



Artículo original

**FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA. ( II )  
PRECISIÓN DE SU ESTIMACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES  
PREDICTIVAS EN DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO**

**MAXIMAL CARDIAC FREQUENCY. PRECISION OF ESTIMATION USING  
PREDICTIVE EQUATIONS IN HIGH PERFORMANCE ATHLETES**

**María Elena González Revuelta<sup>1</sup>, Adán Sanchez Martínez<sup>2</sup>, Enrique Unzaga Pestano<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> DrC, Especialista de Segundo grado en Fisiología Normal y Patológica, Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo, Profesora titular y Consultante, Investigadora Auxiliar [mariele@infomed.sld.cu](mailto:mariele@infomed.sld.cu)

<sup>2</sup> MSc, Especialista Fisiología cardiovascular y en Medicina del Deporte. Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo, Profesor e Investigador Agregado.

<sup>3</sup> Especialista en Medicina del Deporte. Profesor Asistente.

**RESUMEN**

Se realizó un estudio retrospectivo, basado en la revisión de 160 pruebas de esfuerzo máximo en cicloergómetro, con el objetivo de comparar la frecuencia cardíaca máxima (FCM) directa, con la estimada mediante 4 ecuaciones predictivas diferentes. Los datos utilizados correspondieron a deportistas que practicaban deportes de tipo aerobio anaerobio, ó predominantemente aerobio. Las ecuaciones utilizadas fueron las de 220-edad, la de Londeree (atletas de nivel nacional), la de Tanaka (deportistas de resistencia), y la de Gellish. Las pruebas de esfuerzo, fueron agrupadas para su análisis según la edad de los deportistas en 5 grupos, que abarcaron desde los 15 hasta los 33 años de edad. Se determinaron los valores promedio de la FCM directa y la estimada con cada una de las ecuaciones en cada uno de los grupos etarios conformados, así como el error estándar de estimación promedio de cada ecuación con respecto a la estimación directa, y el porcentaje de error de estimación de la ecuación indirecta. Se encontró que en edades por debajo de los 28 años la fórmula de 220-edad sobreestimaba los valores de FCM directa, teniendo el más elevado error estándar de estimación y el mayor porcentaje de error de estimación, mientras que por encima de los 28 años existió una buena correspondencia entre la FCM directa y la predicha por la ecuación 220-edad. Por debajo de los 28 años, las mejores ecuaciones para estimar la frecuencia cardíaca máxima fueron las de Londeree y Tanaka.

**Palabras claves:** Frecuencia cardíaca máxima (MCF), Estimación de la FCM, Ecuaciones de estimación de la FCM

## **ABSTRACT**

A retrospective study, based on a review of 160 trials of maximum effort cycle ergometer, with the aim of directly comparing the maximum heart rate (MHR), with 4 different predictive estimated by equations was performed. The data used were for athletes who played sports aerobic anaerobic type, or predominantly aerobic. The equations used were the 220-age, of Londeree (national level athletes), the Tanaka (sportsmen resistance), and the Gellish. The stress tests were grouped for analysis according to the age of the athletes into 5 groups, which ranged from 15 to 33 years old. The average values of direct FCM were determined and estimated for each of the equations in each of the age groups formed, as well as the average standard error of estimate of each equation with respect to the direct estimate and the error rate indirect estimation equation. We found that in ages below age 28 formula 220-age values overestimated direct FCM, taking the highest standard error of estimate and the highest percentage of error estimation, while above 28 years there good correspondence between direct FCM and predicted by the equation 220-age. Under age 28, the best equations for estimating maximum heart frequency were the Londeree and Tanaka.

**Keywords:** Maximal cardiac frequency (MCF), estimation of MCF, predictive equations of MCF

## **INTRODUCCIÓN**

La toma de frecuencia cardíaca es una medición cardiovascular muy fácil de realizar. Su medición se usa para evaluar rutinariamente la respuesta del corazón al ejercicio, o la recuperación, así como también para prescribir las intensidades del ejercicio. <sup>(1)</sup>

En realidad, la investigación durante los últimos 100 años ha demostrado que la frecuencia cardíaca tiene un valor máximo que de hecho no puede superarse a pesar de los aumentos continuados en la intensidad del ejercicio o de las adaptaciones del entrenamiento. <sup>(1,2)</sup>

La mejor forma de determinación de la frecuencia cardíaca máxima (FCM) es mediante la realización de una prueba de esfuerzo máximo.

