

**FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA. (I)
SU DETERMINACIÓN Y ESTIMACIÓN EN POBLACIÓN SANA NO
DEPORTISTA**

María Elena González Revuelta⁽¹⁾, Enrique Unzaga Pestano⁽²⁾, Adán Sánchez Martínez⁽³⁾ JR Amaro Chelala⁽⁴⁾

⁽¹⁾ DraC. Medicas, Master en Control Medico del Entrenamiento, Especialista en Fisiologia Normal y Patologica, Profesora Titular y Consultante, Investigadora Auxiliar. mariele@infomed.sld.cu

⁽²⁾ Especialista en Medicina del Deporte, Master en Enfermedades infecciosas, Profesor Asistente. enriqueup@infomed.sld.cu

⁽³⁾ Especialista en Fisiologia Cardiovascular y en Medicina del Deporte, Master en Control Medico del Entrenamiento, Profesor Auxiliar e Investigador Agregado. adansanchez@infomed.sld.cu

⁽⁴⁾ Especialista en Bioestadística. Master en Gerencia e Innovación Tecnológica. Profesor Auxiliar e Investigador Agrergado UCIMED-FAR

RESUMEN

Se realizó un estudio descriptivo en un universo de 50 personas sanas entre 18 y 64 años de edad, a partir del cual se conformaron dos muestras intencionales, una compuesta por 25 sujetos de ambos sexos, no practicantes de actividad física sistemática quienes realizaron una prueba de esfuerzo incremental hasta el agotamiento en cinta ergométrica, y otra por 25 mujeres practicantes de ejercicios aerobios que realizaron una carrera en pista de 1000 metros a la mayor intensidad posible. En cada una de las muestras se determinó la frecuencia cardíaca máxima alcanzada al final de las pruebas, con los objetivos de comprobar la utilidad de éstas para alcanzar la frecuencia cardíaca máxima directa, y paralelamente determinar la bondad de ajuste de 4 ecuaciones de estimación de la frecuencia cardíaca máxima. Se encontró que la carrera en pista de 1000 metros no resultó una prueba idónea para determinar la frecuencia cardíaca máxima, Todas las ecuaciones de estimación utilizadas sobreestimaron el valor de la frecuencia cardíaca máxima, siendo la ecuación de Tanaka para hombres y mujeres activos la que arrojó los valores más bajos de error estándar de estimación, así como de porcentaje de error de estimación en la totalidad de la muestra. La ecuación de 220-edad fue la que más sobreestimó la frecuencia cardíaca máxima en los sujetos más jóvenes, mientras que a partir de los 50 años su error de estimación se redujo prácticamente al máximo., por lo que su utilización es más factible a partir de esta edad.

Palabras claves: Frecuencia cardíaca máxima, Estimación de la frecuencia cardíaca máxima, Ecuaciones de estimación de la frecuencia cardíaca máxima.

ABSTRACT

A descriptive study was conducted in a universe of 50 healthy people between 18 and 64 years old, from which two intentional samples, one composed of 25 subjects of both sexes, no systematic physical activity practitioners who performed a test conformed incremental exercise to exhaustion on a treadmill, and another for 25 women practitioners who performed aerobic exercises in a race track at 1000 meters the highest possible intensity. In each of the samples the maximum heart rate achieved at the end of the tests, with the objective of testing the usefulness of these to achieve the direct maximum heart rate, and in parallel to determine the goodness of fit of 4 equations estimation was determined maximum heart rate. It was found that the race track is 1000 meters there wasn't a suitable test to determine your maximum heart rate. All estimating equations used overestimated the value of the maximum heart rate, although, with the equation of Tanaka for active men and women was founded the lowest values -standard error of estimate and error rate estimation in the whole sample. The equation of $220 - \text{age}$ was which more overestimated the maximum heart rate in younger subjects, whereas after 50 years its estimation error is almost reduced to the maximum, so its use is more feasible from this age.

Keywords: Maximum heart rate, Estimation of maximum heart rate, Equations for estimating maximum heart rate.

INTRODUCCIÓN

La frecuencia cardiaca máxima del corazón (FCM) durante un ejercicio de gran intensidad, resulta un indicador de gran utilidad para evaluar la capacidad de recuperación cardiovascular después del ejercicio, así como también para prescribir las intensidades del entrenamiento.

Si bien es cierto que la determinación de la FCM resulta de gran importancia en los deportistas, no menos importante resulta su determinación cuando se necesita orientar ejercicios físicos bien dosificados para promover la salud, previniendo un gran número de enfermedades cardiovasculares y metabólicas así como para mejorar la calidad de vida de la población.

Cada vez son más las personas de la población que acuden a áreas especiales para realizar actividad física, persiguiendo un determinado fin, bajo orientación de un licenciado en cultura física, un preparador físico u otro personal entrenado para esta actividad.

