

## FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA Y ESFUERZO FISICO

*Javier Padilla Pérez\**  
*M. Cristina Eguia Lis G.\*\**  
*y cols.\*\*\**

### INTRODUCCION

Esfuerzo físico o ejercicio es toda actividad que ocurre a nivel suprabasal, debido a actividad recreativa, deportiva o de trabajo.<sup>1</sup> La capacidad para el desempeño en el esfuerzo físico es individual y depende de factores intrínsecos (biología humana) y extrínsecos (medio ambiente, condición social, nivel cultural, etc.).<sup>2</sup>

La actividad física impone a los diferentes sistemas del organismo adaptaciones cualitativas y cuantitativas; ajustes metabólicos, hematocardiopulmonares y osteomioarticulares, entre otros.<sup>3</sup> La capacidad individual para el ejercicio está determinada primeramente por la capacidad para transportar oxígeno a los músculos; así como por la afluencia y la movilización de metabolitos, todo ello depende de la hemodinámica y cinética cardiopulmonaria.<sup>4</sup>

La hemodinámica en nuestro cuerpo está determinada por la volemia, resistencia periférica, elasticidad, capacitancia y adaptabilidad vascular, bombeo cardíaco, venoso, linfático y abdominotorácico.<sup>5</sup>

La respuesta cardiovascular al esfuerzo físico, en términos de gasto cardíaco, depende del retorno venoso, volumen telesistólico y gasto sistólico. Cada individuo aumenta su gasto cardíaco a expensas del gasto sistólico y la frecuencia cardíaca (FC), para satisfacer la irrigación muscular conforme progresa el esfuerzo físico. No obstante, la FC tiene un límite superior que es individual, a partir del cual el periodo comprendido entre sístole y diástole comienza a acortarse, disminuye el llenado ventricular y con ello el gasto cardíaco. Esto comienza a comprometer el transporte de oxígeno hacia los músculos y su captación ( $\dot{V}O_2$ ), ya que éste depende del volumen sistólico (VS) multiplicado por la frecuencia cardíaca que a su vez involucra la diferencia de oxígeno arterio-venoso ( $\dot{V}O_2 = VS \times FC \times (aO_2 - vO_2)$ ).<sup>6</sup> Por esta razón existe una relación directa entre consumo de oxígeno y gasto cardíaco; de aquí que cuando un individuo alcanza sus valores máximos de gasto cardíaco y diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $aO_2 - vO_2$ ), se dice que se ha alcanzado la captación máxima de oxígeno ( $\dot{V}O_{2Máx}$ ). Por lo tanto, en las condiciones anteriores está involucrado un valor máximo de latidos del corazón por minuto (FCMáx).<sup>7</sup>

La FCMáx se puede predecir usando la siguiente fórmula:  $220 - \text{la edad en años}$ ; pero se trata de valores promedio, que surgieron en investigaciones realizadas en otros países, y no sabemos si se cumple en la población mexicana.

\* Sección de Graduados de la Escuela Superior de Medicina del I.P.N.

\*\* Departamento de Ciencias Fisiológicas de la E.S.M., I.P.N.

\*\*\* Alumnos de la Escuela Superior de Medicina del I.P.N.: Jorge Sánchez Rubio, Víctor H. Galván F., Juan A. González S., Rosa M. Guerrero C., Lázaro A. Ramos M., Leonel García G.

na; además, sabemos que existen sujetos con diferente capacidad para realizar esfuerzo físico.

#### JUSTIFICACION

Desde el punto de vista práctico, un entrenador o persona que está involucrada en el acondicionamiento físico deportivo, se puede valer del conocimiento de la FCM <sub>MÁX</sub> individual para agruparlos según su capacidad y así asignar cargas de trabajo adecuadas, por ejemplo, si un individuo A tiene una FCM <sub>MÁX</sub> de 200 latidos por minuto (lat/min) y otro la tiene de 180; al ponerlos a entrenar a ambos, dentro de una FC = 180 lat/min, resultará que A estará trabajando al 90% de su FCM <sub>MÁX</sub>, mientras que B lo haría al 100%, este último se fatigará más pronto. Si además recordamos que se recomienda que los entrenamientos caigan en un rango que va del 60 hasta el 90% de la FCM <sub>MÁX</sub>, para el individuo B se estará equivocando la táctica de entrenamiento o el acondicionamiento físico deportivo. También es útil que cualquier persona que desee someterse a un acondicionamiento físico deportivo o simplemente quiera hacer ejercicio individual, lo vaya haciendo gradualmente, basándose en su FC.<sup>8</sup>

*Hipótesis I.* Si la capacidad para realizar esfuerzo físico es individual, la FCM <sub>MÁX</sub> también lo será y la fórmula citada se podrá aplicar a nuestra población.

