



EXCMO. AYUNTAMIENTO
DE DOS HERMANAS

Dos Hermanas

24 / 25 / 26 NOVIEMBRE 2006



PATRONATO
MUNICIPAL
DE DEPORTES
DOS HERMANAS



IV CONGRESO NACIONAL DE DEPORTE EN EDAD ESCOLAR. “DEPORTE Y SALUD”

Edita:

EXCMO. AYUNTAMIENTO DE DOS HERMANAS
PATRONATO MUNICIPAL DE DEPORTES

Coordinación de la Obra:
COMITÉ CIENTÍFICO

Autores:

Todos los que figuran en el índice de esta obra. Los textos que componen este libro fueron presentados por sus autores, como Conferencias y Comunicaciones al IV Congreso Nacional de Deporte en Edad Escolar. “Deporte y Salud”, celebrado en Dos Hermanas (Sevilla), del 24 al 26 de noviembre de 2006.

I.S.B.N.: 84-95591-22-7

Depósito Legal: SE-5695-06

Primera Edición: 2006 / Impreso en España

P.V.P.: Libro + CD 15 €

Maqueta e Imprime: *Diseño Sur, S.C.A.*

*Crta. Sevilla-Cádiz, Km. 555 - c/ Cable 9. Dos Hermanas, 41700 Sevilla.
info@impresionsur.com • Tel.: 95 567 91 81 • Fax: 95 567 91 21*

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiadoras, grabadoras sonoras, etc..., sin el permiso escrito del editor.



EXCMO. AYUNTAMIENTO
DE DOS HERMANAS



PATRONATO
MUNICIPAL
DE DEPORTES
DOS HERMANAS



PATRONATO MUNICIPAL DE DEPORTES
Dos Hermanas, 2006

IV CONGRESO NACIONAL DE DEPORTE EN EDAD ESCOLAR “DEPORTE Y SALUD”

Dos Hermanas, 24, 25 y 26 de noviembre de 2006

**EXCMO. AYUNTAMIENTO DE DOS HERMANAS
PATRONATO MUNICIPAL DE DEPORTES**

COMITÉ DE HONOR

MIEMBROS:

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Excmo. Sr. D. Manuel Chaves González

MINISTRA DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

Excma. Sra. D^a Mercedes Cabrera Calvo-Sotelo

ALCALDE DE DOS HERMANAS

Excmo. Sr. D. Francisco Toscano Sánchez

SECRETARIO DE ESTADO PARA EL DEPORTE. PRESIDENTE DEL CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES

Excmo. Sr. D. Jaime Lissavetzky Díez

CONSEJERO DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Excmo. Sr. D. Paulino Plata Cánovas

CONSEJERA DE EDUCACIÓN DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Excma. Sra. D^a Cándida Martínez López

CONSEJERA DE SALUD DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Excma. Sra. D^a María Jesús Montero Cuadrado

PRESIDENTE DE LA DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Excmo. Sr. D. Fernando Rodríguez Villalobos

RECTOR MAGNIFICO DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Excmo. Sr. D. Miguel Florencio Lora

RECTOR MAGNIFICO DE LA UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE

Excmo. Sr. D. Agustín Madrid Parra

SECRETARIO GENERAL PARA EL DEPORTE DE LA CONSEJERÍA DE TURISMO,
COMERCIO Y DEPORTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Ilmo. Sr. D. Manuel Jiménez Barrios

DIRECTORA GENERAL DE PARTICIPACIÓN Y SOLIDARIDAD EN LA EDUCACIÓN
DE LA CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Ilma. Sra. D^a Mercedes González Fontádez

DIRECTORA GENERAL DE SALUD PÚBLICA Y PARTICIPACIÓN
DE LA CONSEJERÍA DE SALUD DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Ilma. Sra. D^a Josefa Ruiz Fernández