Además aún cuando la masividad es una característica bastante frecuente en estas actividades no se puede perder la perspectiva desde el punto de vista del profesor o persona que dirige la actividad, que para que el entrenamiento surta efecto, deben cumplirse ciertos principios importantes y uno de ellos es el principio de la individualidad.⁽¹⁾

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.^(2,3) lo que parece en gran medida estar condicionado por las características genéticas de las personas, e igualmente ocurre con la capacidad de respuesta y adaptaciones al entrenamiento.⁽⁴⁾

De ahí necesidad de que antes de comenzar un régimen de ejercicios físicos, cualquiera que sea su finalidad hay que caracterizar al sujeto que va a comenzar a realizar la actividad física, y es precisamente la frecuencia cardiaca, no solo la de reposo, (F_{crep}) sino también la FCM que puede alcanzar un sujeto durante un ejercicio físico de gran intensidad, una variable que se necesita conocer para poder fijar los rangos de frecuencia cardiaca dentro de los cuales esa persona deberá entrenar para obtener determinados resultados.

Muy conocido resulta el método de Karvonen ⁽⁵⁾ que fija los rangos de frecuencia cardiaca dentro del que se deberá entrenar para desarrollar aquella capacidad que se necesita mejorar. En la fórmula utilizada para calcular el ritmo de entrenamiento según este autor, se tiene en cuenta la FCM para el cálculo de la reserva cardiaca, definiéndose esta como (FCM- F_{crep})

La mejor forma de determinación de la FCM, es mediante la realización de una prueba de esfuerzo máximo. Este tipo de prueba debe hacerse de forma bien controlada en condiciones de laboratorio, en veloergómetro, o en cinta rodante, según el caso de que se trate. Sin embargo no siempre resulta factible tener a disposición este recurso, por lo que algunos preparadores ensayan diferentes métodos que de acuerdo a la experiencia personal, puede ser muy variable en condiciones de terreno.

Otra alternativa disponible, cuando no hay tiempo de planificar y realizar estos tipos de pruebas en el laboratorio ó en el terreno, es utilizar entonces ecuaciones 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. ⁽⁶⁾

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 $220 - \text{edad}$. ^(7,8)

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, pertenecientes a sujetos con problemas cardiovasculares y o compilaciones científicas no publicadas. ⁽⁷⁾

Es por esta razón, que resulta necesario definir, cual de las ecuaciones de estimación de la FCM, que han sido publicadas en la literatura, ⁽²⁾ se acerca más en su estimación al valor de esta variable determinada de forma directa mediante una prueba de esfuerzo máximo, por lo que en el presente trabajo nos propusimos como objetivos comprobar como se comporta la prueba de carrera en pista de 1000 metros a gran intensidad, para determinar de forma directa la FCM contra los resultados obtenidos mediante la realización de una prueba de esfuerzo creciente en cinta rodante, así como determinar la bondad de ajuste de diferentes ecuaciones indirectas para estimar la FCM, en hombres y mujeres sanos, sometidos a una prueba de esfuerzo máximo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó el comportamiento de la FCM, en un total de 50 sujetos de ambos sexos, entre 18 y 64 años de edad los que fueron divididos para su estudio en dos muestras intencionales.

Una de las muestras estuvo conformado por 25 sujetos, de ambos sexos, no practicantes de actividad física sistemática, quienes realizaron la prueba de esfuerzo máximo hasta el agotamiento sobre una cinta rodante, como parte de un estudio realizado en el instituto de Cardiología y Cirugía cardiovascular para evaluar la capacidad de trabajo físico. Además se les determinó de forma directa la FCM alcanzada al final de la prueba. Ninguna de estas personas arrojó patologías que motivaran ser excluidos del estudio.

El otro grupo estuvo conformado por 25 mujeres asistentes a un área especial donde se practica ejercicios aerobios y fueron sometidas a un test de máximo esfuerzo consistente en una carrera de 1000 metros a máxima intensidad, con la finalidad de determinarle la FCM alcanzada al final de la carrera.

En ambos casos la frecuencia cardíaca final se determinó mediante la auscultación en la región torácica.

Se procedió a agrupar a los sujetos en cada uno de los grupos conformados según los rangos de edades siguientes,

18 y 19 años, 20 a 29 años, 30 a 39 años, 40 a 49 años, 50 a 59 años y 60 a 64 años.

