

Ecuación más conveniente para predecir frecuencia cardíaca máxima esperada en esfuerzo

María Agustina Miragaya¹, Osvaldo Federico Magri²

Resumen

Objetivo. Comparar la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) alcanzada con la esperada según la fórmula clásica (220 menos edad) y la propuesta por Tanaka [$208,75 - (0,73 \times \text{edad})$] en diferentes poblaciones para determinar cuál es la ecuación más exacta, en vista de que este parámetro es muy utilizado para la evaluación de la reserva cronotrópica y coronaria.

Material y método. Estudio descriptivo, observacional y transversal con 910 pacientes que realizaron prueba ergométrica graduada en el Instituto Médico Río Cuarto (Córdoba, Argentina) durante 2012-2013. Se utilizó el protocolo de Astrand. Se evaluó la FCmax alcanzada y esperada de cada paciente mediante la fórmula clásica y la de Tanaka. Se compararon dichos resultados según el género, rango etario, índice de masa corporal (IMC), presencia de factores de riesgo (hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, enfermedad coronaria previa y/o tabaquismo) y consumo de beta bloqueantes. Para el análisis estadístico se utilizó *Microsoft Excel* y SPSS, y la probabilidad estadística mediante el índice de Pearson con un valor $<0,01$.

Resultados. Se analizaron 910 pacientes, 554 (61%) de género masculino y 356 (39%) femenino, la edad promedio fue de 47 ± 16 años, el IMC fue de 27 ± 5 . El 48% de la población presentó uno o más factores de riesgo y el 15% estaba bajo tratamiento con beta bloqueantes. Al analizar la FCmax alcanzada por el paciente y compararla con la esperada según ambas fórmulas, se halló una sobreestimación por parte de las mismas, resultando más precisa en los menores de 40 años, la de Tanaka, y en los mayores de 40 años, la fórmula clásica. En los pacientes con $\text{IMC} > 25$ y en los tratados con beta bloqueantes, se evidenció una sobreestimación de la FCmax esperada con ambas fórmulas.

Conclusiones. La fórmula de Tanaka fue más precisa en los pacientes menores de 40 años sin diferencias respecto al género, por lo que sugerimos utilizar esta ecuación para dicha población y reservar la clásica para los mayores de 40 años. Esta relación se mantuvo en las subpoblaciones según presencia o no de factores de riesgo e IMC. Estos hallazgos tendrían el efecto de subestimar el verdadero nivel de estrés físico impuesto durante la prueba de esfuerzo y la intensidad adecuada de los programas de ejercicios prescritos. La población que utilizaba beta bloqueantes presentó una sobreestimación con ambas fórmulas, siendo más acentuada cuanto más joven era el paciente.

Insuf Card 2016; 11(2): 56-61

Palabras clave: Frecuencia cardíaca máxima - Prueba de esfuerzo - Ecuación - Tanaka

Summary

More convenient equation for predicting maximum heart rate expected in exercise testing

Objective. To compare the maximum heart rate (HRmax) reached with the expected according to the classical formula (220 minus age) and that proposed by Tanaka [$208,75 - (0,73 \times \text{age})$] in different populations to determine which is the most accurate equation, given that this parameter is used to evaluate the chronotropic and coronary reserve.

Material and method. Descriptive, observational and cross-sectional study with 910 patients who underwent exercise stress test graduated at the Medical Institute Rio Cuarto (Cordoba, Argentine) during 2012-2013. Åstrand protocol

¹ Médica residente de 4° año de Cardiología. Instituto Médico Río Cuarto. Córdoba. República Argentina.

² Médico cardiólogo. Jefe de Servicio de Cardiología. Instituto Médico Río Cuarto. Córdoba. República Argentina.

Correspondencia: Dra. María Agustina Miragaya.
Ecuador 119. CP: 5800. Río Cuarto. Córdoba. República Argentina.
E-mail: agustina_mi@hotmail.com - Teléfono: +54 341 3126099

Recibido: 20/02/2016
Aceptado: 25/05/2016

was used. HRmax achieved and expected of each patient by the classic formula and Tanaka's formula were evaluated. These results were compared by gender, age range, body mass index (BMI), presence of risk factors (hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, previous coronary disease and/or smoking) and use of beta blockers. Microsoft Excel for statistical analysis and SPSS was used, and the statistical probability by Pearson index with a value <0.01 .