TENIENTE ALCALDE DELEGADA DE DEPORTES DEL EXCMO. AYTO. DE DOS HERMANAS

Ilma. Sra. D^a María Antonia Naharro Cardeñosa

TENIENTE ALCALDE DELEGADA DE EDUCACIÓN DEL EXCMO. AYTO. DE DOS HERMANAS

Ilma. Sra. D^a Ana Conde Huelva

CONCEJAL DELEGADO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y SALUD
DEL EXCMO. AYTO. DE DOS HERMANAS

Ilmo. Sr. D. José Raúl Gil Sánchez

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidenta

D^a María Antonia Naharro Cardeñosa

Director-Coordenador

D. José Díaz García

Secretario General

D. Javier Conesa López

Área de Secretaría y Administración

D^a Rosana Márquez Ojeda

Área de Protocolo, Promoción e Infraestructura

D. Antonio Ramos Alanís

Área de Patrocinio y Difusión

D^a María José Jurado Carrasco

COMITÉ CIENTÍFICO

D^a María Antonia Naharro Cardeñosa

D. José Díaz García

D. Francisco José Monrové Morán

D. Santiago Romero Granados

D. José P. Sanchís Ramírez

D. Jesús Roca Hernández

D. José Manuel Lara Jaén

D. Francisco Carrasco Gallego

D. Albert Aliaga Rodés

D^a Ángeles Prada Pérez

D. Javier Alonso Alfonseca

D. Jesús Muñoz Bellerín

PATROCINADORES

EXCMO. AYUNTAMIENTO DE DOS HERMANAS
PATRONATO MUNICIPAL DE DEPORTES DE DOS HERMANAS
CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
CONSEJERÍA DE SALUD
CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE
INSTITUTO ANDALUZ DEL DEPORTE
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA. NUEVOS PLANTEAMIENTOS EN SU DETERMINACIÓN PARA EL DEPORTE ESCOLAR

Autores:

Ruth Cabeza Ruiz. Licenciada Educación Física. Universidad de Sevilla.

Pedro Tomás Gómez Píriz. Dr. Educación Física. Universidad de Sevilla.

RESUMEN:

El uso de la ecuación para el cálculo de la frecuencia cardiaca máxima ($FCM_{\text{Máx}} = 220 - \text{edad}$) es generalizado entre los profesionales del deporte y la actividad física. Esta fórmula aparece además en multitud de manuales y artículos relacionados con la fisiología del ejercicio y la evaluación de la condición física y el entrenamiento deportivo sin que aparezcan junto a ella las referencias bibliográficas que puedan llevarnos al origen de la misma, al autor o base científica sobre la que se desarrolló. Esta breve revisión bibliográfica puede darnos luz sobre la estimación de la $FCM_{\text{Máx}}$ y aportarnos alternativas más acordes y certeras que la ecuación tradicional, en distintos núcleos de población, entre ellos en el deporte escolar, y ante diversas circunstancias. Se detallan ecuaciones univariadas y multivariadas que sustituyan el uso de la misma.

PALABRAS CLAVE:

Deporte escolar. Actividad física. Salud. Frecuencia cardiaca.

INTRODUCCIÓN.

Estimar la frecuencia cardiaca máxima (en adelante $FCMax.$) ha sido, y es, un objetivo muy perseguido en el ámbito de la actividad física, del deporte y de la salud. Es un dato interesante, junto a la frecuencia cardiaca basal, que permitiría conocer qué ritmo máximo y mínimo caracterizan al corazón. La $FCM_{\text{Máx}}$, incluso se ha utilizado para estimar indirectamente, y a partir de ella, la intensidad del ejercicio. Es frecuente la tendencia a sintetizar este dato con una ecuación y universalizar su valor a cualquier individuo, a veces independientemente de su ocupación, hábitos, historial médico, deportivo, etc.

En la mayoría de la bibliografía se encuentran ecuaciones que dan como resultado la estimación de la frecuencia cardiaca máxima sobre la base del uso de univariadas, la más común; la edad. De todas ellas la que más aceptación ha tenido es la conocida

$FCMax. = 220 - \text{Edad}$ (en adelante tradicional). Sorprendentemente de esta ecuación, hasta el momento, no se tienen referencias al texto de origen o a la investigación que la sustenta. Este es el centro de atención del presente trabajo; ¿cuál es el origen de esta ecuación?, ¿es común a todo núcleo de población y en toda circunstancia?, ¿qué error se asume al utilizarla?

Variables para la estimación de la FCMax.

Es bien sabido que la frecuencia cardíaca (en el texto se usará indistintamente: p' , $p/\text{min.}$ y $\text{lat}/\text{min.}$) determina la duración de los movimientos cardíacos del corazón: la sístole y la diástole; tiempo disponible para el llenado del corazón y el escurrimiento arterial. Se tiene que tener en cuenta que cualquier elevación de la frecuencia cardíaca producirá una seria restricción en el tiempo de llenado del corazón y reducirá en forma considerable el volumen minuto cardíaco, estos dos criterios se encuentran siempre en la balanza; es recomendable, en este caso aumentar el ritmo por necesidades obvias, y hasta donde sería recomendable hacerlo.

