

# EMPLEO DE ECUACIONES PARA PREDECIR LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA EN CARRERA PARA JÓVENES DEPORTISTAS

## EMPLOYMENT OF EQUATIONS TO ESTEEM THE MAXIMUM HEART RATE IN RUNNING FOR YOUNG SPORTSMAN

### RESUMEN

**Introducción.** La frecuencia cardiaca máxima (FCM) es un parámetro empleado para ayudar en la planificación de la actividad física o establecer algunos diagnósticos clínicos. Para su cálculo existen varias ecuaciones posibles, sin embargo la más conocida es la que predice como  $FCM = 220 - \text{edad}$ .

**Objetivos.** Identificar la respuesta real de la frecuencia cardiaca máxima (FCM) durante el ejercicio físico de carrera contrastando su resultado con los valores obtenidos mediante las diversas ecuaciones que estiman la FCM.

**Métodos.** La muestra estuvo compuesta por 86 hombres (21,3 + 2,5 años) y 37 mujeres (22,1 + 1,6 años) deportistas. Los sujetos eran no fumadores, ni consumían ningún tipo de droga o medicamento que pudiese interferir en la FCM. Tampoco padecían ninguna enfermedad metabólica o cardiaca, siendo aparentemente saludables. Para el desarrollo de esta investigación se registro la FC mediante pulsómetros de marca Polar<sup>®</sup>. La prueba correspondió a correr una distancia fija de 1800 mts en tres fases: calentamiento (600 mts con un ritmo de trote), más 600 mts a una velocidad submáxima superior a la etapa anterior, y finalmente, 600 mts a máxima velocidad en una pista de atletismo de 400 mts. Fueron registrados los datos de FC en las distancias de 200, 400 y 600 metros en el tramo final de máxima intensidad. Los resultados de la FCM obtenidas ( $FCM_{\text{obt}}$ ) en este prueba fueron comparados con los resultados de la FCM predicha ( $FCM_{\text{pre}}$ ) mediante las distintas ecuaciones. Para ello se utilizó la prueba de test Student's, exigiéndose un nivel de significación del  $P < 0,05$ .

**Resultados.** Los resultados fueron de una FCM de  $191,4 + 8,2$  lpm (hombres) y  $192 + 6,2$  lpm (mujeres). Estos resultados indicaron que de las 47 ecuaciones de predicción evaluadas, 10 ecuaciones para los hombres y 16 ecuaciones para las mujeres son consideradas adecuadas para calcular la FCM, al presentar un  $P > 0,05$ . Entre las fórmulas de predicción de FCM para carrera la más adecuada es la de Tanaka et al. (2001) [ $FCM = \{208,75 - 0,73 * \text{edad}\}$ ], para ambos sexos, mostrando valores correctos para el 41,8% en los hombres y 45,9% para las mujeres con una diferencia de 3 latidos con respecto a la real y del 73,2% para hombres y 81% para mujeres para una diferencia de 8 latidos. La ecuación  $FCM = 220 - \text{edad}$  no fue considerada como adecuada para estimar la FCM, condicionando una sobrevaloración.

**Conclusiones.** Ni todas las ecuaciones sirven para estimar la FCM. Hay que establecer ecuaciones que sean específicas para cada perfil de población. Para deportistas jóvenes, la ecuación  $FCM = \{208,75 - 0,73 * \text{edad}\}$  se presentó como la más adecuada.

**Palabras clave:** Frecuencia cardiaca máxima. Prescripción de ejercicio. Intensidad del ejercicio.

### ABSTRACT:

**Introduction.** Maximum Heart Rate (MHR) is a useful parameter to help are used to estimate MHR; however, the most widely applied is:  $MHR = 220 - \text{age}$

**Objective.** To identify the response of maximum heart rate (MHR) during a running exercise, comparing its result with the values obtained by several equations that calculate MHR.

**Methods.** The appraised group was composed by 86 active men (21.3 + 2.5 years old) and 37 active women (22.1 + 1.6 years old). The participants did not did they present any metabolic or cardiac disease, being considered apparently healthy. To carry out this investigation, HR was recorded through Polar<sup>®</sup> cardiac monitors. The test consisted of running a fixed distance of 1800 m, comprising 3 phases: warm-up (600 m with a trot rhythm); an extra 600 m at a submaximum velocity, faster than in the previous phase; and finally, 600 m at maximum velocity on a 400 m athletics track. The HR data were recorded at the distances of 200, 400, and 600 m at the maximum intensity final phase. The MHR results obtained ( $MHR_{\text{obt}}$ ) in this test were compared with the results of the calculated MHR ( $MHR_{\text{cal}}$ ) by means of the different equations, using the Student's test at a significance level of  $P < 0.05$ .