Results. The 910 patients, 554 (61%) of male and 356 (39%) female, mean age was 47 ± 16 years, BMI was 27 ± 5 were analyzed. The 48% of the population had one or more risk factors and 15% were treated with beta blockers. When analyzing the HRmax reached by the patient and compared with the expected according to both formulas, an overestimation was found by them, resulting in more accurate Tanaka's formula in the under 40 years and the classic formula those over 40 years. In patients with BMI >25 and in those treated with beta blockers, an overestimation of HRmax expected with both formulas was evidenced.

Conclusions. Tanaka's formula was more accurate in patients younger than 40 years without sex differences, so we suggest using this equation for this population and reserve the classic formula for over 40 years. This relationship remained in subpopulations according to presence or absence of risk factors and BMI. These findings would have the effect of underestimating the true level of physical stress imposed during the stress test and the right intensity of exercise prescribed programs. The population using beta blockers showed an overestimation with both formulas, being more pronounced the younger was the patient.

Keywords: Maximum heart rate - Exercise stress test - Equation - Tanaka

Resumo

Equação mais conveniente para prever frequência cardíaca máxima esperada em teste de esforço

Objetivo. Comparar a frequência cardíaca máxima (FCmax) alcançada com a esperada de acordo com a fórmula clássica (220 menos a idade) e o proposto por Tanaka [$208,75 - (0,73 \times \text{idade})$] em populações diferentes para determinar qual é a equação mais precisa, uma vez que este parâmetro é utilizado para avaliar da reserva cronotrópica e coronária.

Material e método. Estudo descritivo, observacional e transversal, com 910 pacientes que foram submetidos a teste progressivo de esforço no Instituto de Medicina do Rio Cuarto (Córdoba, Argentina) durante 2012-2013. Foi utilizado o protocolo de Åstrand. Foi avaliada a FCmax alcançada e esperada de cada paciente pela fórmula clássica e fórmula de Tanaka. Estes resultados foram comparados por sexo, faixa etária, índice de massa corporal (IMC), a presença de fatores de risco (hipertensão arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, doença coronariana prévia e/ou tabagismo) e consumo de beta-bloqueadores. Para análise estatística foi utilizada Microsoft Excel e SPSS, e a probabilidade estatística pelo índice de Pearson, com um valor $<0,01$.

Resultados. Foram analisados 910 pacientes, 554 (61%) do sexo masculino e 356 (39%) do sexo feminino, com idade média de 47 ± 16 anos, o IMC foi de 27 ± 5 . O 48% da população apresentaram um ou mais fatores de risco e 15% foram tratados com betabloqueadores. Ao analisar a FCmax alcançada pelo paciente e comparada com a esperada de acordo com ambas as fórmulas, uma superestimação foi encontrada por eles, resultando mais precisa a fórmula Tanaka em menores de 40 anos e a fórmula clássica em pessoas com mais de 40 anos. Em pacientes com IMC >25 e naqueles tratados com betabloqueadores, foi demonstrada uma superestimação da FCmax esperada com ambas as fórmulas.

Conclusões. A fórmula de Tanaka foi mais precisa em pacientes com menos de 40 anos sem diferenças entre os sexos, por isso sugerimos usar esta equação para essa população e fórmula clássica para os maiores de 40 anos. Esta relação manteve-se em subpopulações de acordo com a presença ou a ausência de fatores de risco e IMC. Estes achados teriam o efeito de subestimar o verdadeiro nível de estresse físico imposta durante o teste de esforço e a intensidade certa de programas de exercício prescrito. A população utilizando betabloqueadores demonstrou uma superestimação com as duas fórmulas, sendo mais pronunciada quanto mais jovem foi o paciente.