El ejercicio muscular intenso se acompaña de una actividad simpática aumentada que acelera la frecuencia cardíaca gracias a las catecolaminas, la actividad parasimpática produciría el efecto contrario. Visto en su conjunto, todos los mecanismos de adaptación cardiovascular deben conducir a la economía de la potencia del corazón. No es motivo de este artículo profundizar en las numerosas conexiones fisiológicas y ambientales que alteran dicho proceso, sin embargo se hace necesario fundamentar algunas de las variables que intervienen, efectivamente, en la mayor o menor capacidad de rendimiento del corazón.

La frecuencia cardíaca ha sido relacionada con diferentes parámetros (fisiológicos, psicológicos, medioambientales, etc.) En esta relación aparentemente lineal, tiende a serlo, la pendiente de cada línea personal puede ser bastante diferente (Mc Ardle, Katch y Katch, 1990) pues a altas intensidades de trabajo esa relación manifiesta una curva asintótica (Figura 1)

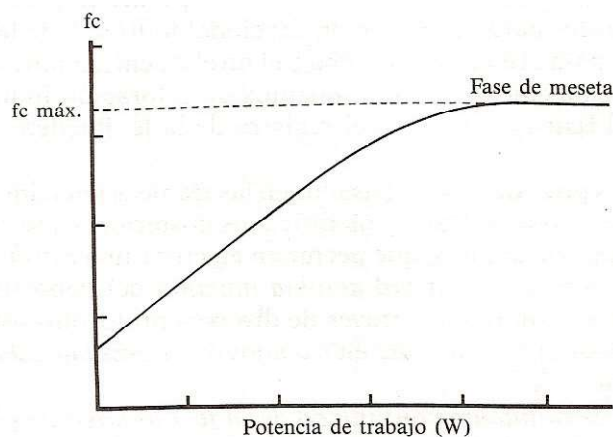


Figura 1. Representación esquemática de modificaciones en el valor de frecuencia cardíaca a distintos esfuerzos (Barbany, 1990, p.167).

Por otro lado, asumir una frecuencia cardíaca similar en todos los sujetos no sería lógico. Es comprensible ver especialistas del ámbito de la educación física y el deporte escépticos, no sólo a esta cuestión, sino también, y principalmente, a considerar la rela-

ción 220-edad como dato fiable. Así por ejemplo la desviación típica en esta ecuación es aproximadamente de ± 10 latidos por minuto alrededor de la frecuencia cardíaca máxima para individuos de la misma edad (p.201, op.cit.), de lo que puede deducirse que sobre la misma tienen efecto otros aspectos como pueden ser el entrenamiento, o la estimulación emocional, neural, hormonal, etc.

Inbar et al (1994) ya manifestaron que el valor de la FC máx. depende de varios factores respiratorios como el volumen máximo de oxígeno y la capacidad de intercambio gaseoso a nivel arteriovenoso, entre otros. Añaden asimismo, que entre los factores que más influencia presentan sobre la FC máx. se encuentran, en este orden; la edad, el tiempo dedicado a la actividad física y la altura del sujeto. Estas reflexiones parecen ser suficientes para ser cautos en la utilización de una ecuación univariable como es la tradicional.

El ritmo cardíaco, por tanto, está sujeto a la influencia de muchos factores, de tal forma que su expresión en lat/ min. no tiene siempre la misma causa. Se podría afirmar que ante un mismo estímulo el ritmo cardíaco puede responder de distinta forma. Esto parece ser cierto cuanto menor familiarización exista con dicho estímulo, como es el caso que nos ocupa en actividades físicas y deportivas en edad escolar.

La frecuencia cardíaca puede variar en una misma persona ante un mismo estímulo que se presenta en dos momentos diferentes, luego el error aumentaría considerablemente si usamos el mismo criterio para distintas personas.

Sin embargo, existen tendencias evidentes de manifestaciones cardíacas con evoluciones similares entre distintos sujetos, sobre todo cuando el control sobre la tarea es exigente, pero este suceso no debe ser suficiente para generalizarlo a toda la población de la misma edad. En la Figura 2 se aprecia como evoluciona el ritmo cardíaco de dos sujetos de 14 años ante situaciones similares, concretamente en un circuito de 8 estaciones de duración concreta para el trabajo y el descanso (3':1'30").