**Results.** The results obtained were MHR  $191.4 + 8.2$  bpm (men) and  $192 + 6.2$  bpm (women). These results indicate that out of the 47 appraised equations, 10 for the men and 16 for the women were considered appropriate to calculate MHR, presenting a  $P > 0.05$ . The equation [ $208.75 - 0.75 * \text{age}$ ] by Tanaka et al. (2001) is the most appropriate to predict maximum heart rate (MHR) for running in both male and female individuals (41.8% and 45.9%, respectively), with a difference of 3 heart beats in relation to the MHR obtained and of 73.2% for men and 81% for women for a difference of 8 heart beats. The equation [ $220 - \text{age}$ ] was not adequate to estimate MHR.

**Conclusion.** Not all equations are appropriate to estimate MHR. Specific equations have to be developed to predict the MHR of different populations. For young individuals, the equation [ $MHR_{\text{cal}} = 208.75 - 0.75 * \text{age}$ ] was considered the most appropriate.

**Key Words:** Maximum Heart Rate. Prescription Exercise. Intensity Exercise.

João Carlos  
Marins<sup>1</sup>

Manuel  
Delgado  
Fernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor da  
Universidade  
Federal de  
Viçosa. Brasil

<sup>2</sup>Profesor de la  
Universidad de  
Granada.  
España

## INTRODUCCIÓN

La frecuencia cardiaca máxima (FCM) es un parámetro muy empleado para ayudar en la planificación de la actividad física y diagnósticos clínicos<sup>1,2</sup>. Para una planificación individual del ejercicio es necesario obligatoriamente el registro de la frecuencia cardiaca (FC) durante su desarrollo, siendo éste un excelente medio de control de la carga de trabajo. Atendiendo a que la FCM puede variar entre un 3 – 7%, resulta imprescindible la necesidad de mantener un constante control<sup>3</sup>.

La FCM, además de ser utilizada como parámetro de control de la intensidad del ejercicio, es un buen parámetro para otras utilidades. La primera aplicación que puede tener la FCM es la de ser considerada como referente a la hora de determinar la interrupción en una prueba ergométrica<sup>4</sup>. En este sentido, además, es posible determinar si dicha prueba ha sido realizada con un esfuerzo máximo si se observa que el evaluado presenta, en el último registro de la FC, una variación de 10 lpm con respecto a la FCM calculada<sup>4</sup>. Por otra parte, en los estudios de gasto diario energético, es posible calcular la energía consumida tomando como base un porcentaje del trabajo de la FCM<sup>5</sup>. Una tercera aplicación<sup>1</sup>, es el diagnóstico de indicio claro de la existencia de coronopatía cuando no se supera el 80 – 85% de la FCM prevista durante una prueba ergométrica. Igualmente la incapacidad para que la FC disminuya del orden de 12 lpm tras 2 minutos de recuperación es un indicador de la previsible existencia de algún problema cardiaco. Por último, señalar que una disminución en la FCM de 5 lpm puede indicar un estado de sobentrenamiento<sup>6</sup>. Todos los puntos anteriormente presentados indican la importancia de tener una ecuación precisa para estimar la FCM.

Para el cálculo de la FCM, existen varias ecuaciones posibles. Se considera a de Robson (1938)<sup>7</sup>, como el primero en establecer una ecuación que relaciona la edad con la FCM {FCM = 212 – 0,775 (edad)}. Sin embargo, la fórmula más extendida es la que considera la FCM = 220 – edad<sup>8,9</sup>. Entre los estudios que se

han hecho sobre esta temática, Tanaka et al. (2001)<sup>10</sup> realizaron un trabajo de meta-análisis, proponiendo una nueva ecuación {FCM = 208 – 0,7 (edad)} para sujetos adultos saludables.

Además de las tres ecuaciones presentadas anteriormente, hay que añadir hasta otras 50, como se verá posteriormente, lo que demuestra que este tema sigue siendo objeto de estudio, ya que existen otras variables que pueden influir en la respuesta de la FCM y que no han sido consideradas por estas ecuaciones<sup>11,12,13,14</sup>.

El objetivo de este estudio ha sido identificar la respuesta de la frecuencia cardiaca máxima (FCM) durante el ejercicio físico de carrera contrastando su resultado con los valores obtenidos mediante las diversas ecuaciones que estiman la FCM.

## MATERIAL Y MÉTODO

Todos los individuos que participaron en el estudio se sometieron a una evaluación dividida en cuatro etapas protocolizadas y diferenciadas, durante un período de tiempo máximo de 15 días. Para cada etapa se desarrolló el siguiente protocolo:

- 1ª Etapa: realización de un examen clínico médico.
- 2ª Etapa: cumplimentación de dos cuestionarios para identificar factores de riesgo coronario, determinar el nivel de actividad física y detectar posibles factores que pudiesen excluir al sujeto de la prueba física<sup>15</sup>.
- 3ª Etapa: Realización de las medidas antropométricas, tomadas siguiendo las orientaciones del Grupo Español de Cineantropometría (GREC, 1993)<sup>16</sup>.
- 4ª Etapa: Realización de la prueba experimental para obtener el registro de la FCM.

