resolver el primer objetivo: *a*) se determinaron los estadísticos descriptivos de la FC (lat/min) para cada uno de los BM en base al promedio de los PFC (fin de la subida al aparato), el promedio de las FCmin (final de la recuperación), y el promedio de todo el BM (todo el rango de valores); *b*) se realizó un análisis de frecuencias para comprobar en qué in-

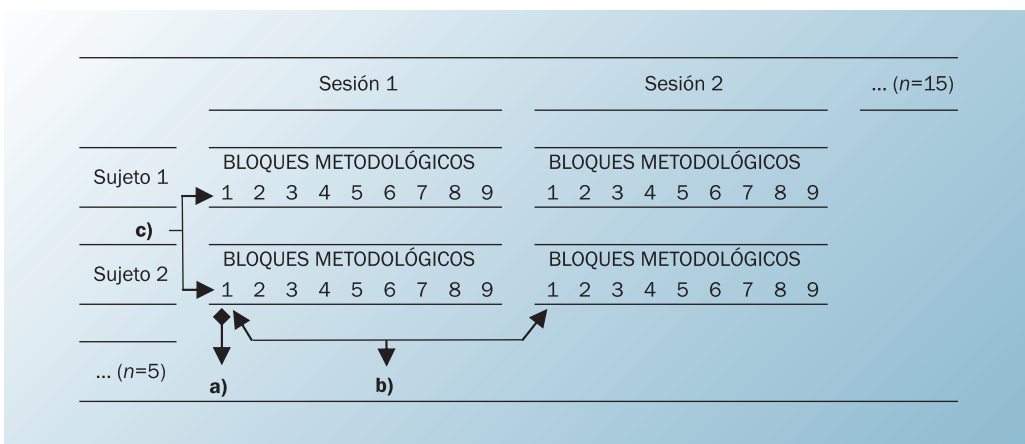
tervalos de trabajo (%FCmax) se situaron los gimnastas durante el entrenamiento.

Para resolver el segundo objetivo se desarrolló una secuencia lógica de hipótesis, donde únicamente la aceptación de la hipótesis precedente permite abordar la siguiente (Figura 1).

El tratamiento estadístico utilizado fue el siguiente (Figura 2): *a*) para comprobar el grado de homogeneidad entre los valores de los PFC “intrabloque” al finalizar cada una de las pasadas al aparato, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (CCI); *b*) para comprobar el grado de similitud entre los valores de PFC de cada BM a lo largo de las sesiones, se utilizó el ANOVA de un factor (factor = sesión); *c*) para comprobar las diferencias entre los valores de PFC de cada sujeto, se utilizó el ANOVA de un factor (factor = sujeto).

## Resultados

La magnitud de las diferencias entre cada una de las pruebas registro o “Course Navette” no son significati-



**Figura 2**  
Modelo de análisis estadístico utilizado. El BM “1” (Calentamiento general) se utiliza a modo de ejemplo.



	x	r	CCI	CV (%)	p ≤
FCmax (lat/min)	200,5 ± 1,5	0,97	0,93	0,7	0,001
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	55,5 ± 1,4	0,89	0,90	2,5	0,001

▲ **Tabla 5**

Valores promedio y estadísticos de fiabilidad (*r*: coeficiente de correlación de Pearson; *CCI*: coeficiente de correlación intraclase; *CV*: coeficiente de variación; *p*: probabilidad de azar) aplicados en el test de la "Course Navette" en gimnastas prepúberes.