Palavras-chave: Frequência cardíaca máxima - Teste de esforço - Equação - Tanaka

Introducción

La frecuencia cardíaca máxima (FCmax) es uno de los valores comúnmente utilizados tanto en la medicina clínica como en la cardiología; por lo tanto, es importante contar con un método que nos permita predecir con la mayor exactitud posible, los valores de este parámetro esperados según la edad y género del

paciente; ya que de esto dependerá el inicio de estudios diagnósticos complementarios, las indicaciones farmacológicas y la rehabilitación física cardiovascular, y en muchos casos valorar la respuesta terapéutica a fármacos^{1,2}. El objetivo del presente estudio es objetivar qué ecuación es más exacta para estimar la FCmax esperada, en base a 910 datos de pacientes que se realizaron una prueba ergométrica de esfuerzo

(PEG) en el Instituto Médico Río Cuarto (Río cuarto, Córdoba, Argentina).

Marco teórico

La frecuencia cardíaca (FC) es el número de contracciones cardíacas por unidad de tiempo y se expresa en latidos por minutos, su medida puede realizarse en condiciones de reposo o actividad, en distintos puntos anatómicos y con diferentes técnicas. La FCmax es un límite teórico que corresponde al máximo de pulsaciones que el paciente alcanza en una PEG. Esta FCmax varía con la edad y el género y se han propuesto diversas ecuaciones, aunque la más utilizada es 220 menos edad del paciente³.

Hay que tener en cuenta que las PEG se consideran satisfactorias cuando los pacientes llegan a un porcentaje de su FCmax estimada para la edad (85% de la FCmax esperada)⁴.

La FCmax alcanzada o el porcentaje de reserva de frecuencia cardíaca (FCmax alcanzada menos frecuencia cardíaca en reposo) se utiliza como base para la prescripción de la intensidad del ejercicio, tanto en programas de rehabilitación como de prevención de enfermedades, como así también, en la valoración de deportistas de alto rendimiento, como un criterio para limitar el esfuerzo máximo en la realización de la actividad aeróbica⁵.

Como se mencionó anteriormente, en las pruebas de esfuerzo generalmente utilizadas, la FCmax se estima a menudo utilizando la ecuación 220 menos edad, la cual no se sabe a ciencia cierta de dónde procede y no deriva de un análisis de regresión, sino que es arbitraria basada en 10 estudios. Su empleo se ha popularizado por la practicidad de la misma. Sin embargo, la validez de dicha ecuación no se ha establecido, ya que no existe ningún estudio que discrimine las variaciones según edades, presencia de comorbilidades o no y empleo de fármacos cardioactivos, por lo que debería utilizarse sólo en personas jóvenes y sanas⁵. Por otro lado, algunas revisiones plantean la posibilidad de que dicha ecuación, sobrestime la FCmax esperada en los jóvenes y subestime la de los adultos mayores; no obstante no hay datos concluyentes sobre este tópico⁶.

En 2001, Tanaka y col. publicaron en *Journal of the American College of Cardiology*, un estudio en el que sugiere la utilización de una nueva ecuación [$208,75 - (0,73 \times \text{edad})$], que sería más precisa para evaluar este parámetro⁷. En consecuencia, el objetivo del presente estudio dado la frecuencia con que se utiliza este valor y la gran utilidad del mismo, es determinar, cuál de las dos ecuaciones presenta mayor exactitud entre la FCmax alcanzada por el paciente, y la FCmax esperada, según las dos ecuaciones presentadas.

Objetivo

Comparar la FCmax alcanzada en la PEG con la esperada según la fórmula clásica (220 menos edad) y la propuesta por Tanaka [$208,75 - (0,73 \times \text{edad})$] en

diferentes poblaciones, para determinar cuál es la ecuación más exacta.

Material y métodos

Se realizó un estudio descriptivo y transversal, en base a 910 datos obtenidos de resultados de PEG, en pacientes que consultaron al Instituto Médico Río Cuarto (ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina) durante el período comprendido entre 2012-2013.