Los sujetos que participaron en esta investigación debían de tener experiencias en pruebas de competición en sus modalidades específicas o haber realizado un período mínimo de entrenamiento de 5 meses, con una frecuencia semanal mínima de tres días.

TABLA 1. Perfil  
antropométrico de la  
muestra

	HOMBRES	MUJERES
<b>Peso (Kg)</b>	64,4 ± 8,9	58,2 ± 10
<b>Talla (cm)</b>	176,7 ± 2	164 ± 7,1
<b>% TG</b>	10,1 ± 4*	15,17 ± 6,5 <sup>B</sup>
<b>n</b>	86	37

\* % TG = Porcentaje de tejido graso por la técnica de Carter (Villegas, 1999)<sup>15</sup>; <sup>B</sup> Jackson y Pollock (1986) in (ACSM, 1999)<sup>16</sup>

La muestra estuvo compuesta por 123 sujetos, hombres y mujeres con edades comprendidas entre los 16 y 27 años. No se incluyó a personas mayores en este estudio debido a que el envejecimiento limita la respuesta cardiaca. También fueron excluidas del estudio las personas mayores de 30 años debido a las cuestiones éticas que pudieran plantearse al ser la prueba de alta intensidad. En la Tabla 1, se presentan las características antropométricas básicas de las muestras.

Los sujetos no eran fumadores, ni consumían ningún tipo de droga o medicamento que pudiese interferir en la FCM. Tampoco debían padecer ninguna enfermedad metabólica o cardiaca, siendo aparentemente saludables.

Se adoptaron todas las medidas de seguridad, protegiendo así la integridad física y psicológica del evaluado, teniendo en cuenta la normativa del Gobierno Brasileño para estudios con seres humanos y todos los sujetos tras ser informados del protocolo dieron su consentimiento por escrito.

Se consideró como variable dependiente (o resultado) el valor de la FCM obtenida (FCM<sub>OBT</sub>) tras un esfuerzo máximo. Como variables independientes (o predictoras) fueron tomadas las diversas ecuaciones formuladas para calcular la FCM (Tabla 2)<sup>17</sup>.

Para el desarrollo de esta investigación fueron necesarios un conjunto de pulsómetros de marca Polar ("Beat", A<sub>1</sub>, Sistema Advantage" y Advisor"). La prueba de esfuerzo máximo de carrera de 600 metros se realizó en una pista de Atletismo de 400 metros del Departamento de Educación Física de la UFV.

La metodología adoptada para la realización del protocolo se basó en las orientaciones hechas por otros investigadores<sup>18,19,20</sup>. La fase de calentamiento consistió en una vuelta y media (600 metros) con un ritmo de trote, orientando de esta manera al evaluado para que no superara a los 145 lpm. A continuación, el corredor recorría una distancia de 600 metros a una velocidad submáxima superior a la etapa anterior, pero que impusiera preferentemente una FC entre los 145 y 170 lpm, totalizando así 1.200 metros. Al finalizar las tres vueltas de calentamiento, el evaluado tenía que correr lo más rápido posible una distancia de 600 metros, o una vuelta y media, en la pista de atletismo. Fueron registrados los datos de FC en las distancias de 200, 400 y 600 metros.

El tratamiento estadístico empleó un análisis descriptivo obtenidos en la FCM registrada. En la estadística inferencial, para comparar los resultados de la FCM predicha (FCM<sub>pre</sub>) mediante las distintas ecuaciones con la FCM obtenida (FCM<sub>obt</sub>), junto con el test Student's para datos pareados, para comparar los valores medios entre los dos grupos (FCM<sub>pre</sub> vs FCM<sub>obt</sub>) con el fin de determinar la similitud entre los datos.

En todas las pruebas estadísticas, se adoptó un nivel de significancia del  $P < 0,05$ . El tratamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el paquete informático SPSS para Windows (versión 11).

También se aplicó para análisis estadístico, una propuesta que apunta un margen de  $\pm 3$  lpm para que una ecuación pueda ser considerada aceptable estadísticamente, como criterio para clasificar una prueba como de VO<sub>2max</sub>. Para la prescripción de ejercicio, los mismos autores señalan un rango más amplio, de  $\pm 8$  lpm<sup>21</sup>.