Bloques metodológicos (BM)	FCmax (lat/min)	FCmin (lat/min)	FCmed (lat/min)
1. Calentamiento general	161 ± 9,2	89 ± 8,9	124 ± 9,1
2. Calentamiento específico	178 ± 4,1	110 ± 7,6	150 ± 6,2
3. Técnica de base en suelo	168 ± 7,1	96 ± 8,3	131 ± 6,9
4. Bloque de Fuerza	161 ± 9,0	89 ± 7,2	121 ± 7,7
5. Caballo con arcos	173 ± 4,7	96 ± 8,5	131 ± 6,0
6. Barra fija	174 ± 8,3	95 ± 7,8	128 ± 8,6
7. Paralelas	173 ± 8,4	96 ± 5,3	131 ± 7,2
8. Plataforma de saltos	164 ± 3,8	106 ± 6,9	139 ± 4,4
9. Cama elástica	171 ± 6,6	92 ± 6,1	128 ± 5,1
10. Flexibilidad	143 ± 8,6	95 ± 7,8	116 ± 8,7
11. Transición entre bloques	127 ± 8,0	97 ± 7,8	112 ± 7,3

▶ **Tabla 6**

Estadísticos descriptivos básicos de cada uno de los BM utilizados.

vas ( $p \leq 0,001$ ) en ninguno de los sujetos estudiados. El resto de estadísticos indican el alto grado de fiabilidad alcanzado (Tabla 5).

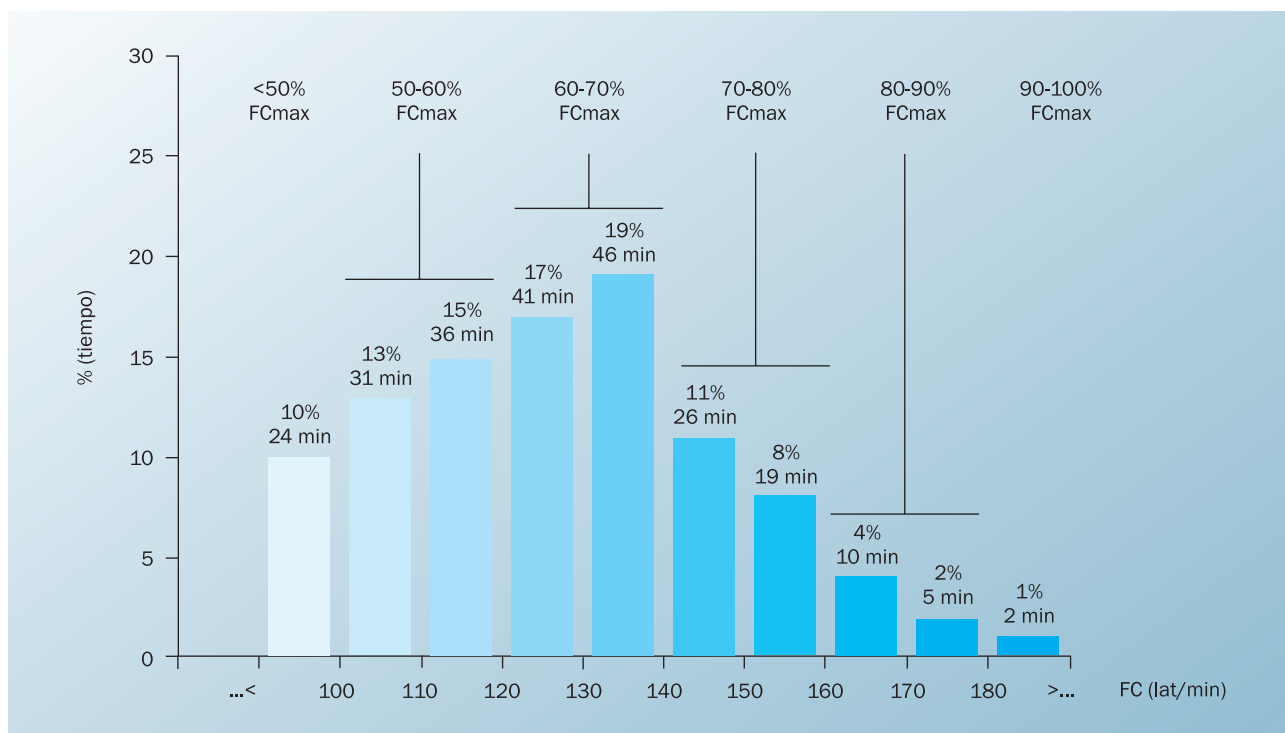
En la tabla 6 se muestran los valores de FC (lat/min) de cada uno de los BM utilizados para estructurar las sesiones de entrenamiento. Dichos valores corresponden al promedio de las FCmax (fin de la subida al aparato), el promedio de las FCmin (final de la recuperación) y el promedio de todo el BM (todo el rango de valores). El calentamiento específico destaca como el BM de mayor intensidad cardiaca en todos los casos. Atendiendo a valores medios, el aparato de salto (plataforma de saltos) registra los siguientes valores más elevados ( $139 \pm 4,4$  lat/min). Los aparatos de suelo, caballo con arcos, paralelas, barra fija y cama elástica registran valores semejantes. Cabe señalar los reducidos valores medios obtenidos en el bloque de fuerza ( $121 \pm 7,7$  lat/min). El BM de menor sollicitación cardiovascular de cuantos conforman la sesión de entrenamiento corresponde al de flexibilidad. En relación a aquellos periodos correspondientes a la transición entre aparatos, destacan sus elevados valores mínimos:  $97 \pm 7,8$  lat/min.