Sin embargo no siempre esta prueba se realiza, y se utilizan entonces fórmulas predictivas que estiman la FCM aspecto que ha constituido un problema de la fisiología del ejercicio y de las ciencias aplicadas relacionadas, desde fines de 1930. <sup>(3)</sup>

Aunque existe un gran número de ecuaciones predictivas para la estimación de la FCM, sin embargo la misma ha sido por mucho tiempo estimada según la fórmula de 220 – edad. <sup>(4)</sup>

La historia de esta fórmula, reveló que la misma no fue desarrollada a partir de una investigación original, ni de una ecuación de regresión, sino que resultó de observaciones basadas en datos de aproximadamente 11 referencias, que consistían en investigaciones publicadas o compilaciones científicas no publicadas:<sup>(1)</sup>

Por lo tanto si no se ha realizado una prueba de esfuerzo máximo, para determinar la FCM resulta de suma importancia utilizar una ecuación de predicción que se acerque lo más posible a la realidad de la población en estudio.

Es por esta razón, que resulta necesario definir, cual de las ecuaciones de estimación de la FCM que han sido publicadas en la literatura,<sup>(1)</sup> se acerca mas en su estimación al valor de esta variable determinada de forma directa mediante una prueba de esfuerzo máximo, por lo que nos planteamos el propósito de determinar la bondad de ajuste de diferentes ecuaciones indirectas para predecir la FCM en deportistas de alto rendimiento.

## **MATERIAL Y METODOS**

Se analizó el comportamiento de la FCM en un total de 160 pruebas de esfuerzo máximas, realizadas en cicloergómetro a deportistas de ambos sexos, practicantes de deportes predominantemente aerobios y mixtos y comprendidos en un rango de edad entre 15 a 33 años.

Se agruparon las pruebas en 7 rangos de edades de la siguiente forma: 15 a 17 años, 18 a 20 años, 21 a 23 años, 24 a 26 años, 27 a 29 años , 31 a 33 años

Se determino además la FCM mediante cuatro ecuaciones predictivas diferentes, seleccionadas de un pool de más de 30 ecuaciones propuestas por diferentes autores entre los años 1970 y 2007

Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$\begin{array}{ll} 220-\text{edad} & \text{(Haskell y Fox, 1970)}^{(4,5)} \\ 206,3 - 0,711(\text{edad}) & \text{(Londeree, 1982)}^{(6)} \\ 206-0,7(\text{edad}) & \text{(Tanaka, 2001)}^{(7)} \\ 207-0,7(\text{edad}) & \text{(Gellish 2007)}^{(8)} \end{array}$$

Para la selección de las ecuaciones se tuvieron en cuenta algunos criterios tales como:

Popularidad de su utilización,<sup>(4,5)</sup> características de la población utilizada para el estudio (atletas)<sup>(6,7)</sup>, altos niveles de correlación con la edad,<sup>(7)</sup> y la de menor desviación estándar de latidos reportada. (5 -8 lat/min)<sup>(8)</sup>

Se determinaron los valores promedio de la FCM predicha mediante cada una de las ecuaciones predictivas antes referidas y en cada uno de los grupos etarios establecidos.

Se determinó también el error de estimación (número de latidos por minuto) y el porcentaje de error de estimación de cada ecuación predictiva con relación a la determinación directa), y se compararon los resultados obtenidos para cada una de las ecuaciones en cada rango de edad.

Se realizó un análisis de regresión lineal con la totalidad de las pruebas ergométricas realizadas, determinando el nivel de correlación de la FCM directa, con la edad, y el sexo, así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el error estándar de la determinación, para un intervalo de confianza del 95% y se formularon nuevas ecuaciones de predicción teniendo en cuenta estas variables, para los deportistas de alto rendimiento

Los resultados de muestran en forma de Tablas y Gráficos.

## RESULTADOS

En Tabla 1 aparecen los valores promedio y desviación estándar de la FCM determinada de forma directa y las predichas de acuerdo a las diferentes ecuaciones estudiadas y grupos de edades establecidos.

Se observa una correspondencia bastante grande entre los valores de FCM predichos por las ecuaciones de Londeree<sup>(6)</sup>, Tanaka<sup>(7)</sup>, y Gellish<sup>(8)</sup>, y la FCM determinada de forma directa mediante un test de esfuerzo máximo en cicloergómetro, no así con los valores predichos mediante la ecuación de Haskell y Fox<sup>(4,5)</sup> los cuales se encontraron un poco por encima de los valores arrojados por las restantes ecuaciones .