## RESULTADOS

En la Tabla 3. se presentan los resultados obtenidos de FCM por hombres y mujeres. En las Tablas 4 y 5 se presentan las ecuaciones que fue-

Ecuación	Estudio	N	Fórmula de regresión
1	ACSM (1995)		FCM = 210 - 0,5 (edad)
2	Astrand - cicloergómetro	100	FCM = 211 - 0.922 (edad)
3	Astrand		FCM = 216 - 0,84 (edad)
4	Ball State University		FCM = 214 - 0,8 (edad)
5	Ball State University		FCM = 209 - 0,7 (edad)
6	Brick (1995)		FCM = 226 - (edad)
7	Bruce et al. (1974)	2091	FCM = 210 - 0.662 (edad)
8	Bruce et al. (1974)	1295	FCM = 204 - 1.07 (edad)
9	Bruce et al. (1974)	2091	FCM = 210 - 0.662 (edad)
10	Cooper	2535	FCM = 217 - 0.845 (edad)
11	Ellestad	2583	FCM = 197 - 0.556 (edad)
12	Engels et al. (1998)	104 H y 101 M	FCM = 213,6 - 0,65 (Edad)
13	Fernandez (1998)		FCM = 200 - 0,5 (edad)
14	Fernandez (1998)		FCM = 210 - (edad)
15	Fernhall et al. (2001)	276	FCM = 189 - 0.56 (edad)
16	Fernhall et al. (2001)	296	FCM = 205 - 0.64 (edad)
17	Froelicher y Myers(2000)	1317	FCM = 207 - 0.64 (edad)
18	Graettinger et al. (1995)	41	FCM = 200 - 0,71 (edad)
19	Graettinger et al. (1995)	114	FCM = 199 - 0.63 (edad)
20	Graettinger et al. (1995)	73	FCM = 197 - 0,63 (edad)
21	Hammond	156	FCM = 209 - (edad)
22	Hakki (1983)		FCM = 205 - 0,5 (edad)
23	Hossack y Bruce (1982)	104	FCM = 206 - 0.597 (edad)
24	Hossack y Bruce (1982)	98	FCM = 227 - 1.067 (edad)
25	Inbar et al. (1994)	1424	FCM = 205.8 - 0.685 (edad)
26	Jones et al. (1985)	100	FCM = 202 - 0.72 (edad)
27	Jones et al. (1975)		FCM = 210 - 0.65 (edad)
28	Jones et al. (1985)	60	FCM = 201 - 0.63 (edad)
29	Karvonen et al.		FCM = 220 - (edad)
30	Lester et al. (1968)	42	FCM = 205 - 0.41 (edad)
31	Lester et al. (1968)	148	FCM = 198 - 0.41 (edad)
32	Londeree y Moeschberger (1982)		FCM = 206.3 - 0.711 (edad)
33	Miller et al. (1993)	51	FCM = 217 - 0,85 (edad)
34	Miller et al. (1993)	35	FCM = 219 - 0,85 (edad)
35	Miller et al. (1993)	16	FCM = 218 - 0,98 (edad)
36	Morris	1388	FCM = 196 - 0.9 (edad)
37	Morris	244	FCM = 200 - 0.72 (edad)
38	Ricard et al. (1990)	193	FCM = 209 - 0.587 (edad)
39	Ricard et al. (1990) <sup>cicloergómetro</sup>	193	FCM = 205 - 0,687 (edad)
40	Robinson	92	FCM = 212 - 0.775 (edad)
41	Rodeheffer et al. (1984)	61	FCM = 214 - 1.02 (edad)
42	Rodeheffer et al. (1984) <sup>cicloergómetro</sup>	47 H y 14 M	FCM = 208,19 - 0,95 (edad)
43	Schiller et al. (2001)	53	FCM = 213.7 - 0.75 (edad)
44	Schiller et al. (2001)	93	FCM = 207 - 0.62 (edad)
45	Sheffield et al. (1978)	95	FCM = 216 - 0.88 (edad)
46	Tanaka et al. (1997)	84	FCM = 199 - 0,56 (edad)
47	Tanaka et al. (1997)	72	FCM = 207 - 0,60 (edad)
48	Tanaka et al. (2001)	285	FCM = 211 - 0.8 (edad)
49	Tanaka et al. (2001)		FCM = 207 - 0.7 (edad)
50	Tanaka et al. (2001)	229	FCM = 206 - 0.7 (edad)
51	Tanaka et al. (2001)	18.712	FCM = 208,75 - 0,73 (edad)
52	Whaley et al (1992)	1256	FCM = 213 - 0,789 (edad)
53	Whaley et al (1992)	754	FCM = 208,8 - 0,723 (edad)

TABLA 2. Resumen de ecuaciones para cálculo de la FCM

Edad expresada en años; H = Hombres; M = Mujeres;

Tabla adaptada de Marins (2003)<sup>18</sup>

TABLA 3. FCM (lpm) de hombres y mujeres en la pruebas de carrera

Género	T-C <sub>600mts</sub>	
	Hombres	Mujeres
N	86	37
Media	191,4	192,1
DT	8,2	6,2
Valor máximo	211	207
Valor mínimo	172	179