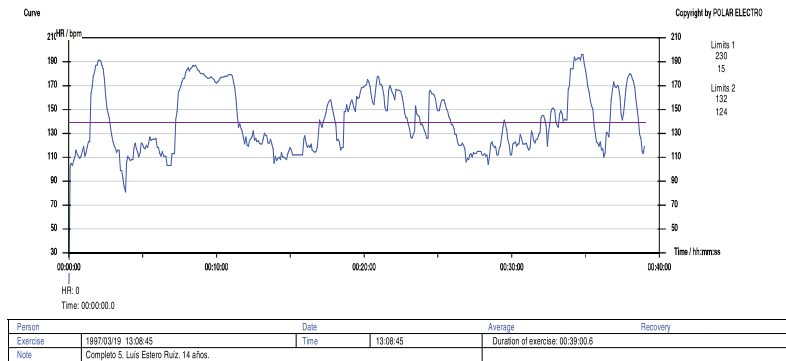


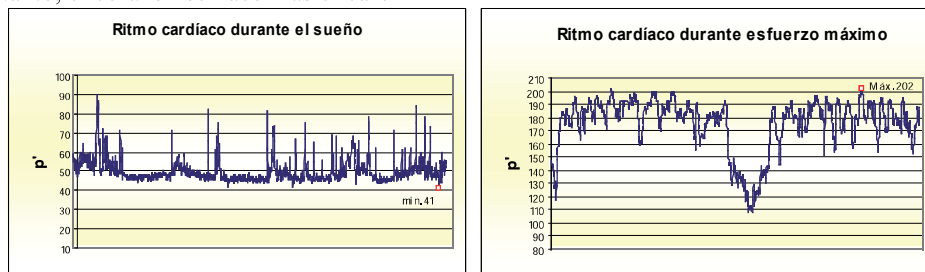
Figura 2. Relativa a la evolución del ritmo cardíaco de dos niños de la misma edad (14 años) sometidos a una sesión de Educación Física utilizando una metodología por circuitos.

A pesar de las evidencias gran cantidad de autores hacen referencia a esa relación matemática entre la FC máx. y la edad pero otros muchos indican al respecto:

“...No se ha determinado si los cambios precedentes en la función cardiovascular son el resultado directo del proceso de envejecimiento por sí o a una falta de actividad física habitual (Mc Ardle, Katch y Katch, 1990, 599)”

La influencia de la actividad física en el rendimiento cardíaco y la evolución según el envejecimiento ha sido objeto de estudio de varios trabajos de investigación que posteriormente han recogido Maroto y De Pablo (2003). Sus recopilaciones recogen las siguientes conclusiones en relación con el objeto del presente trabajo:

1, En pacientes entre 60-74 años los beneficios de la actividad física en los más mayores eran similares a los más jóvenes, no siendo la edad un factor limitante. Además, en mayores de 65 años disminuye la frecuencia en reposo y la máxima, 2, la FC máx. obtenida con la natación fue de 10-13 p’ inferior a la que se obtuvo en el tapiz rodante, luego el tipo de actividad parece ser un factor trascendente, y 3, en general se defiende que la práctica de actividad física programada mejora distintos factores cardiovasculares y, por tanto, el corazón se hace más eficaz.



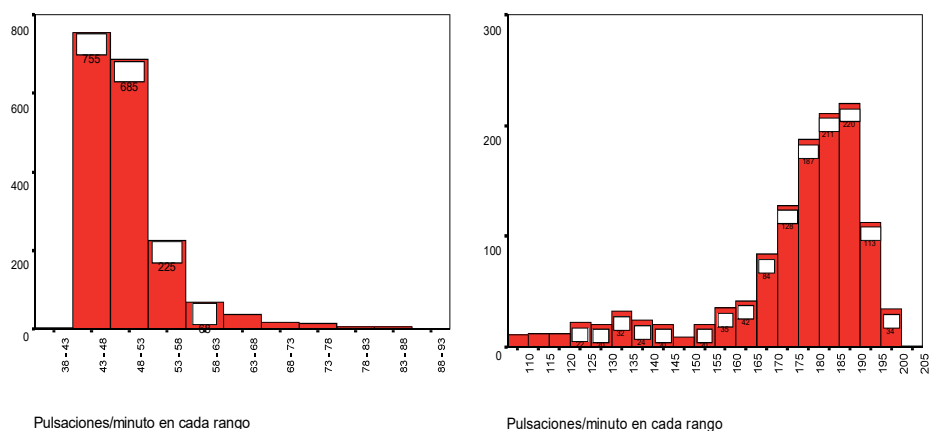


Figura 3. Relativa a la evolución del ritmo cardíaco por rangos en un sujeto de 40 años durante el sueño (A) y durante un esfuerzo máximo (B).