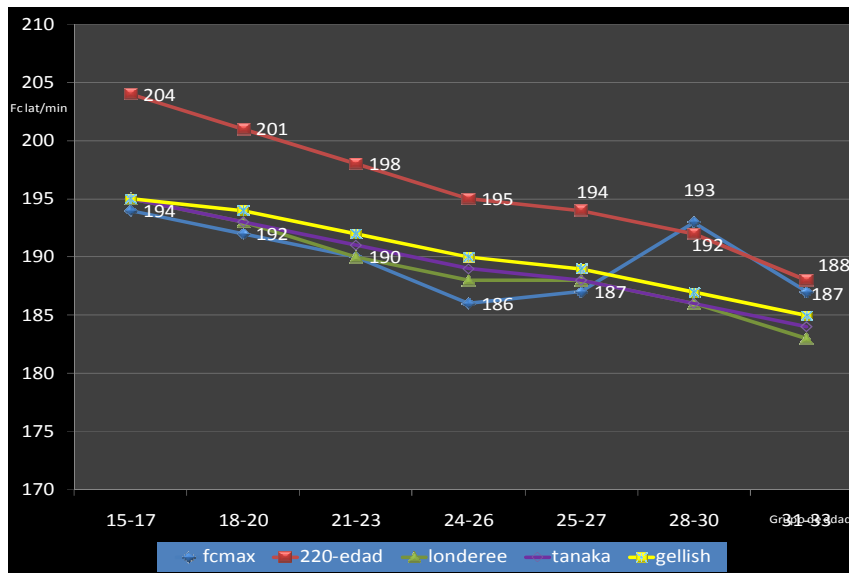
**Tabla 1.** Valores promedio y desviación estándar de la FCM determinada de forma directa y las predichas de acuerdo las diferentes ecuaciones estudiadas y grupos de edades establecidos. Fuente: Base de datos del Lab de pruebas de esfuerzo. IMD

GRUPO DE EDADES (AÑOS)	FCMax x± DE ( lat/min )	220-EDAD x± DE ( lat/min )	LONDEREE x± DE ( lat/min )	TANAKA x± DE ( lat/min )	GELLISH x± DE ( lat/min )
15-17	194 ± 8,49	204 ± 0,96	195 ± 0,96	195± 0,50	195± 0,50
18-20	192 ± 7,95	201 ± ,088	193 ± 0,45	193 ± 0,45	194± 0,45
21-23	190 ±6,79	198 ± 0,76	190 ± 0,47	191 ± 0,43	192± 0,43
24-26	186 ± 5,44	195 ±0,74	188 ± 0,51	189 ± 0,00	190± 0,00
25-27	187 ± 5,70	194 ± 0,86	188 ± 0,73	188 ± 0,84	189± 0,84
28-30	193 ± 8,87	192 ±0,55	186 ± 0,55	186 ± 0,00	187± 0,00
31-33	187±4,33	188 ±0,78	183 ± 0,53	184± 0,38	185± 0,38

En el Gráfico 1 se muestra el comportamiento de la FCM según las diferentes ecuaciones utilizadas y en los grupos etarios definidos, observándose que entre los 15 y los 27 años hubo una correspondencia bastante elevada entre el valor de FCM determinada de forma directa y los valores predichos por las fórmulas de Londeree<sup>(6)</sup>, Tanaka<sup>(7)</sup> y Gellish<sup>(8)</sup>, no así con los resultados obtenidos utilizando la fórmula de 220-edad (Haskell y Fox)<sup>(4,5)</sup>

Se observa también en el Gráfico 1 que sin embargo en las edades de 28 a 33 años los resultados de la determinación directa tuvieron una mejor correspondencia con los de la fórmula 220 – edad, mientras que los resultados de las otras tres ecuaciones subestiman los resultados hallados de forma directa.