T-C<sub>600mts</sub> = Test de carrera máxima de 600 metros;  
DT = Desviación típica

ron consideradas adecuadas para estimar la FCM de una prueba de carrera, en hombres y mujeres respectivamente, así como la diferencia entre la FCM<sub>OBT</sub> y FCM estimada. Fueron consideradas adecuadas las ecuaciones que no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

Los resultados obtenidos en la prueba de carrera de 600 metros maximal (TC<sub>600-mts</sub>), muestran valores medios muy similares para hombres (191,4 ± 8,2 lpm) respecto a mujeres (192,1 ± 6,2 lpm). A continuación se comparan estos resultados con los valores calculados mediante las ecuaciones expuestas en Tabla 2, con excepción de seis ecuaciones que fueron desarrolladas para poblaciones con algún tipo de compromiso físico: las ecuaciones 8, 21 y 36 para per-

sonas con enfermedad coronaria, las ecuaciones 9 y 18 para hipertensos, además de la ecuación nº 15 para personas con retraso mental. Así que, fueron evaluadas un total de 47 ecuaciones.

Estadísticamente no presentan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) con los valores estimados por 10 de las ecuaciones formuladas para los hombres (Tabla 4). Entre las mujeres se obtuvo un total de 16 ecuaciones, sin diferencia significativa para un  $P > 0,05$  (Tabla 5).

El porcentaje de evaluados que registraron una FCM en los rangos propuestos de ± 3 lpm y ± 8 lpm por Robergs y Landwehr (2002)<sup>21</sup>, son presentados en las Tablas 4 y 5, para hombres y mujeres respectivamente.

## DISCUSIÓN

Los resultados apuntan la importancia de obtener la FCM de un sujeto para prescripción de ejercicios, ya que existen factores individuales que pueden determinar FCM totalmente distintas, como fue el caso de dos sujetos evaluados de 18 años, uno con FCM de 211 lpm y otro 172 lpm.

TABLA 4. Ecuaciones aceptadas para estimar la FCM en hombres en ejercicio de carrera

Ecuación	Estudio	Fórmula de regresión	Media	DT	$\Delta$ FCM <sub>cal</sub> - FCM <sub>obt</sub>	± 3 lpm	± 8 lpm
2	Astrand <sup>(1)</sup> - ciclo	FCM = 211 - 0.922 *edad	191,3	2,3	- 0,1	23,2	69,7
16	Fernhall et al.(2001)	FCM = 205 - 0.64*edad	191,3	1,6	- 0,1	23,2	69,7
23	Hossack y Bruce(1982)	FCM = 206 - 0.597*edad	193,2	1,5	1,6	32,3	69,7
25	Inbar et al.(1994)	FCM = 205.8 - 0.685*edad	191,1	1,7	- 0,3	23,2	69,7
32	Londeree y Moeschberger(1982)	FCM = 206.3 - 0.711*edad	191,1	1,8	- 0,3	23,2	69,7
39	Ricard et al. (1990) ciclo	FCM = 205 - 0.687*edad	190,3	1,7	- 1,1	18,6	86
41	Rodeheffer et al.(1984)	FCM = 214 - 1.02*edad	192,2	2,5	- 0,8	41,8	62,7
49	Tanaka et al.(2001)	FCM = 207 - 0.7*edad	192,0	1,7	-0,6	33,7	72
50	Tanaka et al.(2001)	FCM = 206 - 0.7*edad	191,04	1,7	- 0,36	26,7	70
51	Tanaka et al.(2001)	FCM = 208.75 - 0.73*edad	193,1	1,8	- 1,7	41,8	73,2

FCM<sub>OBT-600-Mts</sub> = 191,4 ± 8,2 lpm;

Primera columna, número de la fórmula según la ordenación de la tabla 2; Segunda columna, referencia bibliográfica del estudio; tercera columna, fórmula de predicción de la FCM obtenida en dicho estudio; cuarta columna, valor medio de la FCM de dicho estudio; quinta columna (DT), desviación estándar de la media; sexta columna, diferencia entre el valor de FCM real obtenido en el presente estudio y el que se obtiene de aplicar la fórmula de predicción de FCM de cada estudio; séptima columna, porcentaje de la muestra del presente estudio que presenta una diferencia inferior a más o menos tres latidos respecto al valor real obtenido; séptima columna, porcentaje de la muestra del presente estudio que presenta una diferencia inferior a más o menos ocho latidos respecto al valor real obtenido.