La máxima frecuencia cardíaca eficaz en el hombre es de alrededor 180 p/min., no siendo fácil establecer la relación que existe entre las características del pulso y los diferentes factores que influyen en él (Selkurt, 1981, 368) Distintas investigaciones realizadas con adultos sanos concluyen que existen otras variables a tener en cuenta en la predicción de la FC máx. (Whaley et al, 1992). Así se prevé que ésta es menor cuanto menor peso y menor frecuencia cardíaca en reposo. Finalmente estos autores concluyen que comparando los resultados de sus investigaciones con los previstos por la fórmula tradicional se obtiene que 220-edad produce frecuencias cardíacas máximas por debajo de las reales en sujetos mayores y sobrevalora las de los más jóvenes.

Como caso real se expone en la figura 6 la evolución de la frecuencia cardíaca durante un esfuerzo mínimo como es el sueño (Basal=41p') y durante un esfuerzo máximo (FC-Máx.=202) de un sujeto de 40 años. Como se puede apreciar el porcentaje mayor se encuentra en los rangos superiores a 175p', hallándose muchos datos por encima de 195p'. Puede llegar a ser cierto que estos rangos de ritmo cardíaco suponen un factor de riesgo relevante para este individuo (esto sería materia de otro análisis), lo que no deja de ser real es que su FC máx. no se corresponde con la teórica tradicional.

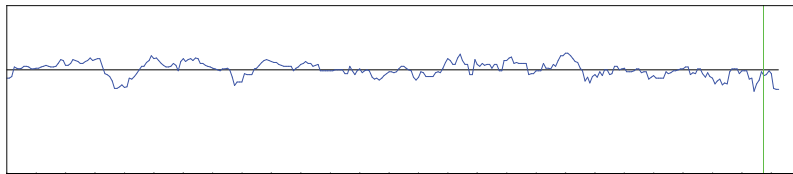
Fruto de esos datos se podría decir que este sujeto tiene una reserva cardíaca, entendida como la diferencia entre la máxima y la mínima, de 202-41=161p'. De manera teórica y utilizando la fórmula tradicional para la máxima (220-40=180p') y la mínima teórica (60p') se tendría una reserva cardíaca de trabajo de 120p', nunca más lejos de la realidad.

Esta relatividad de los datos obtenidos teóricamente es bastante usual. Analicemos otro caso relacionado con la actividad cardíaca en una niña de 6 años (Figura 4). Durante 25' de recogida de datos no se obtuvo ninguno por debajo de 100p' (28.2% entre 120-130p'; 49.4% 130-140p'; 15.2% 140-150p').

Aparentemente tener el 64.6% de los datos por encima de 130p’ sería indicador de un esfuerzo importante, sin embargo éste no fue diferente a cualquier actividad cotidiana con esa edad (jugar en sala, ir de un sitio a otro, etc.) no existiendo ninguna relación con la actividad físico-deportiva entendida como tal.

Estas circunstancias no son de extrañar en especialistas en la materia (Cardiólogos). Tales mecanismos están sujetos a numerosas influencias propias de niños/as en este rango de edad y los especialistas en el ámbito de la actividad física y los deportes en general no deben estar ajenos a estas particularidades.

Por tanto, como resumen, se podría afirmar que la frecuencia cardíaca no evoluciona de la misma manera en un mismo sujeto, ni entre varios. Además se ha comprobado en distintas investigaciones que la actividad física programada puede modificar parámetros cardiovasculares entre los que se encuentra la FC máx. El tipo de actividad a realizar y, por último, el núcleo de población y sus particularidades, como niños/as en edad escolar, pasan a ser un factor determinante en dicho cálculo.



Con este trabajo se pretende mostrar el estado en el que se haya esta cuestión así como proponer otras fórmulas que presenten fundamentación científica, reorientando su utilización para obtener ecuaciones más apropiadas en función de variables como la edad, sexo, núcleos de población de destino, condiciones específicas de utilización y, sobre todo, establecer una guía para su uso en la práctica de actividad física y deportiva en edad escolar.