En la figura 3 se muestran los intervalos de FC (lat/

min) en los cuales se sitúan los gimnastas durante la totalidad de la sesión de entrenamiento (4 horas). Se observa como únicamente se registran valores por debajo del 50% de la FCmax durante el 10% del tiempo de la sesión. En el lado opuesto, valores superiores al 80% de la FCmax son alcanzados por estos jóvenes gimnastas el 7% del tiempo total de la sesión. Respecto a ésta, la mayor parte del tiempo (36%) los gimnastas se mantienen en valores comprendidos entre 120-140 lat/min (60-70% FCmax). Finalmente, cabe destacar los 45 minutos (19% del tiempo de la sesión) en los que se alcanzan valores del 70-80% de la FCmax.

En todos los casos, el grado de homogeneidad entre los PFC que conforman cada uno de los BM es significativamente muy elevado ( $CCI = 0,72-0,96$ ;  $p \leq 0,001$ ). Por lo tanto, sí se mantienen valores de FC similares al finalizar cada una de las pasadas al aparato dentro de un mismo BM.

Se hallan diferencias muy significativas ( $p \leq 0,001$ ) al comparar los PFC de un mismo BM repetido a lo largo del tiempo por un mismo sujeto. Por lo tanto, para un mismo BM, no se mantienen valores de FC similares en un mismo sujeto a lo largo de diferentes sesiones. Estos



**Figura 3**

Distribución de frecuencias en intervalos de trabajo sobre los valores medios estimados para la totalidad del grupo de gimnastas: Sesión de entrenamiento: 4 horas.

resultados descartan la pertinencia de analizar la magnitud de las diferencias entre sujetos para un mismo BM.

## Discusión

Se confirman resultados anteriores sobre la fiabilidad y validez del test de la “Course Navette” en población infantil (Léger, Mercier, Gadoury, Lambert, 1988), esta vez en relación a una muestra de gimnastas prepúberes previamente seleccionados y cuya especialización motriz no es precisamente la de la carrera bipédica. Los resultados de la tabla 5 también permiten descartar que hubiese un efecto entrenamiento por las dos primeras pruebas.