Se determinó además en cada uno de los sujetos incluidos en este estudio la FCM, mediante tres ecuaciones predictivas diferentes, seleccionadas de un pool de más de 30 ecuaciones propuestas por diferentes autores entre los años 1970 y 2007⁽²⁾

Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

- ❖ $220 - \text{edad}$ (Haskell y Fox, 1970)⁽⁸⁾
- ❖ $205,8 - 0,685(\text{edad})$ (Inbar, 1994) (para hombres y mujeres sanos)⁽⁹⁾
- ❖ $207 - 0,7(\text{edad})$ (Tanaka, 2001) (para hombres y mujeres activos)⁽¹⁰⁾

Además en el caso de las personas que hicieron la prueba de esfuerzo máximo en la estera rodante se incluyó además la siguiente ecuación

- ❖ $209 - 0,587(\text{edad})$ (Ricart) para hombres y mujeres en cinta ergométrica⁽¹¹⁾

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

- ❖ Popularidad de su utilización, (Haskell y Fox)⁽⁸⁾, tamaño de la población utilizada para determinar la ecuación, (Inbar)⁽⁹⁾, alto valor del coeficiente de determinación (Tanaka)⁽¹⁰⁾ y especificidad del test utilizado para realizar el ejercicio (Ricart)⁽¹¹⁾

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

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

Los resultados se expresan en gráficos y tablas.

A todos los sujetos se les pidió su anuencia para realizarles la prueba de esfuerzo máximo

RESULTADOS

En el Gráfico1 se muestran los resultados correspondientes a la muestra que realizó la prueba de esfuerzo máximo en la cinta rodante. Se observa que todas las ecuaciones predictivas utilizadas sobreestimaron el valor de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada, siendo la ecuación de Ricart, la que más sobreestimó la FCM, y en segundo lugar la ecuación 220 – edad

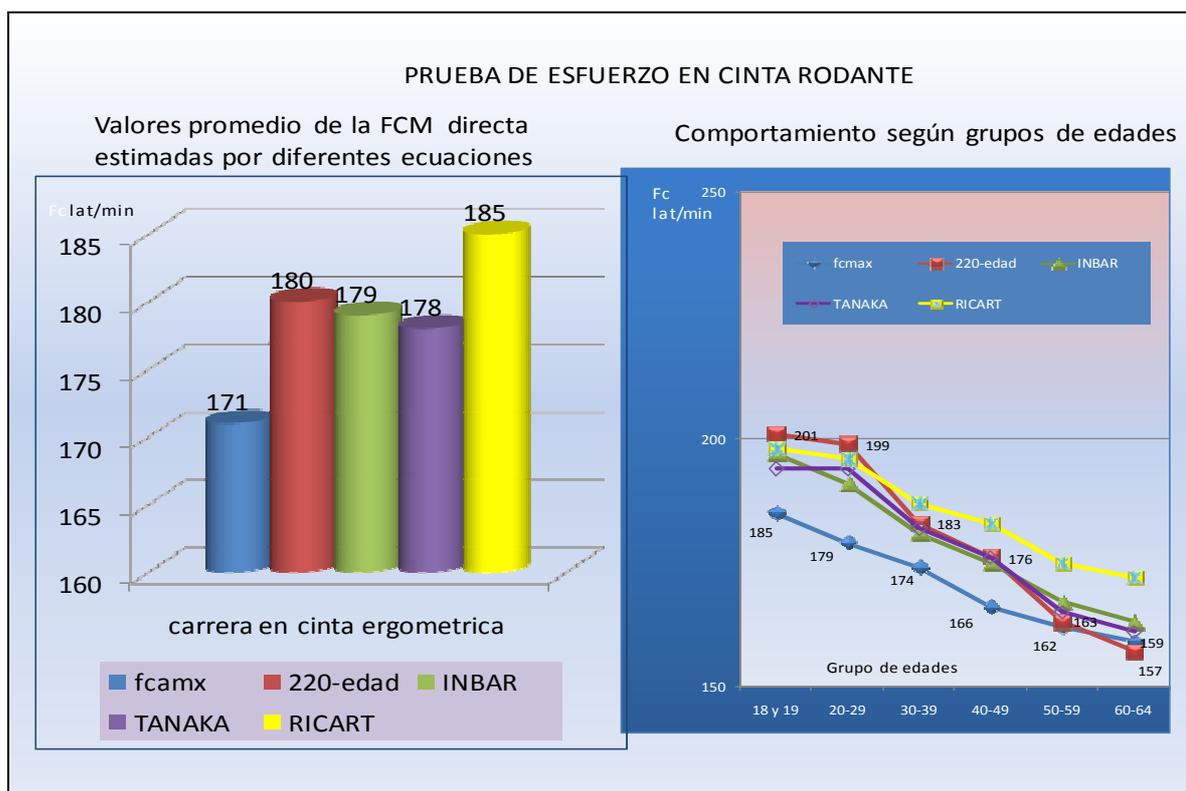


Gráfico 1. Valores promedio de la FCM directa determinada en cinta rodante, así como comportamiento de las ecuaciones predictivas según los rangos de edad establecidos. Fuente Base de datos de los autores.