Ecuación	Estudio	Fórmula de regresión	Media	DT	$\Delta FCM_{cal} - FCM_{obt}$	$\pm 3 \text{ lpm}$	$\pm 8 \text{ lpm}$
2	Astrand <sup>(1)</sup> - ciclo	$FCM = 211 - 0.922 * edad$	190,5	1,5	- 1,6	32,4	81
5	Ball State University <sup>(2)</sup>	$FCM = 209 - 0.7 * edad$	193,5	1,1	1,4	43,2	78,3
16	Fernhall et al.(2001)	$FCM = 205 - 0.64 * edad$	190,8	1,06	- 1,3	32,4	81
17	Froelicher y Myers (2000)	$FCM = 207 - 0.64 * edad$	192,8	1,06	0,7	45,9	81
22	Hakki (1983)	$FCM = 205 - 0.5 * edad$	193,9	0,8	1,8	43,2	81
23	Hossack y Bruce (1982)	$FCM = 206 - 0.597 * edad$	192,7	0,9	0,6	45,9	81
25	Inbar et al.(1994)	$FCM = 205.8 - 0.685 * edad$	190,6	1,1	-1,5	32,4	81
32	Londeree y Moeschberger (1982)	$FCM = 206.3 - 0.711 * edad$	190,5	1,1	-1,6	32,4	81
41	Rodeheffer et al.(1984)	$FCM = 214 - 1.02 * edad$	191,4	1,6	- 0,7	43,2	83,7
44	Schiller et al.(2001)	$FCM = 207 - 0.62 * edad$	193,2	1,0	1,1	43,2	81
47	Tanaka et al.(1997)	$FCM = 207 - 0.60 * edad$	193,7	0,9	1,6	43,2	81
48	Tanaka et al.(2001)	$FCM = 211 - 0.8 * edad$	193,2	1,3	1,1	43,2	81
49	Tanaka et al.(2001)	$FCM = 207 - 0.7 * edad$	191,5	1,1	- 0,6	43,2	83,7
50	Tanaka et al.(2001)	$FCM = 206 - 0.7 * edad$	190,5	1,1	- 1,6	32,4	81
51	Tanaka et al.(2001)	$FCM = 208.75 - 0.73 * edad$	192,5	1,2	0,4	45,9	81
53	Whaley et al(1992)	$FCM = 208.8 - 0.723 * edad$	192,7	1,2	0,6	45,9	81

TABLA 5. Ecuaciones aceptadas para estimar la FCM en mujeres en ejercicio de carrera

$$FCM_{OBT-600-Mts} = 192,1 \pm 6,2 \text{ lpm};$$

Primera columna, número de la fórmula según la ordenación de la tabla 2; Segunda columna, referencia bibliográfica del estudio; tercera columna, fórmula de predicción de la FCM obtenida en dicho estudio; cuarta columna, valor medio de la FCM de dicho estudio; quinta columna (DT), desviación estándar de la media; sexta columna, diferencia entre el valor de FCM real obtenido en el presente estudio y el que se obtiene de aplicar la fórmula de predicción de FCM de cada estudio; séptima columna, porcentaje de la muestra del presente estudio que presenta una diferencia inferior a más o menos tres latidos respecto al valor real obtenido; séptima columna, porcentaje de la muestra del presente estudio que presenta una diferencia inferior a más o menos ocho latidos respecto al valor real obtenido.

Sobre las ecuaciones estudiadas para los hombres, se han considerado las de número 2, 16, 23, 25, 32, 39, 41, 49, 50, y 51 como adecuadas por no presentaren diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) frente la FCM obtenida.

Las ecuaciones indicadas en la Tabla 4, ratifican las propuestas como ecuaciones específicas para los hombres <sup>11,22,23</sup>. Por otra parte, no fueron aceptadas un total de 13 ecuaciones que originariamente fueron formuladas exclusivamente para hombres. Las ecuaciones que se encuentran en este grupo son las número 4, 7, 10, 11, 13, 17, 19, 20, 22, 24, 34, 37 y 52.

Hay que destacar que de la Tabla 4, hay seis ecuaciones que fueron aceptadas y que están indicadas para estimar la FCM tanto en hombres como en mujeres, por lo que se admite su empleo por lo menos para los hombres. Las ecuaciones de este grupo son la número 16, 39, 49, 50 y 51.

El análisis de los resultados obtenidos por el grupo de mujeres (Tabla 5) corrobora la validez de la aplicación de 5 ecuaciones propuestas específicamente para este género. Forman parte de este grupo de ecuaciones las números 5, 23, 44, 47 y 53. Sin embargo, no fueron consideradas aceptables las ecuaciones número 6, 14, 28, 35, 43, 45 y 46, propuestas originariamente para el grupo femenino.

Del grupo de ecuaciones consideradas adecuadas para el género femenino, cinco ecuaciones fueron propuestas por sus autores tanto para mujeres como para hombres. Componen este grupo las ecuaciones número 16, 48, 49, 50 y 51.

Sorprendentemente hay algunas ecuaciones que originariamente han sido propuestas para un colectivo de hombres, pero que en este estudio, fueron consideradas adecuadas para el género femenino. Forman parte de este grupo las ecuaciones número 2, 17, 22, 25, 32 y 41.