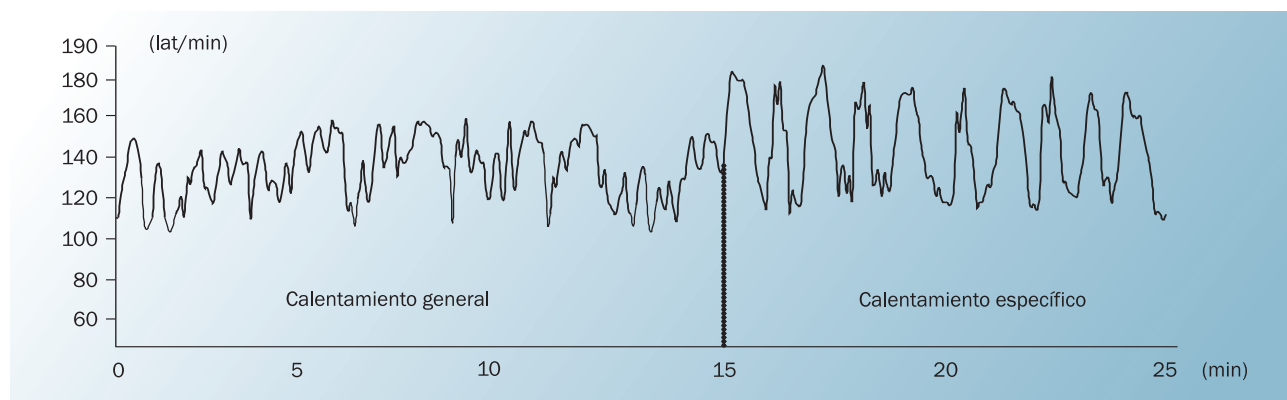
Atendiendo a los valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  obtenidos ( $55,5 \pm 1,4$  ml/kg/min), los gimnastas del presente estudio se sitúan en valores semejantes al único estudio realizado con una muestra semejante (Groussard y Delamarche, 2000). En ambos casos estos valores están considerados como satisfactorios si los comparamos a poblaciones de la misma edad (Léger, 1996).

Según las características metodológicas de cada BM (Tabla 4), se observa que el calentamiento específico (10 min) posee uno de los tiempos de recuperación más

reducidos (40 s, aproximadamente). A pesar de ello, los valores de FC del BM “2” sugieren que todos los sujetos mantienen una elevada intensidad de trabajo, incluso a pesar de la diversidad y complejidad de los elementos gimnásticos que ejecutan (posiciones invertidas de fuerza mantenida, apoyos invertidos con hombros semidislocados...). La alta especificidad de éstos elementos debería condicionar un comportamiento metabólico durante su ejecución ciertamente complejo (Jemni *et al.*, 1998; Jemni *et al.*, 2000).

Bajo una perspectiva similar, podrían justificarse los elevados valores medios hallados en el aparato de salto. Los escasos 20 s de recuperación corresponden al tiempo en que el gimnasta pasa de una estación a otra, cuyo desarrollo se eleva hasta los 70 s, aproximadamente. Bajo estas circunstancias (70% FCmax; Tiempo Total: 30 min), este BM sería el único de cuantos estructuran la sesión de entrenamiento gimnástico que podría considerarse como un bloque de incidencia en la mejora de la base aeróbica (Tschiene, 1984). Este hecho constata de nuevo, las grandes diferencias entre lo que supone el esfuerzo de entrenamiento y el de competición entre gimnastas adultos de élite (saltos de alta dificultad que





**Figura 4**

Curva de FC (lat/min) registrada a lo largo de los BM de Calentamiento general y Calentamiento específico.

requieren tiempos de recuperación elevados) y jóvenes gimnastas en sus primeras etapas de formación hacia el alto rendimiento (entrenamiento en circuito con escasos tiempos de recuperación activa).

En el caso de la técnica de base en suelo, en primera instancia podría aplicarse dicha argumentación, sin embargo en el caso concreto que nos ocupa no se produce. Efectivamente, en los 15 días de seguimiento los jóvenes gimnastas realizaron en suelo elementos sencillos, marcadamente estáticos y con tiempos de pausa lo suficientemente amplios como para prácticamente recuperarse. Esto no excluye que este BM, a criterio de cada entrenador, pueda ser el más adecuado para orientar la carga de entrenamiento hacia dinámicas de trabajo con mayor incidencia aeróbica. Tal es el caso de gimnastas de más elevada edad que la muestra de estudio, cuyo repertorio acrobático se va ampliando en diversidad y dificultad con el paso del tiempo.