*Hipótesis II.* Si la FCM <sub>MÁX</sub> está determinada por la naturaleza biológica individual, entonces la carga de trabajo para alcanzarla en entrenados, será mayor que en los sedentarios.

#### MATERIAL Y METODO

Se trabajó con una muestra de 36 individuos (29 hombres y 7 mujeres) con edad comprendida entre 15-29 años; 16 eran jugadores de fútbol americano de liga mayor, 2 maratonistas clasificados, 2 clavadistas juveniles, un guardavidas profesional, 8 sedentarios, 2 mujeres gimnastas de categoría y 5 sedentarias.

Todos ellos estaban clínicamente sanos y se les investigó la presencia de contraindicaciones para realizar pruebas de esfuerzo físico

máximo. Se tomó en cuenta que no hubieran ingerido en las dos horas anteriores a la prueba, alimentos, bebidas de cola, chocolate, café, té o algún medicamento que pudiera interferir en las determinaciones.

En un cicloergómetro electrónico los sujetos realizaron trabajo físico graduado (watts) siguiendo el método descrito por Åstrand<sup>9</sup> para determinar la FCM <sub>MÁX</sub>. Los signos vitales, frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y tensión arterial (TA), fueron determinados antes, durante e inmediatamente después de la prueba.

La FC se determinó por medio de un monitor electrónico, la FR se determinó auscultatoriamente y la TA mediante esfigmomanómetro.

La selección de individuos se basó en la información obtenida con la ficha médica para ergometría en esfuerzo físico y fatiga, confrontada con la de contraindicaciones para el ejercicio y sus pruebas.

Para hacer el análisis estadístico se formaron dos grupos de sedentarios ( $n = 16$  y  $n = 5$ ), dos de jugadores de fútbol americano ( $n = 16$  y  $n = 5$ ), uno constituido por dos maratonistas, un guardavidas y dos clavadistas ( $n = 5$ ), otro de mujeres sedentarias ( $n = 5$ ), y uno constituido por dos gimnastas.

Dichas pruebas se realizaron en el Centro Médico Deportivo de la Escuela Superior de Medicina del I.P.N. y Centro de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte de la Subsecretaría del Deporte.

#### RESULTADO Y CONCLUSIONES

En ninguno de los grupos se encontraron diferencias significativas mediante la prueba *t* de dos colas<sup>10</sup> para las frecuencias cardiacas máximas calculadas mediante la fórmula correspondiente y la obtenida experimentalmente (fig. 1) lo cual confirma lo predicho en la hipótesis uno.

También se encontró que la carga de trabajo necesaria para alcanzar la FCM <sub>MÁX</sub> en los sedentarios fue menor significativamente (con base a la prueba *t*) que la de los atletas (fig. 2); dicha carga de trabajo no resultó diferente significativamente entre los grupos de jugadores