**Gráfico 1. Comportamiento de la Fc máx-predicha promedio según diferentes fórmulas con relación a la determinada de forma directa**



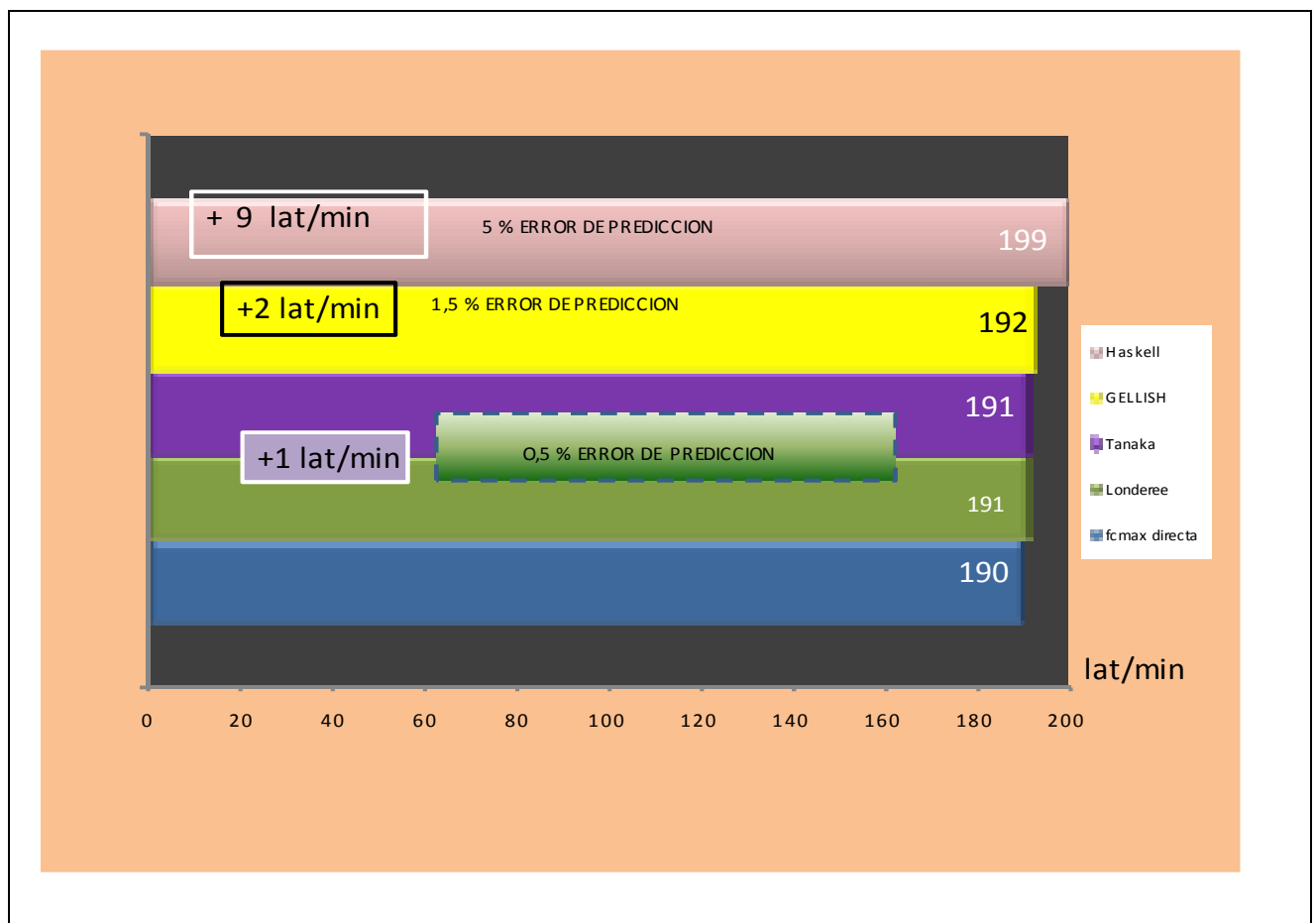
Fuente: Base de datos del Laboratorio de pruebas de esfuerzo . IMD

En el Gráfico 2 aparecen los valores promedio de la FCM determinada directa e indirectamente por las diferentes ecuaciones utilizadas en las edades comprendidas de 15 a 27 años., así como el error estándar de estimación y el porcentaje de error de determinación de los métodos indirectos en relación al método directo. En el Gráfico 3 aparecen iguales resultados pero en las edades de 28 a 33 años.