El que después de 300 horas (15 días; 4h/día; 5 gimnastas) de registro de FC, con unos contenidos de trabajo marcadamente diferentes entre aparatos, los valores de suelo, caballo con arcos, paralelas, barra fija y cama elástica, sean prácticamente idénticos, sugiere que los valores de FC dependen más de la propia relación entre el tiempo de trabajo y de recuperación, que del propio contenido en sí, al menos en estas edades. Efectivamente, si se observan las características básicas de cada uno de estos BM (Tabla 4), a excepción de barra fija, todos poseen los siguientes registros (TT: 20 s; TP: 70 s; Tiempo Total: 30 min).

Por otra parte, cabe señalar los reducidos valores medios obtenidos en el bloque de fuerza  $121 \pm 7,7$  lat/min. Puede que las características del propio circuito donde el tiempo de recuperación es de 3 min, condicio-

nen dichos valores. Ahora bien, de la misma forma los valores máximos ( $161 \pm 9,0$  lat/min), en relación a los otros BM, son ciertamente reducidos. Este hecho podría justificarse, o bien porque los propios contenidos de trabajo (acciones musculares dinámicas con autocarga a nivel de tren superior, inferior y abdominal) no fueron suficientemente exigentes para los gimnastas o, una vez más, por un tiempo de trabajo excesivo que les impidió desarrollar intensidades más elevadas.

Para entender la baja sollicitación cardíaca del BM de flexibilidad, cabe explicar su ubicación y naturaleza dentro de la sesión: al final de todos los BM, y bajo el esquema de una fase de vuelta a la calma (estiramientos estáticos, pasivos). Al igual que en el calentamiento general, el tiempo de trabajo fue continuo, hecho que queda patente en las gráficas de FC, con la no aparición de los característicos picos máximos del resto de los BM (Figura 4). Además, los gimnastas, seleccionados para entrenar en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés, ya poseían elevados niveles de amplitud de movimiento. En caso contrario, con toda probabilidad este BM se hubiera caracterizado por valores significativamente más elevados de FC. Sería el caso, por ejemplo, de trabajos asistidos o resistidos que permitan alcanzar los rangos de movimientos considerados como óptimos.

Los elevados valores mínimos (FCmin) de las transiciones se enmarcan en la media de otros aparatos (suelo, caballo con arcos, paralelas, barra fija...). Este hecho podría ser debido a la constante motivación de los gimnastas que, gracias al apremio del entrenador, tardaban menos de lo habitual en cambiar de un BM a otro, además de estar siempre en movimiento y de pie.

De las 4 h de entrenamiento, aproximadamente 2:30 h los gimnastas trabajan entre el 50-70% de la

Suelo	Caballo con arcos	Anillas	Plataforma de saltos	Paralelas	Barra fija	Referencia
139	–	–	–	151	–	Seliger, 1970
–	179 ± 4	181 ± 4	–	180 ± 6	182 ± 5	Montpetit, 1976
183 ± 11	173 ± 9	175 ± 10	–	175 ± 15	182 ± 12	Goswami y Gupta, 1998
186 ± 11	185 ± 11	–	162 ± 14	180 ± 11	185 ± 9	Jemni et al., 1998
186	188	187	160	183	187	Le Chevalier et al., 1999
182 ± 2	174 ± 8	170 ± 15	–	176 ± 5	183	Viana y Lebre, 2005

**Tabla 7**

Valores de FCmax (lat/min) obtenidos en diferentes estudios de gimnastas adultos durante las diferentes rutinas competitivas.

FCmax (100-140 lat/min). Estos valores podrían considerarse dentro de la normalidad al contemplar la dinámica de los BM utilizados. Sin embargo, estos valores de FC no reflejan la demanda cardiaca de la globalidad del entrenamiento. Así, los datos obtenidos muestran intensidades de trabajo lo suficientemente elevadas (70-80% FCmax) y mantenidas en el tiempo (45 minutos) como para poder sugerir un tipo de entrenamiento en el que se incide en la mejora del componente aeróbico (Tschiene, 1984). Sin embargo, por la propia naturaleza del esfuerzo gimnástico y como ya se ha justificado anteriormente, únicamente el BM de salto (30 minutos) podría encuadrarse bajo esta perspectiva.