Para indicar el empleo de una ecuación para estimar la FCM establecen límites de  $\pm 3$  lpm para una prueba máxima y  $\pm 8$  lpm para prescripción de ejercicio<sup>21</sup>. En este estudio las ecuaciones indicadas estadísticamente como adecuadas apuntan un margen de variación  $\pm 2$  lpm respecto a los resultados obtenidos (Tablas 4 y 5). Este intervalo varió de - 1,7 lpm a + 1,6 lpm en los hombres y de -1,6 lpm a + 1,8 lpm en las mujeres. Estos resultados están comprendidos en el margen de  $\pm 3$  lpm para de terminar el  $VO_{2max}$ , como de  $\pm 8$  lpm indicando así que, estas ecuaciones pueden ser consideradas aceptables tanto sobre la perspectiva estadística, como también sobre el concepto fisiológico.

Hasta este momento, se ha evaluado la validez de las ecuaciones de manera separada para los dos géneros. Sin embargo, *hay ecuaciones que se consideran estadísticamente adecuadas para ambos géneros*. Estas ecuaciones pueden resultar más flexibles para los diagnósticos clínicos o incluso para los entrenadores, por lo que deben también ser tenidas en cuenta. Entre estas ecuaciones se encuentran los números 2, 16, 23, 25, 32, 41, 49, 50 y 51. Hay que señalar que entre estas nueve ecuaciones se encuentran las propuestas por Fernhall et al. (2001)<sup>25</sup> y Tanaka et al. (2001)<sup>10</sup>, formuladas para los dos géneros.

Si se establece, para determinar la validez de una ecuación un margen en relación con los valores determinados para considerar una prueba de  $VO_{2max}$  inferior a los  $\pm 3$  lpm, se observa que la ecuación propuesta por Tanaka et al. (2001)<sup>10</sup> {FCM = 208.75 - 0.73\*edad}, presenta el mayor índice de exactitud, con un porcentaje entre los hombres del 41,8% y del 45,9% para las mujeres. Para la prescripción del ejercicio se admite un margen más amplio,  $\pm 8$  lpm, siendo la ecuación indicada por Tanaka et al. (2001)<sup>10</sup> la que presento también, tanto entre los hombres (73,2%) como entre las mujeres (81%), un mayor grado de exactitud. Hay que considerar que una segunda ecuación propuesta por Tanaka et al. (2001)<sup>7</sup> {FCM = 207 - 0.7 \* edad} también puede ser considerada adecuada para los dos géneros.

Han sido varios los estudios en los que se ha comparado la FCM estimada mediante el cálculo de ecuaciones con la FCM obtenida durante un ejercicio de carrera<sup>12,17,20,26,27,28,29</sup>.

Un estudio<sup>26</sup>, en el que se comparó la  $FCM_{OBT}$  en una prueba maximal en tapiz, con los valores estimados por tres de las ecuaciones, la número 27, 29 y 51, indicadas en este estudio. Fue evaluado un colectivo de 86 hombres, con una edad media de  $22,2 \pm 3,9$  años, que presentaban características semejantes al grupo evaluado por el presente trabajo. Las conclusiones de los autores son coincidentes con los datos obtenidos en esta investigación, al no recomendar el empleo de la ecuación n° 27 (FCM = 210 - 0,65 \* edad) y n° 28 (FCM = 220 - edad). Sin embargo, considera aceptable la ecuación n° 51 (FCM = 208,7 - 0,7 \* edad), también aceptada en este estudio.

Un trabajo<sup>12</sup> comparó la FCM obtenida en una prueba maximal de tapiz con la estimada por la ecuación (FCM = 220 - edad). Los valores de FCM fueron de  $185,3 \pm 11,3$  lpm ( $FCM_{OBT}$ ) vs  $188,7 \pm 12,3$  lpm (FCM estimada), observándose que la FCM calculada es significativamente más elevada que la obtenida. Estos resultados coinciden con los datos obtenidos en el presente estudio, en que la ecuación (FCM = 220 - edad) sobrevalora la FCM tanto para los hombres ( $198,6 \pm 2,2$  lpm) como para mujeres ( $197,8 \pm 1,6$  lpm).

Es importante subrayar que, tanto en este estudio, como en otros realizados<sup>8,20,21,24,27</sup>, no se recomienda el empleo de la ecuación {FCM = 220 - edad}, como medio de calcular la FCM, ya que se podría incurrir en graves errores a la hora de interpretar una prueba ergométrica, o en la prescripción del ejercicio.

Se recomienda para individualizar al máximo el entrenamiento, realizar pruebas específicas para obtener la FCM real del deportista, de manera que el empleo de determinadas ecuaciones son alternativas de trabajo en el caso que no sea posible obtener su registro.