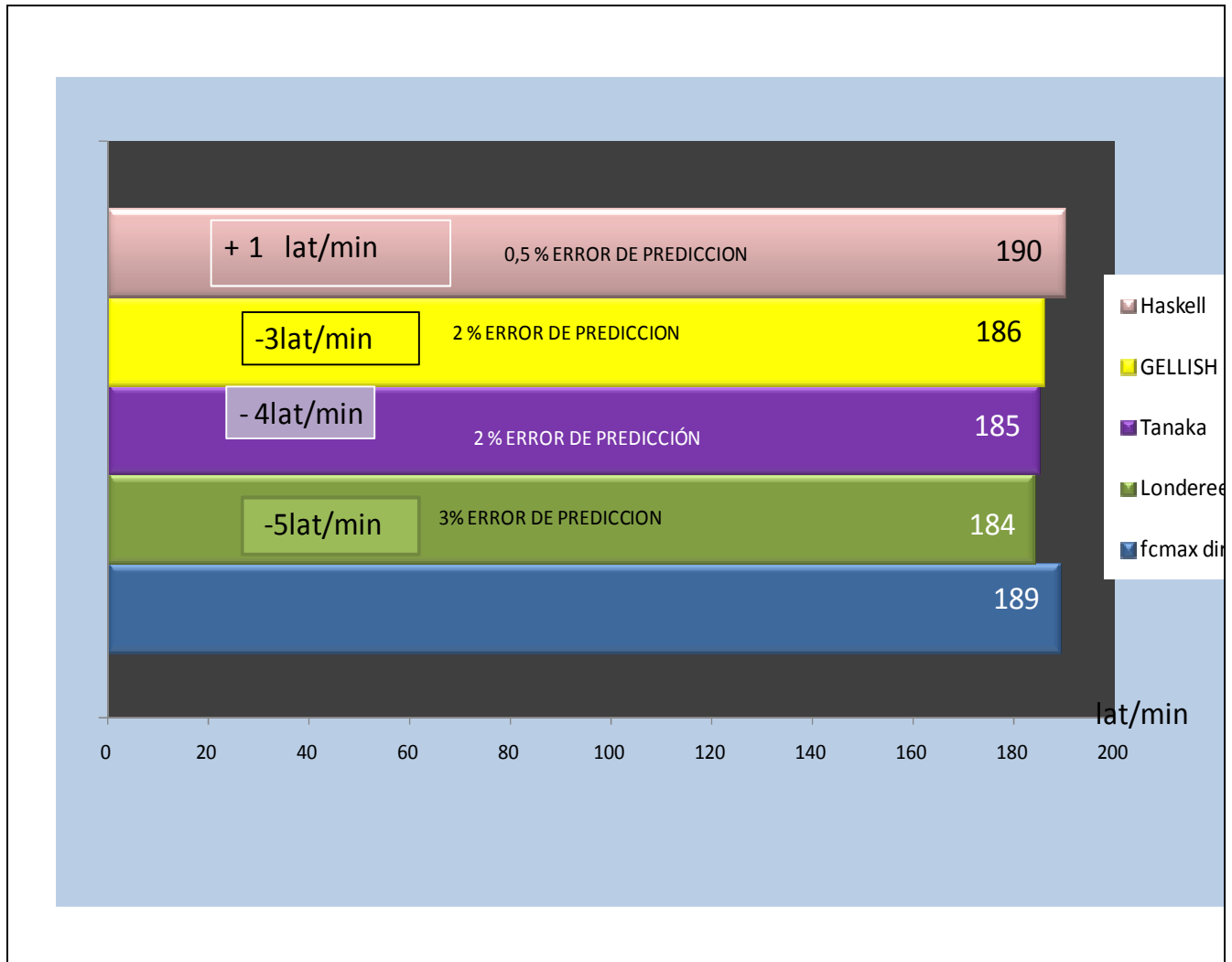
Como se observa en el Gráfico 2 fueron las ecuaciones de Tanaka para sujetos entrenados en resistencia, y Londeree para atletas de nivel nacional, las que menor error de estimación tuvieron con relación a la medición directa, siendo éste de + 1 latido por minuto, lo que arroja un 0,5% de error de predicción en relación a la medición directa.

La Ecuación de Gellish mostró también un comportamiento aceptable, teniendo solo 2 latidos por minuto de diferencia con la determinación directa para un 1,5% de error de predicción mientras que la ecuación de Haxkell fue la que peor comportamiento tuvo con un error de estimación de + 9 lat/min, el que se considera menos aceptable, en términos de predicción, representando un 5% de error de predicción.