Al analizar el comportamiento según los grupos de edades se observa que entre los 18 y los 50 años todas las ecuaciones probadas sobreestimaron la frecuencia cardíaca máxima, siendo la ecuación de 220-edad la que más sobreestimó el valor de esta variable en los sujetos más jóvenes, para después a partir de los 30 años comenzar a reducir su error estandar de la estimación, y ya al alcanzar los 50 años en adelante reducir al máximo el error de estimación (entre 1 y 2 lat /min)

En el Gráfico 2 se observan los valores promedio de la FCM directa y los obtenidos por las distintas ecuaciones de estimacion utilizadas, en la muestra que trabajó en cinta rodante, así como el error estandar de estimación (lat/min), y el porcentaje del error de estimación de cada ecuación con relación a la determinacion directa.

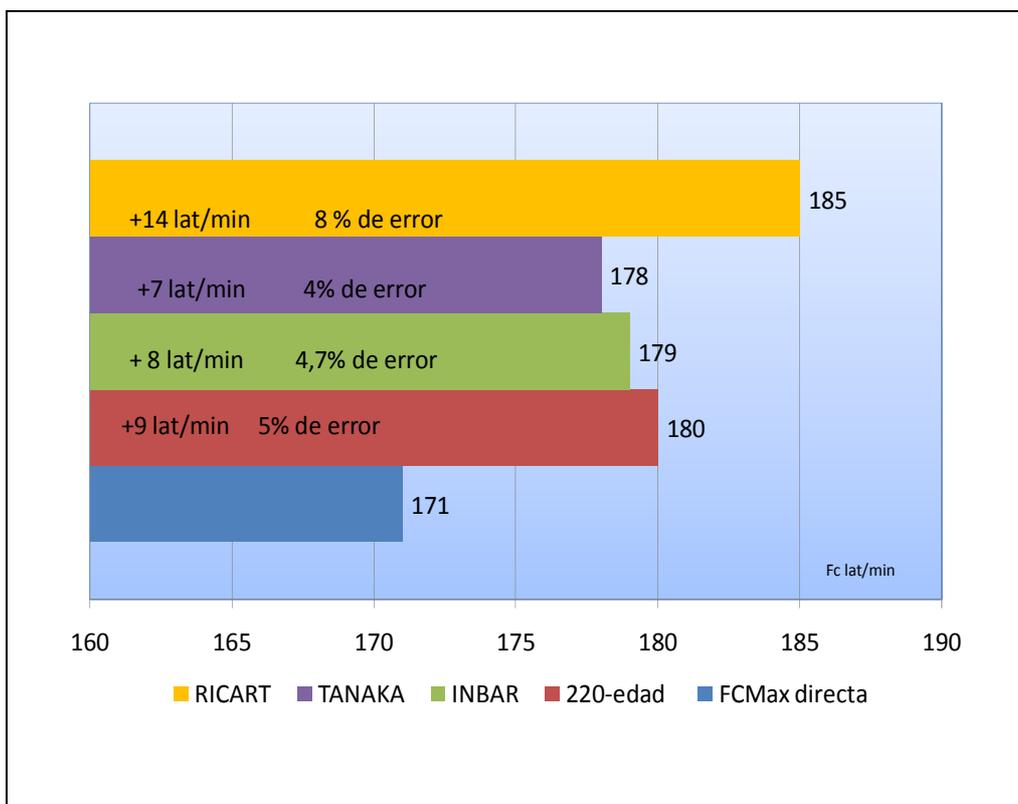


Gráfico 2. Valores promedio de las FCM directa (en cinta ergométrica) y las estimadas por las diferentes ecuaciones. Error estándar de la estimación en latidos /min y porcentaje de error de estimación con relación a la determinación directa Fuente Base de datos de los autores

Se observa que todas las ecuaciones de estimación sobreestimaron la frecuencia cardíaca máxima, siendo la ecuación de Ricart en cinta ergométrica⁽¹¹⁾ la que más sobreestimó el valor de la FCM, con un error estandar de estimación (EEE) de +14 lat/min, seguida de la ecuación de Hazkell (220-edad)⁽⁸⁾, Inbar⁽⁹⁾ y Tanaka⁽¹⁰⁾; ésta última fue la que mostró el EEE mas pequeño,(7lat/min), y un porcentaje de error de estimación de solo un 4% .

En el Gráfico 3 se observan los resultados correspondientes a la muestra conformada por las mujeres que realizaron la prueba de carrera de 1000 metros sobre la pista.