## CONCLUSIONES

Para el **ejercicio de carrera**, de las 47 ecuaciones evaluadas, un total de 10 ecuaciones para los hombres y 16 ecuaciones para las mujeres son consideradas adecuadas para calcular la FCM en

carrera. En el conjunto de estas ecuaciones consideradas como adecuadas, la que más se destaca es la propuesta por Tanaka et al (2001) [ $FCM = \{208,75 - 0,73 * edad\}$ ], no siendo adecuada la de  $FCM = 220 - edad$ .

## B I B L I O G R A F Í A

1. American College of Cardiology (ACC) / American Heart Association (AHA). ACC/AHA 2002 Guideline update for exercise testing: summary article. *Circulation* 2002; 106: 1883 – 1892.
2. **Kesaniemi Y, Danforth E, Jensen M, Kopelman P, Lefebvre, P, Reeder B.** Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S 351 – S358.
3. **Zavorsky G.** Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training end tapering. *Sports Med* 2000; 29: 13 – 26.
4. **Howley E, Basset D, Welch H.** Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1292 – 1301.
5. **Howley E.** Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S364 – S369.
6. **Snyder A, Kuipers H, Cheng B, Servais R, Franssen E.** Overtraining following intensifiel training with normal muscle glycogen. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1063 – 1070.
7. **Robinson S.** Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Internationale Zeitschrift fur Angewandte Physiologie* 1938; 10: 251 – 323.
8. **Serés L, López-Ayerbe J, Coll R, Rodríguez O, Manresa JM, Marrugat J et al.** Función cardiopulmonar y capacidad de ejercicio en pacientes con obesidad mórbida. *Rev Esp Cardiol* Junio 2003; 56: 594-600
9. **Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso ÁM, Bardají A, Lamiel R et al.** Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 1063-1094
10. **Tanaka H, Monahan K, Seals D.** Age-Predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol* 2001; 37: 153-156.
11. **Londeree B, Moeschberger M.** Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport* 1982; 53: 297 – 304.
12. **Johson J, Prins A.** Prediction of maximal heart rate during a submaximal work test. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31: 44 – 47.
13. **Whaley M, Kaminsky L, Dwyer G, Getchell L, Norton J.** Predictors of over - and underachievement of age – predicted maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 1173-1179.
14. **Miller W, Wallace J, Eggert K.** Predicting max hr and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 1077 – 1081.
15. **Heyward V.** Evaluación y prescripción del ejercicio físico. Barcelona: Paidotribo, 1996; 211 – 220.
16. Grupo Español de Cineantropometria (GREC). Manual de Cineantropometria. Pamplona: Monografías FEMEDE, 1993.
16. **Marins J.** Comparación de la frecuencia cardiaca máxima y fórmulas para su predicción. 2003; Tesis (Doctorado en Ciencias de la Actividad Física). INEF Universidad de Granada, p.49.
18. **Marins J, Delgado M.** Comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. *Revista Fitness e Performance* 2004; 3: 166 – 174.
19. **Scolfaro L, Marins J, Regazzi A.** Estudo comparativo da FCM em três modalidades cíclicas. *Revista da APEF* 1998; 13: 44 - 54.

20. **Freitas G, Xavier W, Silva A, Marins J.** Comparação da frequência cardíaca máxima (FCM) calculada por 21 equações e FCM obtida em exercício de corrida em homens e mulheres. *Revista Mineira de Educação Física* 2002; 10: 286.
21. **Robergs R, Landwehr R.** The surprising history of the “ $H_{rmax} = 220 - age$ ” equation. *Journal of Exercise Physiologyonline* (revista electrónica) 2002 Dez (consultada) 30/12/2002. 5 (2). Disponível em <<http://www.css.edu/users/tboone2/asep/JEPonline.html>>
22. **Inbar O, Oten A, Scheinowitz M, Rotstein A, Dlin R, Casaburi R.** Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-70-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: 538-546.
23. **Rodeheffer R, Gerstenblith G, Becker L, Fleg J, Weisfeldt M, Lakatta, E.** Exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for a diminished heart rate. *Circulation* 1984; 69: 203 – 213.
24. **Ricard R, Leger L, Massicotte D.** Validity of the “220-age formula” to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22 Supplement S96 (Abstract 575).
25. **Fernhall B, Mccubbin J, Pitetti K, Rintala P, Rimmer J, Millar A, Silva A.** Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:1655-1660.
26. **Oliveira H, Policarpo F, Bottaro M, Biazzoto J.** Estudo comparativo de equações de estimativa da frequência cardíaca máximo. *Anais do XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte.* São Paulo 2001; 174
27. **Engels H, Zhu W, Moffatt R.** An empirical evaluation of prediction of maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport* 1998; 69: 94 – 98.

*Correspondencia:*

Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Viçosa – MG - Brasil  
CEP.: 36571-000. TEL-FAX: 55 31 3899-2249  
e-mail: [jcbouzas@ufv.br](mailto:jcbouzas@ufv.br)

**Accepted:** 02-02-2007 / Original nº 525