Al representar únicamente el 7% del tiempo total de la sesión, no se puede considerar que los valores de FC superiores al 80% de la FCmax sean representativos del esfuerzo total de ésta. No obstante, estas intensidades sí son representativas de todas aquellas subidas al aparato que han supuesto un esfuerzo submáximo. Además, aunque sus valores no lleguen a ser tan elevados, son los más próximos a los que posteriormente se encontrarán, al finalizar su rutina competitiva (Groussard y Delamarque, 2000).

Los datos del presente estudio sugieren que el perfil de la demanda cardiaca durante el entrenamiento de los jóvenes gimnastas no coincide en absoluto con la de gimnastas adultos durante la competición (Tabla 7). Además, únicamente se ha hallado un estudio, estrictamente descriptivo, sobre el comportamiento de la FC durante el esfuerzo de entrenamiento en adultos (Marina, 1990). Sus resultados confirman las cada vez mayores diferencias entre del proceso de entrenamiento de gimnastas de diferente edad y nivel.

Los PFC son homogéneos únicamente cuando los circunscribimos dentro de un mismo BM, durante un determinado día, en un sujeto en concreto. Sin embargo, las siguientes 2 hipótesis del estudio no se confirman: el

perfil de FC de cada BM no se reproduce de una sesión a otra para un mismo sujeto, y como consecuencia de la anterior, tampoco entre sujetos. La alta variabilidad mostrada por la FC no permite establecer más relaciones que la encontrada en el primer objetivo del estudio. Finalmente, señalar que se inicia una línea de investigación inédita hasta ahora: analizar las demandas metabólicas en gimnasia artística con poblaciones prepuberales durante el entrenamiento.

## Conclusiones

En gimnasia artística el esfuerzo realizado en la élite competitiva difiere del realizado por los jóvenes gimnastas durante sus primeras etapas de preparación. No obstante, la mejora de la base aeróbica en este periodo tampoco queda asegurada por el entrenamiento gimnástico, ya que estará condicionada a la elección por parte del entrenador del tipo y distribución de sus contenidos.

La FC, al igual que sucede cuando se valora el esfuerzo competitivo en gimnasia artística de élite, no resulta conveniente como indicador del esfuerzo de entrenamiento en jóvenes gimnastas. A pesar de estructurar la sesión mediante BM (bloques metodológicos con contenidos de trabajo intencionadamente semejantes), la afectación cardiaca varía, no solo entre sujetos, sino para un mismo sujeto en días diferentes. Su utilidad se circunscribe así a la valoración del entrenamiento de un sujeto en un momento determinado.

Puede que determinadas formulaciones de estimación de la carga externa, basadas más en la dificultad, volumen de repeticiones y tiempo empleado en realizarlas (Gajdos, 1983), y pese a no reflejar realmente la vía energética preponderante ni la demanda metabólica del momento, resulten más convenientes para los entrenadores a la hora de ajustar la carga de entrenamiento. Los contenidos trabajados y el grado de cumplimiento de és-

tos representan así uno de los parámetros más objetivos que se pueden utilizar en GA.

La FC se ve condicionada, además, por la continua optimización del aprendizaje técnico, que hace que la ejecución del elemento técnico sea más eficaz y eficiente. Esto último disminuye, para un mismo elemento, la exigencia física a lo largo de la carrera deportiva del gimnasta. En este sentido, la duración del estudio (15 días), que sí refleja la alta variabilidad de la FC, no es suficiente para observar su tendencia a disminuir.

Otro aspecto a considerar es la propia dinámica del entrenamiento en esta especialidad deportiva, donde las magnitudes de la carga no se miden en metros, kilos o segundos. Todo ello repercute en continuos cambios *in situ* que dificultan el cumplimiento riguroso de los protocolos de seguimiento propios del método científico.