Se observa que los valores estimados de FCM por las formulas de Haskell⁽⁸⁾, Inbar⁽⁹⁾ y Tanaka⁽¹⁰⁾, fueron muy similares a los valores estimados por las mismas ecuaciones en la muestra de hombres y mujeres que hicieron la prueba de esfuerzo máximo en la cinta ergométrica. Sin embargo, obsérvese que el valor promedio de la FCM determinada de forma directa fue en promedio 5 lat/min más baja, que la obtenida en cinta rodante.

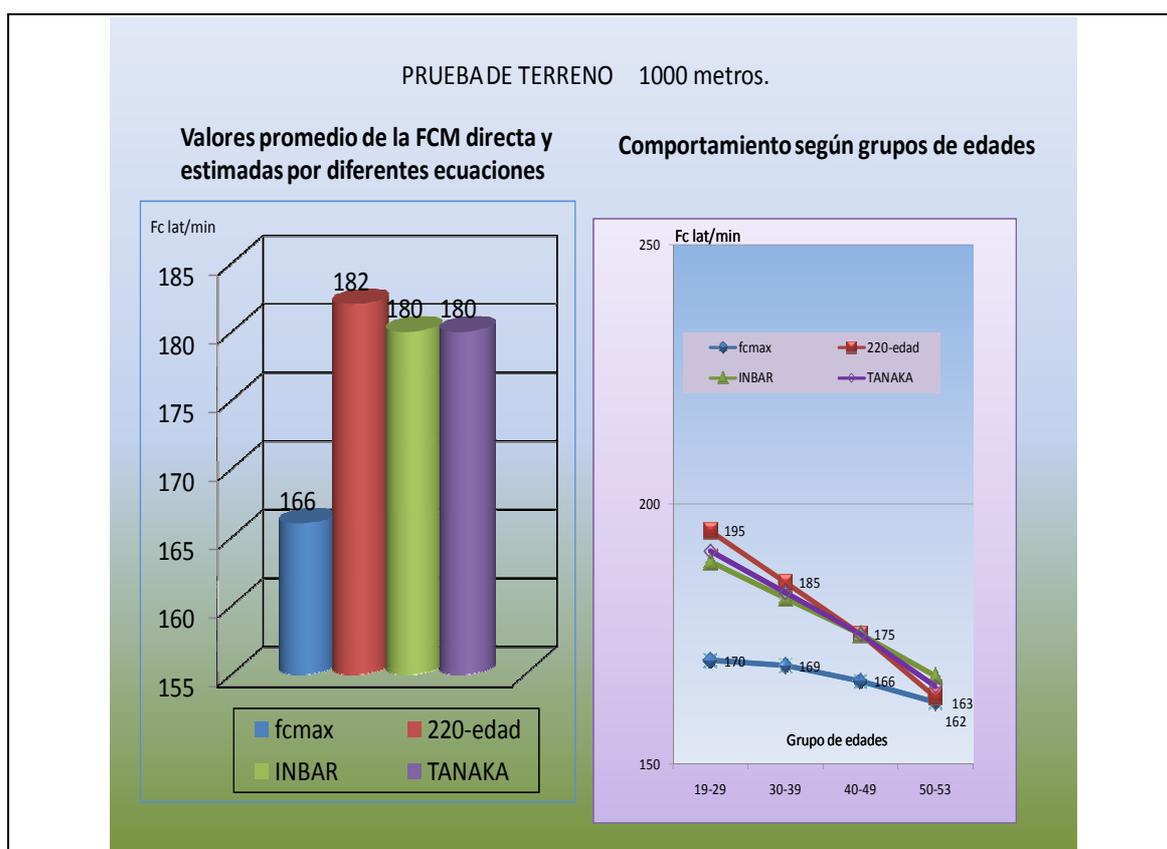


Gráfico 3. Valores promedio de la FCM directa determinada en la prueba de 1000m en la pista, así como comportamiento de las ecuaciones predictivas según los rangos de edad establecidos. Fuente Base de datos de los autores.

En este Gráfico 3 se observa también el comportamiento de cada ecuación en relación a los rangos de edades considerados. Igualmente se observó que la mayor diferencia entre las ecuaciones predictivas y la determinación directa ocurrió entre los 19 y 39 años edad; a partir de los 40 años las diferencias fueron disminuyendo hasta que en los sujetos de 50 a 53 años los valores estimados por las diferentes ecuaciones fueron bastante coincidentes entre si. En el caso de la ecuación 220 – edad⁽⁸⁾ aunque fue la de mayor sobrestimación en sujetos jóvenes, en los adultos de edad mas avanzada la predicción mediante esta ecuación fue la mas acertada.

En el Gráfico 4 se observan los errores de estimación (lat/min), de cada una de las ecuaciones de predicción utilizadas en este grupo de mujeres.

Se observa en este grupo de mujeres que realizaron la carrera de 1000 m que todas las ecuaciones de predicción incrementaron sus errores estandares de estimación, (lat/min) así como sus porcentajes de error de estimación, en relación a la determinación directa.