**Gráfico 2.** Valores promedio de Fcmáx (lat/min) (directo e indirecto) según las diferentes ecuaciones entre los 15 y 27 años de edad, el error de la estimación (lat/min) y el % de error de determinación de los métodos indirectos en relación al directo



**Gráfico 3.** Valores promedio de  $FC_{m\acute{a}x}$  (lat/min) (directo e indirecto) según las diferentes ecuaciones a partir de los 28 años de edad, el error de la estimación (lat/min) y el % de error de determinación de los métodos indirectos en relación al directo



En las edades de 28 a 33 años,( Gráfico 3) la situación fue diferente a la encontrada en edades por debajo de 28 años ya que el menor error de predicción se encontró precisamente utilizando la ecuación de 220 –edad y fue de +1 lat/min ( 0,5% de error ) mientras que las ecuaciones de Gellish<sup>(8)</sup> , Tanaka<sup>(7)</sup>, y Londerre<sup>(6)</sup> mostraron un error de –3, –4 y -5 lat/min respectivamente , lo que representó porcentajes de error de un 2 y un 3%.

En la tabla 2 se reflejan los resultados que obtuvimos del análisis de regresión utilizando una sola variable independiente (edad) así como dos variables independientes (edad y sexo,) y tres variables independientes (edad sexo y tipo de ejercicio) El estudio se realizó, utilizando todo el universo estudiado, así como en los grupos de menores de 28 y de 28 a 33 años.

**Tabla 2.** Ecuaciones de regresión. Valor del coeficiente de correlación ( R), del coeficiente de determinación( R<sup>2</sup>) y del error estándar de la estimación (EEE ) en las ecuaciones encontradas

Universo o muestra	Variables independientes	Ecuación	R	R <sup>2</sup>	EEE
Todo el universo	Edad y sexo	FC max = 190,535 – 0,331(edad) +5,324(sexo) *	0,42	0,17	7 lat/min
Todo el universo	Edad	FC max = 200,716 – 0,479 (edad)	0,26	0,07	7lat/min
Menores de 28 años	Edad	FC max = 204,371 – 0,666 (edad)	0,30	0,09	7lat/min
Menores de 28 años	Edad y sexo	FC Max = 194,285 – 0,537(edad) + 5,521 (sexo)	0,46	0,21	7lat/min
Mayores de 28 años	Edad **	FC Max = 243,513 – 1,788 (edad)	0,46	0,21	6 lat/min
Todo el universo	Edad sexo y tipo de ejercicio	FC Max = 190,155 – 0,232 (edad) + 6,579(sexo) -2,616 (tipo ejerc ) ***	0,44	0,19	7 lat/min

\* En el caso del sexo se pone 1 si es el sexo masculino, y 2 si es el Femenino

\*\* Los deportistas mayores de 28 años son solo hombres

\*\*\* En caso de deporte aerobio anaerobio se pone 1 y de predominio aerobio se pone 2

## DISCUSIÓN

La determinación de la FCM es de gran importancia tanto para el control médico del entrenamiento como para poder suministrar las cargas de entrenamiento por parte del entrenador.

En el primer caso, determinar la FCM contribuye a caracterizar al deportista según su perfil cardiovascular, es decir de acuerdo a su reserva cardiaca, a su capacidad de respuesta durante un ejercicio intenso y agudo, así como evaluar la respuesta al entrenamiento.

En relación con el proceso de entrenamiento en si mismo, constituye una necesidad conocer cual es la FCM ya que en algunas ocasiones, se utiliza este dato, para calcular el pulso de entrenamiento, de acuerdo a la zona de entrenamiento, en la que se necesita trabajar.



Como ya hemos referido con anterioridad la FCM debe ser determinada durante una prueba de esfuerzo máxima, sin embargo no siempre ésta se realiza, por lo que se utilizan las ecuaciones de predicción, lo que indudablemente puede inducir a errores ya que no siempre las ecuaciones utilizadas son determinadas sobre la base de poblaciones idénticas a la que se encuentra en estudio y esto introduce como es lógico sesgos en los resultados.