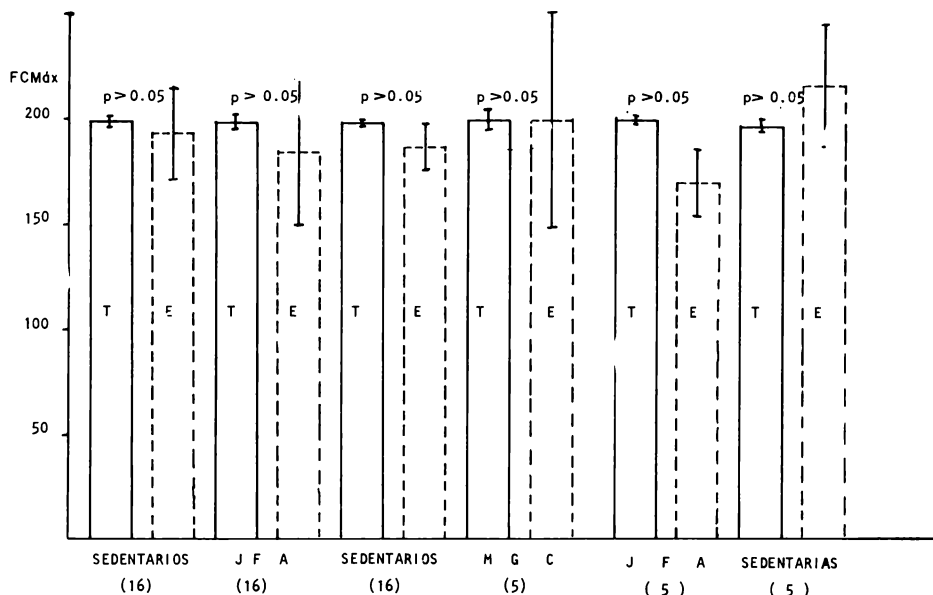


Fig. 1. Frecuencia cardiaca máxima (FCMáx), teórica (T) y experimental (E), por grupos. Los números entre paréntesis representan el número de individuos; donde JFA son jugadores de futbol americano de liga mayor, MGC está constituido por maratonistas (2), guardavidas (1), clavadistas (2). Las líneas verticales sobre las barras indican  $\pm$  desviación estándar. En ninguno de los grupos se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los valores teóricos y experimentales de la FCMáx para la prueba *t* de dos colas.<sup>10</sup>

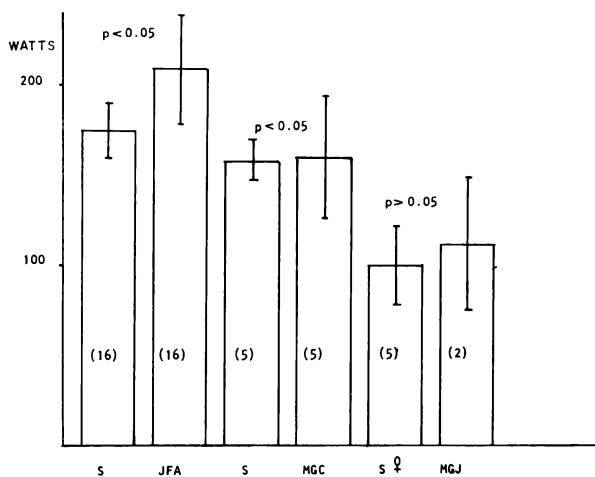


Fig. 2. Cargas de trabajo promedio (watts) a las que los diferentes grupos alcanzaron la frecuencia cardiaca máxima (FCMáx). Los números entre paréntesis indican el número de individuos; donde S son sedentarios, JFA son jugadores de futbol americano de liga mayor, MGC está constituido por maratonistas (2), guardavidas (1), clavadistas (2), S ♀ son sedentarias, mientras MGJ corresponde a mujeres de gimnasia juvenil (2). Las líneas verticales sobre las barras indican  $\pm$  desviación estándar. Con base a la prueba *t* de dos colas se encontró que las diferencias que se observan entre sedentarios y atletas hombres (JFA y MGC) fueron significativas ( $p < 0.05$ ). En cambio, se observó lo contrario ( $p > 0.05$ ) entre el grupo de mujeres sedentarias y el MGJ, posiblemente por lo pequeño que es MGJ (2).

de fútbol americano y el constituido por maratonistas, guardavidas y clavadistas. Esto concuerda con nuestra segunda hipótesis.

Se concluye que la fórmula para predecir la FCM<sub>max</sub> se cumple en todos los individuos que constituyeron nuestra muestra y es altamente probable que también sea válida para muestras poblacionales de atletas y sedentarios mexicanos. Parece ser que el entrenamiento no mejora la frecuencia cardíaca máxima individual pues ésta depende de la biología humana y por eso se cumple dicha fórmula para entrenados y no entrenados. No obstante, el acondicionamiento físico deportivo permite mejorar la capacidad para realizarlo, pues los entrenados alcanzan su FCM<sub>max</sub> con cargas de trabajo más grandes respecto de los sedentarios.