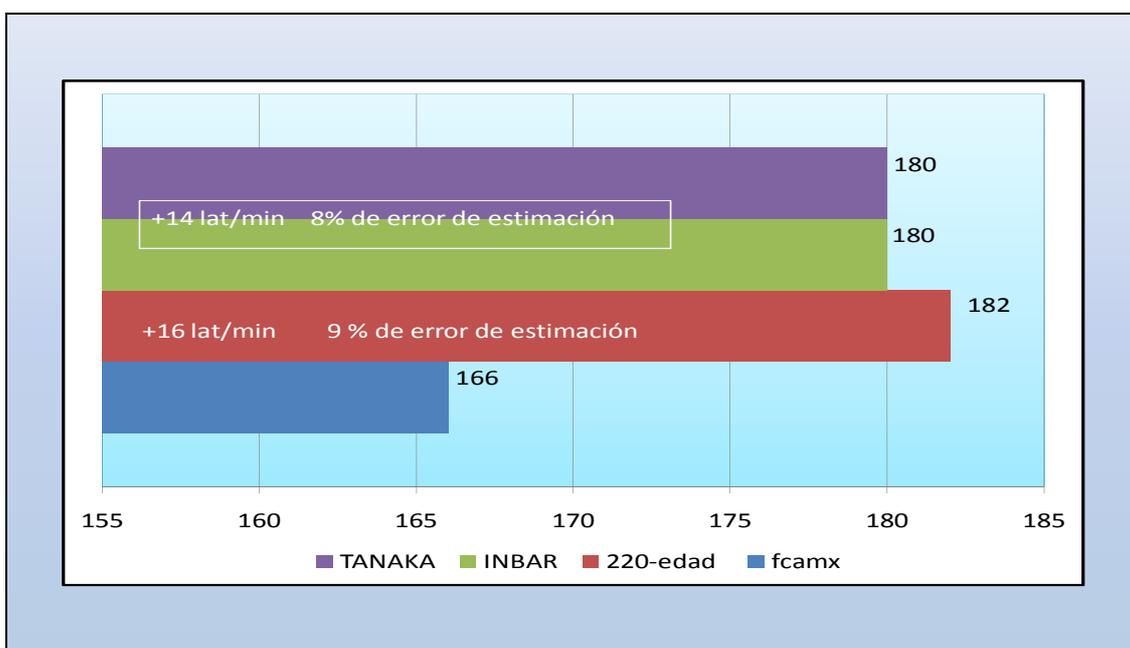


Gráfico 4. Valores promedio de las FCM directa en carrera de 1000 metros y las estimadas por las diferentes ecuaciones. Error estándar de la estimación en latidos /min y porcentaje de error de estimación con relación a la determinación directa

Finalmente en la Tabla 1 se observan los resultados del estudio de regresión realizados en la muestra que hizo el test de esfuerzo máximo en estera.

Tabla I Ecuaciones de regresión halladas para la predicción de la FCM en hombres y mujeres sanos

ECUACIONES	VALORES DE R , R2, Y EEE
FCM = 192,627-0,542(edad)	R = 0,698 R2= 0,487 EEE = 9,6
FCM = 193,251-0,538(edad)-0,548 (sexo) (sexo = 1 masculino , sexo = 2 femenino)	R = 0,697 R2= 0,486 EEE = 9,4

Se observa que ambas ecuaciones, tanto la que tiene a la edad, como la que tiene a la edad y el sexo, como variables independientes aunque tienen un EEE casi de 10 lat /min, arrojaron un valor de correlacion con la medicion directa, aceptable, es decir de 0,698 y 0,697, asi como valores de porcentaje de determinacion de la variable directa

R² de casi un 50%

DISCUSIÓN

La determinación de la FCM en una población no deportista casi siempre esta motivada por la necesidad de prescribir un régimen de entrenamiento, ya sea para reducir el peso corporal, para rehabilitarse de alguna patologia cardiovascular, o simplemente para promover la salud y ganar calidad de vida.

Cualquiera que sea el caso, se conocen las intensidades a las que deben entrenar los sujetos, y para conocer estas intensidades, debe determinarse previamente la FCM.