En muchos casos, la estimación de la FCM es recomendada usando la fórmula  $FC_{\text{máx}} = 220 - \text{edad}$ . En base a esta aplicación, se han usado respuestas de la frecuencia cardíaca al ejercicio, para calcular las intensidades del ejercicio, como un porcentaje de la FCM ( $\%FC_{\text{máx}}$ ) o un porcentaje de la frecuencia cardíaca de reserva ( $\%FC_{\text{res}}$ )

Esta ecuación es frecuentemente presentada en libros de texto, sin una explicación o cita a investigaciones originales. Además, la fórmula y los conceptos relacionados, son incluidos en la mayoría de los exámenes de certificación de medicina del deporte, fisiología del ejercicio y aptitud física. A pesar de la aceptación de esta fórmula, las investigaciones que se extienden en un lapso de más de 20 años revelan el gran error inherente a la estimación de la frecuencia cardíaca máxima (error estándar de estimación, = 7-11 lat./min).<sup>(1)</sup>

(a pesar de que las pruebas de esfuerzo máximo fueron realizadas sobre una bicicleta ergométrica),

Nuestros resultados se corresponden parcialmente con lo reportado por Chiacchio<sup>(9)</sup> quien comparó el comportamiento de las frecuencias cardíacas máximas predichas por las ecuaciones de,  $220 - \text{edad}$ , Tanaka en hombres y mujeres y Gellish, en sujetos de 25 a 70 años, hallando una buena correspondencia entre los resultados de las dos últimas ecuaciones, en todo el rango de edad, mientras que observó que los resultados obtenidos por la fórmula de  $220 - \text{edad}$  sobreestimaba los valores de frecuencia cardíaca en los sujetos más jóvenes estudiados por él que estaban entre 25 y 30 años, mientras que tendía a subestimar los valores en los sujetos más viejos es decir desde los 50 a los 70 años, y también observó coincidencia de las tres fórmulas a los 40 años. También en un estudio realizado por Gandola y Reeb<sup>(10)</sup> encontraron que la ecuación  $220 - \text{edad}$  sobreestimaba la FCM con un error de estimación de 27,44 lat/min.

De forma general se ha planteado que el error de estimación de la FCM, puede ser atribuible a la precisión de la medición de la frecuencia cardíaca, al protocolo del ejercicio y a la motivación del sujeto. Por consiguiente, es probable que la medición de la FCM sea exacta hasta el alcance de  $\pm 2$  a 3 lat/min, si el sujeto logra de verdad el ejercicio máximo<sup>(1)</sup>

Por otro lado, en dependencia de cual sea el fin para el cual es predicha la FCM así podrá ser el error de predicción que se acepte. Así por ejemplo si se utiliza la  $F_{\text{cmáx}}$  para predecir el valor del máximo consumo de oxígeno ( $MVO_2$ ) entonces un error mayor de 3 lat/min puede ser considerable, sin embargo si para lo que se necesita la estimación de la FCM es para prescribir zonas de entrenamiento, pueden aceptarse errores más grandes entre 4 y 8 lat /min, pues la frecuencia cardíaca en cualquiera de estos casos caerá dentro de la zona de frecuencia cardíaca que se esté determinando<sup>(1)</sup>

De acuerdo con este criterio podemos concluir entonces que todas las ecuaciones utilizadas en este trabajo excepto la de 220 –edad podrían ser utilizadas para estimar la FCM en deportistas similares a los nuestros, (con cualquier finalidad,) y en las edades comprendidas entre 15 a 27 años de edad, mientras que en deportistas mayores de 28 años podría utilizarse la ecuación de 220 -edad. Sin embargo teniendo en cuenta que en nuestro trabajo solo hubo 12 pruebas ergométricas de sujetos con edades de 28 años en adelante, nuestros resultados para estos grupos de edades no los consideramos concluyentes, debiendo continuarse este trabajo en sujetos con estas edades para poder llegar a resultados mas concretos.

Por otra parte la mayoría de las ecuaciones publicadas en la literatura son ecuaciones univariadas, con la edad como variable independiente, lo que al parecer está respaldado por el criterio de que la FCM tiene un gran componente genético.<sup>(11)</sup>

Londeree<sup>(10)</sup> sin embargo, desarrolló una ecuación multivariada que usa las variables edad, edad<sup>2</sup>, edad<sup>4</sup>/1000, la etnicidad, el modo de ejercicio, nivel de actividad, y el tipo de protocolo usado para evaluar la FCM, pero sin obtener ningún resultado estadístico significativo capaz de explicar la variación de esta variable. Por otra parte Zavorsky<sup>(12)</sup> demostró que el entrenamiento de resistencia disminuye la FCM y otros han demostrado la especificidad del modo de ejercicio de la FCM<sup>(13,14,15)</sup>

En nuestro trabajo, hicimos un estudio de regresión lineal para ver si encontramos una ecuación de predicción que resultara mejor que las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la FCM, en los deportistas estudiados por nosotros.