#### Agradecimiento por su valiosa colaboración a:

Prof. Daniel Pacheco L., de la Sección de Graduados de la E.S.M., I.P.N.; Med. Cir. Jacinto Licea M., Director del Centro Médico Deportivo E.S.M., I.P.N.; Med. Cir. Fileno Piñera L., Director del Centro de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte, Subsecretaría del Deporte; Ing. J. Suzuki L., Centro Nacional de Cálculo; M. en C. F. Carlos de la Vega L., de la Sección de Graduados de la E.S.M., I.P.N.

#### RESUMEN

La capacidad para el desempeño en el esfuerzo físico es individual, depende de la biología humana y de factores extrínsecos. Desde el punto de vista práctico la respuesta cardiovascular al esfuerzo físico en términos de frecuencia cardíaca, resulta indicador significativo, por ello la frecuencia cardíaca máxima (FCM<sub>max</sub>) es útil al entrenador o investigador. En otros países se ha deducido una fórmula para predecirla ( $220 - \text{edad en años}$ ) y es pertinente aclarar si se cumple en nuestra población.

La aplicación de esta fórmula a 29 hombres y 7 mujeres, sedentarios y deportistas, cuya edad está comprendida entre 15 y 29 años, mostró que la fórmula es válida en los sujetos de la muestra y no existe diferencia significati-

va entre la FCM<sub>max</sub> predicha y la cifra obtenida experimentalmente. También se encontró que la carga de trabajo necesaria para alcanzar la FCM<sub>max</sub> en los sedentarios fue significativamente menor que en los atletas y entre ellos ésta fue igual. Existen indicios de que la FCM<sub>max</sub> está determinada por la biología individual, ya que el entrenamiento sólo mejora la capacidad para realizar trabajo.

#### SUMMARY

Capacity in performance of physical effort is individual, it depends on human biology and extrinsic factors. From a practical point of view; the cardiovascular response to physical effort in terms of cardiac frequency, is a significant indicator; that is why (FCMax) maximal heart rate is useful to the trainee or investigator and in other countries a formula has been deduced to predict it ( $220 - \text{age in years}$ ) and it is pertinent to investigate if this applies to our population. The application of this formula to 29 men and 7 women, sedentary and athletes with ages ranging between 15 and 29 years, showed that the formula is valid in the subjects of the sample and there is no significant difference between the predicted FCMax and the figures obtained experimentally. It was also found that the work load, necessary to reach the FCMax in the sedentary, was significantly lower than that of the athletes and between them this was the same. There are clues that FCMax is determined by the individual's biology since training only improves the capacity to perform work.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Yáñez, A.R., J. Padilla P. y F. de la Vega L. (1982): *Bioquímica del ejercicio, fatiga y doping*, en prensa. Centro de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte, Subsecretaría del Deporte.
2. Astrand, P.O. y K. Rodhal (1977): *Textbook of Work Physiology*. McGraw-Hill Book Co.
3. Broustet, J.P. (1980): *Cardiología Deportiva*. Editorial Toray-Masson.
4. a) Strauss, R.H. (1979): *Sports Medicine and Physiology*. Editorial W.B. Saunders Co.
5. b) McArdle, W.D.; F.I. Katch y V.L. Katch (1981): *Exercise Physiology*; Editorial Lea & Febiger, Filadelfia.

- Guyton, C.A.** (1981): *Textbook of Medical Physiology*; Editorial W.B. Saunders Co.
6. **Fox, E.L.** (1979): *Sports Physiology*; Editorial W.B. Saunders Co.
7. **Fisher, A.G.** (1976): *Your Heart Rate: The Key to Real Fitness*; Brigham Young University.
8. **Gollnick, P.D., P.O. Astrand y L. Hermansen** (1981-82): *Esfuerzo físico y fatiga*. En prensa. Centro de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte. Subsecretaría del Deporte. Escuela Superior de Medicina. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
9. **Astrand, P.O.** (1960): *Acta Physiol. Scand.* 49 (suppl. 169).
10. **Morehouse, C.A. y G. Alan Stull** (1957): *Statistical Principles and Procedures with Applications for Physical Education*. Lea and Febiger.