La historia de la famosa fórmula.

Tomando como referencia principal las investigaciones de Robergs y Landwehr (2002) la primera vez que se cita una ecuación para la valoración de la FC máx. es en 1938, según investigaciones de Sid Robinson. Los datos derivados de ellas le llevaron a concluir que

la aproximación más certera para calcular este valor es $FCMax.: 212 - 0.7 \bullet Edad$. Sin embargo, y continuando con la búsqueda de la referencia original de la fórmula tradicional, estos autores analizan los estudios del Dr. Karvonen en 1957. Sus artículos fueron revisados y evidenciaron que no hacían referencia alguna a la valoración de la frecuencia cardíaca máxima. El propio autor recomendó que para la localización de la tradicional ecuación se revisaran las publicaciones del Dr. Åstrand.

Los estudios de Åstrand no iban encaminados a valorar la FC máx., ni en sus publicaciones utilizaba datos derivados de la ecuación 220 – edad. A pesar de esto, el autor afirmaba que en el pasado, él mismo la había recomendado como un método conveniente. En 1973 Åstrand obtenía resultados interesantes: encontró que la FC máx. disminuía alrededor de 12 latidos en 21 años y 19 latidos en 33 años, en mujeres, y 9 latidos en 21 años y aprox. 26 en 33 años, para los hombres. En este caso, si la fórmula 220 – edad fuese correcta, la disminución de la FC con el aumento de la edad sería igual a 1, con lo que no existe correspondencia entre estos datos y la ecuación tradicional. El dato de mayor importancia, para el tema que nos ocupa, es que el Dr. Åstrand extrajo de estas investigaciones que la fórmula 220–edad no es apropiada para niños menores de 10 años. En otro orden de cosas parecen existir indicios de que, al evolucionar la frecuencia cardíaca de esa forma, la relación parece no ser lineal (A en figura 5).

Los estudios de Fox y col. en 1971 determinaron como posible ecuación $FCMax.: 216.6 - 0.8421 \bullet Age$. Al respecto, haciendo referencia a la línea de tendencia de los datos objeto de estudio, el mismo autor manifestó:

“No existe una línea adecuada que represente los datos que aparecen en el estudio de la FCMáx. en relación con la edad” (citado por Robergs y Landwehr, 2002, p.4)

13 años después Fox desarrollando la manera de determinar el nivel apropiado de intensidad de un programa de entrenamiento basado en la frecuencia cardíaca, previo conocimiento de la FC máx. y aún considerando difícil su determinación, manifiesta sor-

presivamente que se pueden obtener estimaciones razonables para hombres y mujeres, sobre la base de la edad, mediante la siguiente ecuación: $FC\text{ máx.} = 220 - \text{edad}$... Indicando incluso que tal principio es válido tanto para los atletas como para los no atletas (Fox, 1984, 213-214)

Estas sorprendentes decisiones históricas al respecto parecen ser habituales, por un lado por el uso de cualquier ecuación y, por otro, por no fundamentar con datos referidos, por ejemplo, a los protocolos de investigación.

Otras ecuaciones para la $FC\text{Máx.}$

Fundamentalmente, cualquier trabajo que tienda a establecer leyes generales debe cumplir una serie de requisitos. El primero de ellos es que el trabajo tenga características experimentales. Obviamente deducir diseños experimentales en conductas humanas, como las que se analizan en el presente artículo, no es adecuado, así como tampoco lo es el objeto de estudio que nos ocupa. Es categóricamente imposible el control experimental que caracteriza a dicho diseño. El primer gran compromiso científico es asumir los resultados de la investigación subrayando siempre “las condiciones de la misma”. Cuestiones de protocolo, muestras utilizadas, características personales, etc., delimitan consecuentemente los resultados obtenidos.

Robergs y Landwehr (2002) recuperaron en sus investigaciones hasta 43 fórmulas consecuencia de diferentes estudios para la valoración de la $FC\text{ máx.}$ y seleccionaron 30 de ellas (excluyendo las realizadas a poblaciones no sanas). Con los datos de esas 30 investigaciones sobre $FC\text{ máx.}$ para edades comprendidas entre 20 y 100 años se recalculó una nueva ecuación de regresión: $FC\text{Max.} : 208.754 - 0.734 \bullet \text{Edad}$ ($R^2 = 0.93$ $S_{xy} = 7.2$ latidos/min). Marcos Becerro y Boraita (2003) apuestan por la ecuación $FC\text{Max.} : 208 - 0.7 \bullet \text{Age}$, indicando de manera sorprendente que es independiente del sexo y el estado de entrenamiento, ya que, por otro lado, la fórmula tradicional infravalora la $FC\text{ máx.}$ en personas mayores.