Asi por ejemplo el colegio americano de Medicina del Deporte aconseja o recomienda que para desarrollar un estado óptimo de aptitud cardiovascular se debe entrenar en sesiones de 20-60 minutos, 3 -5-veces por semana y con una intensidad de ejercicio 60-90% FCM, mientras que para desarrollar resistencia aerobia se recomienda sesiones de 60 minutos 7 ó mas veces por semana a una intensidad de 85% de la FCM. ⁽¹²⁾

También se pueden prescribir regímenes de entrenamiento en base al ritmo cardíaco de reserva utilizando el método de Karvonen, así por ejemplo si lo que se desea es reducir la grasa corporal se aconseja entrenar entre un 65 a 75 % del ritmo cardíaco de reserva lo que también necesita de la determinación de la FCM.⁽¹²⁾

En relación a poder determinar cuál de las dos pruebas resultó más útil para alcanzar la frecuencia cardíaca máxima en este trabajo encontramos que los valores de FCM promedio alcanzado fue más elevado en la muestra que corrió sobre la cinta rodante, que en los 1000 metros en el terreno, (171 vs 166) encontrándose una diferencia de 5 lat/min por debajo en las mujeres que corrieron en la pista.

Aun cuando se ha visto que la ecuación $220 - \text{edad}$ es una ecuación de las que más sobreestimó el valor de la FCM, sin embargo en las dos muestras analizadas fue esta misma ecuación la que se tomó como ecuación de referencia para determinar el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima en relación a la predicha, siendo en la cinta rodante de un 95% mientras que en la pista fue de solo un 91 %, lo que denota que las mujeres que realizaron la carrera de 1000 metros no rindieron el máximo esfuerzo que se esperaba.

Mientras que en la cinta ergométrica casi el 100 % de los sujetos evaluados realizó un esfuerzo que puede considerarse máximo (un solo caso fue el que desarrolló una menor intensidad de esfuerzo y así todo llegó a alcanzar un 84% de la FCM de la predicha, en el test de 1000 metros hubo 4 casos que no llegaron a alcanzar ni tan siquiera 85% de la frecuencia máxima predicha.

Este resultado nos lleva a plantear que la carrera de 1000 m en pista no es el test más adecuado cuando se desea alcanzar la FCM., ya que depende en gran medida de la voluntad individual de cada sujeto, y por lo tanto no puede controlarse la intensidad de la carrera ni obviamente del esfuerzo que se está realizando durante la misma., No ocurre lo mismo con la carrera en cinta ergométrica, en la que el sujeto está obligado a correr a la velocidad que se le impone mediante el ergómetro.

Tal vez, un test en pista de carrera que podría sustituir al de 1000 m sería un test en el que mediante señales acústicas y señales de tramos en el terreno, obligue a los participantes a correr cada tramo a mayor velocidad, hasta lograr el esfuerzo máximo.

En relación a la bondad de ajuste de las ecuaciones utilizadas para la estimación de la FCM, encontramos que todas sobreestimaron el valor de la FCM. En la muestra que trabajó sobre la cinta ergométrica, paradójicamente la ecuación que peor se comportó en este sentido fue la ecuación de Ricart realizada con los datos de hombres y mujeres que también corrieron sobre la cinta ergométrica.

Este resultado podría deberse a que tal vez la edad de los sujetos utilizados por este autor fueron más jóvenes que los nuestros, en los que encontramos una edad promedio de 40 años. Este dato no lo encontramos reportado por el autor.⁽¹¹⁾

En segundo lugar quedó la ecuación de 220 menos la edad ⁽⁸⁾ con un error estandar de sobreestimación de + 9 lat/min. Obviamente este error se incrementa en la muestra conformada por las mujeres que trabajaron en la pista, ya que la FCM directa fue menor. En este último grupo el error fue mucho mayor es decir de +16 lat/min, por la razón ya analizada.

Nuestros resultados concuerdan con lo reportado en la literatura especializada ya que a pesar de la aceptación de esta fórmula, (220-edad) ⁽⁸⁾ 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 de estimación estándar, = 7-11 lat./min). ⁽²⁾

También nuestros resultados se corresponden parcialmente con lo reportado por Chiacchio ⁽¹³⁾ quien comparó el comportamiento de las FCM predichas por las ecuaciones de, 220 –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-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 de edad. En nuestros resultados, las tres fórmulas de estimación que fueron probadas, tuvieron una buena coincidencia en el grupo de 40 a 49 años de edad.

Otro estudio realizado por Gandola y Reeb ⁽¹⁴⁾ encontraron que la ecuación 220-edad sobreestimaba la frecuencia cardíaca máxima 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_{máx} sea exacta hasta el alcance de ± 2 a 3 lat/min, si el sujeto logra de verdad el ejercicio máximo ⁽²⁾

Por otro lado, en dependencia de cual sea el fin para el cual es predicha la ⁽⁸⁾ FCM, así podrá ser el error de predicción que se acepte. Así por ejemplo si se utiliza la Frecuencia cardíaca máxima para predecir el valor de máximo consumo de oxígeno (MVO₂) entonces un error mayor de 3 lat/min puede ser considerable, sin embargo si para lo que se necesita la estimación de la ⁽⁸⁾ 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 este determinando ⁽²⁾