## Referencias

- Astrand, P. y Rodahl, K. (1977). *Textbook of work physiology*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Bale, P. y Goodway, J. (1990). Performance variables associated with the competitive gymnast. *Sports Medicine*, 10 (3), 139-145.
- Braden, D. S. y Strong, W. B. (1989). Cardiovascular responses and adaptations to exercise in childhood. Youth, exercise and sport. En C.V. Gisolfi y D.R. Lamb: *Perspectives in exercise science and sports medicine* (pp. 293-334). Indianapolis: Benchmark.
- Bruggemann, G. P.; Cheetham, P. J.; Alp, Y. y Arampatzis, D. (1994). Approach to a biomechanical profile of dismounts and release-regrasp skills of the high bar. *Biomechanics*, 515-537.
- Bunc, V. y Petrizilkova, Z. (1994). Energy cost of selected exercise in elite female gymnasts. *Acta Universitatis Carolinae Kinaanthropologica*, 30 (2), 11-18.
- Colman, A. L. (1965). The Valsalva maneuver: a versatile clinical tool. *Am Acad Gen Practice* (31), 92-98.
- Faria, I. E. y Phillips, A. (1970). A study of telemetered cardiac response of young boys and girls during gymnastics participation. *Journal of Sports Medicine* (10), 145-150.
- Fuenmayor, A. J.; Fuenmayor, A. M.; Winterdaal, D. M. y Londono, G. (1992). Cardiovascular responses to Valsalva maneuver in physically trained and untrained normal subjects. *J Sports Med Phys Fitness*, 32 (3), 293-298.
- Gajdos, A. (1983). Charge de entraînement et sa détermination en gymnastique sportive. En A. Gajdos, *Préparation et entraînement a la gymnastique sportive* (pp. 103-112). Paris (France): Éditions Amphora.
- Goswami, A. y Gupta, S. (1998). Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routine. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* (38), 317-322.
- Grossard, C. y Delamarche, P. (2000). Profil physiologique de jeunes gymnastes masculin de niveau national et international. En B. G. Bardy, T. Pozzo, P. Nouillout, N. Tordi, P. Delemarche, C. Ferrand, Y. Leziart, D. Hauw, J. Aubert, M. Loquet, A. Durny, y J. F. Robin. *Actes des 25mes Journées Internationales d'Etude de l'AFRAGA* (pp. 48-51). Université de Rennes, Rennes, France: L'Association Française de Recherche en Activités Gymniques et Acrobatiques (AFRAGA).
- Hill, D. W. y Butler, S. D. (1991). Hemodynamic responses to weightlifting exercise. *Sports Med*, 12 (1), 1-7.
- Iwasaki, K.; Shiozawa, T.; Kamiya, A.; Michikami, D.; Hirayanagi, K.; Yajima, K.; Iwase, S. y Mano, T. (2005). Hypergravity exercise against bed rest induced changes in cardiac autonomic control. *Eur J Appl Physiol*, 94 (3), 285-91.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Barbieri, L.; Thoule, B. y Mermet, P. (1998). Gymnastique Artistique Masculine: Fréquence cardiaque et lactatémie. *GYM' Technic* (22), 27-32.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Le Chevalier, J. M. y Origas, M. (2000). Heart rate and blood lactate concentration analysis during a high-level men's gymnastics competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (4), 389-394.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Sands, W. y Mikesky, A. (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*, 26 (5), 442-56.
- Kirby, B. J.; y Kirby, R. M. (1997). Heart rate variability in 11- to 16-year-olds. En B. Armstrong, B. Kirby, y J. Welsman. *Children and Exercise XIX* (pp. 434-439). London: E y FN Spon.
- Kniffin, M.; Whitaker, D. C. y Harry, D. (1976). Intensity of exercise during selected gymnastics skills. *International Gymnast*, 51 (2), 51.
- Kozar, A. J. (1962). Telemetered heart rates recorded during gymnastic routines. *The Research Quarterly*, 34 (1), 102-106.
- Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Stein, J.-F.; Fraisse, F.; Barbieri, L.; Mermet, P.; Thoulé, B.; Colombo, C.; Friemel, F. y Jemni, M. (1999). Comparaison de 3 séances d'entraînement type chez des gymnastes espoirs. *GYM' Technic* (27), 24-31.
- Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Szczesny, S.; Fraisse, F.; Stein, J.-F. B. L.; Mermet, P.; Thoulé, B.; Colombo, C. y Friemel, F. J. M. (1998). Profil physiologique des gymnastes espoirs masculins. *GYM' Technic* (25), 23-27.
- Léger, L. (1996). Aerobic Performance. En D. Docherty (Editor), *Measurement in Pediatric Exercise Science* (pp. 183-224). United States of America: Human Kinetics.
- Leger, L.; Lambert, J.; Goulet, A.; Rowan, C. y Dinelle, Y. (1984). Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois--20 meter shuttle run test with 1 minute stages. *Can J Appl Sport Sci*, 9 (2), 64-9.
- Leger, L.; Mercier, D.; Gadoury, C. y Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6 (2), 93-101.
- Marais, G.; Dupont, L.; Maillat, M.; Weissland, T.; Vanvelcenaher, J. y Pelayo, P. (2002). Cardiorespiratory and efficiency responses during arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. *Ergonomics*, 45 (9), 631-9.
- Marina, M. (1990). Valoración de la frecuencia cardíaca en gimnasia artística. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, IV (5), 7-13.
- Martos, E. (1991). Performance measurement of female gymnasts. *Hungarian Review of Sports Medicine*, 32 (2), 99-106.
- Montgomery, D. L. y Beaudin, P. A. (1982). Blood lactate and heart rate response of young females during gymnastic routines. *J Sports Med Phys Fitness*, 22 (3), 358-65.
- Montpetit, R. R. (1976). Physiology of gymnastics. En J. H. Salmela. *The Advanced Study of Gymnastics* (pp. 183-214). Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Rodríguez, F. A. y Aragonés, M. T. (1992). Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En J. González (ed.), *Fisiología de la actividad física y del deporte* (pp. 237-278). Madrid: Interamericana-McGraw/Hill.
- Sands, W. A.; Irvin, R. C. y Major, J. A. (1995). Women's gymnastics: The time course of fitness acquisition. A 1 year study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (2), 110-115.
- Schneider, D. A.; Wing, A. N.; y Morris, N. R. (2002). Oxygen uptake and heart rate kinetics during heavy exercise: a comparison between arm cranking and leg cycling. *Eur J Appl Physiol*, 88 (1-2), 100-6.
- Seliger, V.; Budka, I.; Buchberger, J.; Dosoudil, F.; Krupova, J., Libra, M. y Yabe, K. (1970). Métabolisme énergétique au cours des exercices de gymnastique. *Kinaanthropologie* (2), 159-169.
- Skubic, V. y Hodgkins, J. (1967). Relative strenuousness of selected sports as performed by women. *Research Quarterly*, 38 (2), 305-313.
- Tremayne, P. y Barry, R. J. (1988). An application of psychophysiology in sports psychology: heart rate responses to relevant and irrelevant stimuli as a function of anxiety and defensiveness in elite gymnasts. *Int J Psychophysiol*, 6 (1), 1-8.
- Tschiene, P. (1984). El sistema dell'allenamento. *Rivista Di Cultura Sportiva. Scuola Dello Sport*, 3 (1), 43-51.
- Turley, K. R.; Martin, E.; Marvin, E. y Cowley, K. S. (2002). Heart rate and blood pressure responses to static handgrip exercise of different intensities: Reliability and adult versus child differences. *Pediatric Exercise Science* (14), 45-55.
- Vander, A. J.; Sherman, J. H. y Luciano, D. S. (1970). *Human physiology. The mechanisms of body functions*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Viana, J., y Lebre, E. (2005). Heart rate analysis during men and women's artistic gymnastics routines. *5<sup>me</sup> Journées Internationales de l'AFRAGA* (pp. 81-83). Créteil (France): Edition AFRAGA.
- Yoshiga, C. C. y Higuchi, M. (2002). Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. *Eur J Appl Physiol*, 87 (2), 97-100.