De todas ellas sólo tres pueden ser utilizadas con población infantil, se desestiman dos debido a que presentan una $R^2 = 0$ ó 0.09 . De esta manera la única que reúne requisitos de fiabilidad es la de Jones (citado por Robergs y Landwehr, 2002):

$$FC\text{Max.} : 202 - 0.2 \bullet \text{Age}$$

En la tabla 1, para rangos de edad de 10-18 años, se detallan cada una de las ecuaciones analizadas en este trabajo. De las distintas opciones se resumen en figura 6 algunos resultados utilizando distintas fórmulas en función de ciertas particularidades de investigación, como son la R^2 y las medidas de dispersión, y siempre en edad escolar.

Figura 6. FC máx. en edades comprendidas entre 10 y 18 años obtenidas desde distintas ecuaciones.

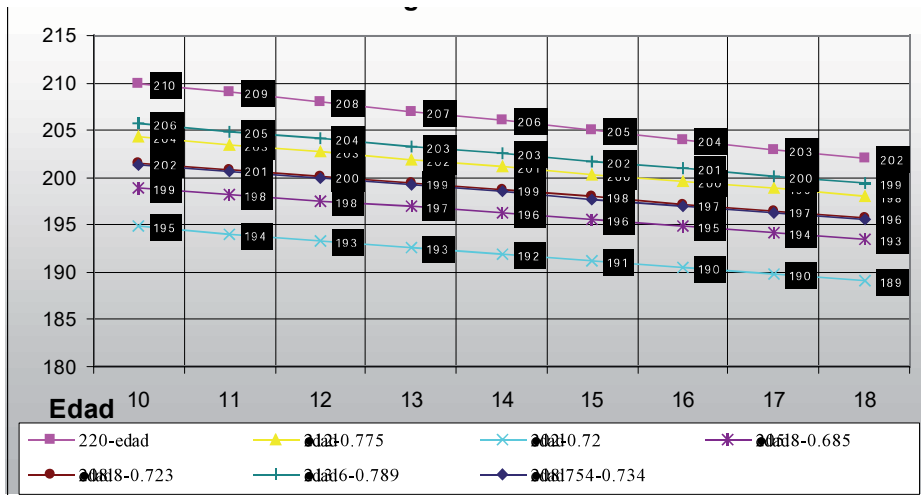


Tabla 1. Ecuaciones univariadas (edad) para el cálculo de la FC max. según diferentes autores.

AUTORES	Ecuación	Núcleo población	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tradicional	220-edad	(N/A)	210	209	208	207	206	205	204	203	202
Robinson, 1938*	212-0.775●edad	Hombres sanos (6-76)	204	203	203	202	201	200	200	199	198
Jones, 1985*	202-0.72●edad	Hombres y mujeres (15-72)	195	194	193	193	192	191	190	190	189
Inbar, 1994	205.8-0.685●edad	Hombres y mujeres sanos (20-70)	199	198	198	197	196	196	195	194	193
Whaley, 1992	208.8-0.723●edad	Mujeres (14-77)	202	201	200	199	199	198	197	197	196
Whaley, 1992	213.6-0.789●edad	Hombres (14-77)	206	205	204	203	203	202	201	200	199
Sheffield, 1978*	216.6-0.84●edad	Mujeres (19-69)	208	207	207	206	205	204	203	202	201
Londeree, 1982*	206.3-0.71●edad	Atletas de nivel nacional (N/A)	199	198	198	197	196	196	195	194	194
Tanaka, 2001*	211-0.8●edad	Hombres y mujeres sedentarios (N/A)	203	202	201	201	200	199	198	197	197
Tanaka, 2001*	207-0.7●edad	Hombres y mujeres activos (N/A)	200	199	199	198	197	197	196	195	194
Tanaka, 2001*	206-0.7●edad	Hombres y mujeres entrenados (N/A)	199	198	198	197	196	196	195	194	193
Robergs y Landwehr, 2002	208.754-0.734●edad	Resumen varios autores (20-100)	201	201	200	199	198	198	197	196	196

* Citados por Robergs y Landwehr, 2002

Seguidamente en tabla 2 se propone una relación multivariante para el cálculo de la FCMáx. en la que se aprecia la inclusión además de la edad de otros condicionantes característicos del sujeto (Whaley, 1992)

Tabla 2. Ecuación multivariada para el cálculo de la FC max.