También encontramos que en relación a la ecuación de 220-edad, por debajo de los 30 años es el rango donde esta ecuación más sobreestimó el valor de la FCM para después a partir de los 30 años comenzar a reducir su error estandar de la estimación, y ya al alcanzar los 50 años en adelante reducir al máximo el error de estimación (entre 1 y 2 lat /min)

De acuerdo a todo lo antes comentado podría resultar algo mas conveniente utilizar en los sujetos mas jóvenes , es decir por debajo de los 30 años de edad las ecuaciones de Tanaka e Inbar las que arrojaron errores de estimacion ligeramente mas pequeños, de 7 y 8 latidos por encima de la determinacion directa, y aunque todavia este error es considerable, si lo que se va a determinar son rangos de entrenamiento y no un valor específico de frecuencia cardíaca , entonces estos valores podrían ser mejor aceptados, que los arrojados por la ecuación de 220-edad. Ya a partir de los 50 años en adelante esta ecuación puede ser mejor utilizada.

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 ⁽⁸⁾ FCM tiene un gran componente genético. ⁽⁴⁾

Londeree ⁽¹⁶⁾ sin embargo, desarrolló una ecuación multivariada que usa las variables edad, edad², edad⁴/1000, la etnicidad, el modo de ejercicio, nivel de actividad, y el tipo de protocolo usado para evaluar la frecuencia cardíaca, pero sin obtener ningún resultado estadístico significativo capaz de explicar la variación de la FCM.

En nuestro trabajo, hicimos un estudio de regresion lineal para ver si encontrábamos una ecuación de predicción que resultara mejor que las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la FCM en la poblacion de hombres y mujeres estudiados en este trabajo.

Utilizamos como variables independientes la edad y la edad y el sexo, en ecuaciones diferentes. Debemos comentar que en ambas ecuaciones se encontró un nivel de correlación aceptable con la determinación directa (R= 0,697 y R=0,698), así como un coeficiente de determinación ligeramente superior al de la ecuacion de Inbar (0,45)⁽⁹⁾ y cercano a un 50% (0,49), sin embargo la ecuacion de Inbar surgida de un estudio de 1424 sujetos mostro un error estandar de estimación de solo + 6 lat/min , es decir ligeramente inferior a al encontrado en nuestras ecuaciones. En cuanto a la ecuación de Tanaka, la misma mostró un coeficiente de determinación (R²) bastante superior(0,81)⁽¹⁰⁾ pero no se recoge en la literatura revisada su error estandar de estimación. Luego como **conclusión** debemos decir que las dos ecuaciones determinadas en este trabajo para la muestra utilizada podrían constituir dos opciones más a tener en consideración, aunque en realidad aún deben continuarse estudios en este sentido que vayan delimitando las bondades o limitaciones que muestran las ecuaciones conocidas, y que sea la experiencia del investigador, quien decida como proceder o qué ecuación seleccionar en dependencia del objetivo que persiga para utilizar la FCM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González ME. Fisiología del ejercicio: respuestas y adaptaciones provocadas por el ejercicio físico y el entrenamiento. 1ra, Ed. La Habana: Ed. Deportes; 2013. "en prensa"
2. 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_fcmáx.doc.
3. Lusk G. The elements of the science of nutrition. Philadelphia: WB Saunders; 1928
4. Skinner JS. Do genes determine champions? Sports Science Exchange 2001; 14(4):1-4
5. Karvonen, M.J., Kentala, E. and Mustala, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. Ann Med Exper Fenn 1957; 35(3):307-315.
6. Froelicher, VF, Myers JN .Exercise and the heart. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000
7. Fox III, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. Ann Clin Res 1971; 3:404-432.
8. 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.
9. Inbar O., Oten A., Scheinowitz M., Rotstein A., Dlin R. and Casaburi, R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-70-year-old men. *Med Sci Sport Exerc* 1994; 26(5):538-546.
10. 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.
11. Ricard, RM., Leger L. and Massicotte, D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22(2):Supplement S96(Abstract 575).
12. Abalde YP. Curso de especialización sobre "Programación de ejercicio físico en personas con patologías asociadas al sedentarismo". Universidad de Vigo, España 2008. Consultado (04/03/2012) . Disponible en www.linkedin.com/pub/yago-pichel-albade.
13. Chiaccho M. Fórmulas de estimación de la frecuencia cardiaca máxima. 19/07/2008 Disponible en <http://www.medicodeldeporte.es>.
14. Gandola F, Reed P. La ecuación 220-edad predice una frecuencia cardiaca máxima teorica desacertada. 4to. Congreso Virtual de Cardiología. Noviembre 2005. Argentina.
15. Londeree BR., Moeschberger ML. Effect of age and other factors on maximal heart rate. Res Quarter Exerc Sport 1982; 53(4):297-304.