Como puede verse de los resultados del estudio de regresión, todas las ecuaciones determinadas para nuestros casos arrojó valores de coeficiente de determinación ( $R^2$ ) inferiores a los obtenidos por Londeree (0,72)<sup>(6)</sup> y Tanaka (0,81)<sup>(7)</sup>. No se reporta valor del coeficiente de determinación para el estudio realizado por Gellish<sup>(8)</sup>. Además en cuanto al error estándar de la estimación, sólo aparece reportado para la ecuación de Gellish<sup>(8)</sup> y estuvo entre 5 y 8 lat/min., mientras que en todas las ecuaciones halladas por nosotros se encontró un valor para este indicador, entre 6 y 7lat/min. No obstante la mayoría de las ecuaciones de predicción univariadas basadas en la edad, también tienen errores de predicción grandes (> 10 lat/min).<sup>(1)</sup>

Si nos remitimos nuevamente al Gráfico 2, comprobamos que estimando la FCM con las ecuaciones de Londeree<sup>(8)</sup>, Tanaka<sup>(7)</sup> y Gellish<sup>(6)</sup> los errores de determinación de estas ecuaciones en relación a la determinada de forma directa fue solo de 1 y 2 lat /min, lo que corrobora una vez mas que pueden usarse estas ecuaciones, preferentemente las de Londeree y Tanaka para estimar la FCM en deportistas de elite menores de 28 años.

Concluimos planteando que cuando se necesite estimar la FCM en hombres y mujeres deportistas por debajo de los 28 años de edad no debe utilizarse la fórmula de 220-edad sino preferiblemente deben utilizarse otras ecuaciones con un error estándar de estimación más pequeño tales como las ecuaciones de Tanaka y Londeree, además se resalta la necesidad de continuar el estudio de la incidencia del sesgo en la estimación y su aplicación en el cálculo de coeficientes así como la importancia de otras variables para explicar la variabilidad de la FCM

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robergs RA, Landwehr R. La sorprendente historia de la ecuación “ $FC_{\text{máx}} = 220 - \text{Edad}$ ” Journal of Exercise Physiology online 2002; 5(2):1-10 Consultado 02/02/2009 Disponible en [http://www.ergowin.com.ar/Documentos/prediccion\\_fcmax.doc](http://www.ergowin.com.ar/Documentos/prediccion_fcmax.doc).
2. Lusk G. The elements of the science of nutrition. Philadelphia: WB Saunders;1928
3. Froelicher, VF, Myers JN .Exercise and the heart. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company;2000
4. Fox III, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. Ann Clin Res 1971; 3:404-432.
5. Fox SM, Haskell WL. The exercise stress test: needs for standardization. In: Eliakim M, Neufeld HN, editors. Cardiology: Current Topics and Progress. New York: Academic Press; 1970:149 –54.
6. Londeree BR., Moeschberger ML. Effect of age and other factors on maximal heart rate. Res Quarter Exerc Sport 1982; 53(4):297-304.
7. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol. 2001; 37: 153-156
8. Gellish RL. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. Med Sci Sports Exerc. 2007 :39
9. ChiacchoM. Fórmulas de estimación de la frecuencia cardíaca máxima.19/07/2008 Disponible en <http://www.medicodeldeporte.es>.
10. Gandola F, Reed P. La ecuación 220-edad predice una frecuencia cardíaca máxima teórica desacertada. 4to.Congreso Virtual de Cardiología. Noviembre 2005. Argentina.
11. Skinner JS. Do genes determine champions? Sports Science Exchange 2001;14(4):1-4
12. Zavorsky, G.S. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. Sports Med 2000; 29(1):13-26.
13. Kravitz L, Robergs RA , Heyward VH, Wagner DR , Powers K. Exercise mode and gender comparisons of energy expenditure at self-selected intensities. Med Sci Sports Exerc 1997; 29(8):1028-1035.
14. Tanaka H, Fukumoto S, Osaka Y, Ogawa S, Yamaguchi H, Miyamoto H. Distinctive effects of three different modes of exercise on oxygen uptake, heart rate and blood lactate and pyruvate. Int J Sports Med 1991; 12:433-438.
15. Cassady S, Nielsen DH. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. Physical Therapy 1992; 72(7):532-537.