Hombre	$203.9 - 0.812 \text{Edad} + 0.276 \text{FrC.reposo} - 0.084 \text{Peso} - 4.5(\text{Código Fumador})^*$
Mujer	$204.8 - 0.718 \text{Edad} + 0.162 \text{FrC.reposo} - 0.105 \text{Peso} - 6.2(\text{Código Fumador})^*$

* Código Fumador (1=fumador; 0=No fumador)

Conclusiones.

Se ha profundizado en varios tópicos muy habituales en la actualidad, de las reflexiones a los mismos se destacan las siguientes conclusiones:

La frecuencia cardíaca no evoluciona de la misma manera en un mismo sujeto, ni entre varios, ante un mismo estímulo. Esta afirmación se hace más patente a menor control de actividad y menor concreción metodológica de la tarea.

La actividad física programada, por sí misma, puede modificar parámetros cardiovasculares entre los que se encuentra la FC máx.

No existen indicios científicos para considerar la ecuación $FC \text{ máx.} = 220 - \text{edad}$ adecuada para la determinación de la frecuencia máxima.

El núcleo de población y sus particularidades, como niños/as en edad escolar, pasa a ser un factor determinante en dicho cálculo.

Con este estudio se pone en conocimiento la falta de fundamentación científica de la tradicional ecuación para la predicción de la FC max $FCMax. = 220 - Age$

Es evidente que no existen en la actualidad ecuaciones que estimen de manera fiable la FC máx. teniendo en cuenta como única variable la edad del sujeto. Asimismo, las ecuaciones multivariadas encontradas en el presente estudio muestran indicios de la idoneidad de su uso tanto en hombres como en mujeres.

De cualquier manera sería más adecuado utilizar ecuaciones adaptadas a los distintos grupos de edad siendo $FCMax. = 202 - 0.2 \bullet Age$ la más acorde con jóvenes de entre 15 y 18 años.

Aún no se han encontrado estudios que deriven una ecuación apropiada para personas menores de 15 años, por lo que su estimación en base a la ecuación $FCMax. : 220 - Age$ es altamente arriesgada.

Como resultado de esta revisión bibliográfica se puede añadir que el uso del valor de la FCM_{max} como referencia para determinar intensidades de entrenamiento es, cuando menos, atrevido.

BIBLIOGRAFIA.

- BARBANY, J. Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento. Barcelona: Barcanova. 1990
- FOX, E.L. *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1984.
- INBAR, O. et al. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20 to 70-yr-old men. *Medicine and science in sports and exercise*, 1994, 94, 538-546.
- MARCOS BECERRO, J.F. Y BORAITA, A. El ejercicio y el envejecimiento del sistema cardiovascular. En MARCOS BECERRO, J.F. Y GALIANO, D. (COORD.S) *Ejercicio, Salud y longevidad*. Sevilla: Consejería de Turismo y Deporte. 2003. p.115-131
- MAROTO, J.M. Y DE PABLO, C. La rehabilitación por el ejercicio y el deporte de las afecciones cardiovasculares en las personas mayores. En MARCOS BECERRO, J.F. Y GALIANO, D. (COORD.S) *Ejercicio, Salud y longevidad*. Sevilla: Consejería de Turismo y Deporte. 2003. p.115-131
- MCARDLE, W.; KATCH, F. Y KATCH, L. *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Alianza Deporte, 1990.
- ROBERGS, R.A. Y LANDWEHR, R. The surprising history of the “HR_{max}= 220-age” equation. *Journal of exercise physiology on line*, 2002, vol. 5, 2, 1-10.
- SELKURT, E.E. *Fisiología*. Barcelona: El Ateneo, 1981.
- VV.AA. Fitness. Movilidad-Fuerza-Resistencia. Barcelona: Scriba. 1993
- WHALEY ET AL. Predictors of over and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Medicine and science in sports and exercise*, 1992, vol. 24, 10, 1173-1179.
- WILMORE, J.H. Y COSTILL, D.L. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo, 2001