El protocolo estandarizado para realizar la PEG fue el de Astrand, que cuenta con 8 etapas en total, la primera de reposo de 1 minuto de duración, las 5 etapas siguientes de 2 minutos de duración cada una, agregándose 50 Watts de carga entre cada una de ellas, y las últimas dos de recuperación de 1 y 3 minutos, respectivamente⁸.

Se incluyeron a personas mayores de 18 años, de ambos géneros, que concurrían por diferentes motivos de consulta y con los datos recabados, se analizaron las siguientes variables:

- Género: femenino o masculino.
- Edad: en años cumplidos al momento de la encuesta.
- Índice de masa corporal (IMC).
- Presencia de factores de riesgo cardiovascular (FRC): se incluye a todo paciente que presente uno o más factores de riesgo al momento del estudio, considerando como tales: hipertensión arterial, diabetes mellitus, obesidad, tabaquismo, dislipidemia, presencia de enfermedad coronaria previa.
- Frecuencia cardíaca de reposo; en latidos por minuto.
- Frecuencia cardíaca alcanzada en máximo esfuerzo; en latidos por minuto.
- Frecuencia cardíaca máxima esperada, estimada según la fórmula clásica y la fórmula sugerida por Tanaka.

Los datos obtenidos se volcaron en una base de datos de *Microsoft Excel* y *SPSS*; y se tabularon para su presentación. Para su análisis se confeccionarán tablas y gráficos, se utilizarán medidas de resumen de tendencia central (media aritmética, mediana, modo) y de dispersión (desvío estándar), técnicas estadísticas descriptivas (distribuciones de frecuencias, porcentajes) e inferenciales (prueba Chi cuadrado), para un nivel de significación $p \leq 0,01$.

Resultados

Se analizó un total de 910 pacientes, con un rango etario de 15 a 89 años, con una media de 47,20 años, una mediana de 48 años y un modo de 18 años, de los cuales el 60,9% fueron de género masculino y el 39,1% restante, femenino. El 48,5% del total de la muestra presentó FRC, dentro de los cuales el 13,5% eran tabaquistas y el 15,1% utilizaban beta bloqueantes.

Al analizar la FCmax alcanzada según edad y género de nuestra población, observamos una tendencia decreciente de la misma, que aumenta a medida que se avanza en edad, sin cambios significativos con respecto al género (Figura 1).

En el gráfico de dispersión de la Figura 2, se muestran las diferencias entre la FCmax alcanzada por los pacientes, y la FCmax esperada según la fórmula tradicional y la fórmula de Tanaka, respectivamente; donde se objetiva una clara sobreestimación de las dos fórmulas con respecto a la FC alcanzada por los pacientes, siendo más acentuado en las poblaciones jóvenes con la ecuación tradicional, y

manteniendo una relación lineal con la fórmula de Tanaka⁷. El mismo, puede correlacionarse con la Tabla 1. Al comparar las dos fórmulas, vemos que éstas se cruzan en la edad de 40 años, para la cual se espera una FCmax de 180 lpm; estableciéndose esta edad como punto de corte. Para las poblaciones más jóvenes es más precisa la fórmula de Tanaka y para las poblaciones mayores a 40 años, la fórmula clásica. Sin embargo, esta diferencia a favor de utilizar la fórmula clásica en las poblaciones adultas, recién se hace estadísticamente significativa a partir de los 67 años (Figura 3).

Al abocarnos a las subpoblaciones especiales, encontramos que los pacientes con normopeso, que presentaban FRC, conservan esta tendencia de sobreestimación de las dos fórmulas con respecto a la FC alcanzada por los pacientes, predominantemente, en las poblaciones jóvenes, y siempre conservando una relación lineal con la fórmula de Tanaka.

Si se considera a la población con IMC >25, que no utiliza beta bloqueantes; si bien, se repite el patrón de la población general, vemos que la sobreestimación de la FCmax alcanzada en poblaciones jóvenes es más marcada que en las poblaciones adultas, con una diferencia de 10 latidos por encima de la fórmula tradicional sobre la de Tanaka. Por último, al considerar a la población que consume beta bloqueantes, se observó que ambas fórmulas sobreestiman la FCmax esperada para el paciente con respecto a la alcanzada por el mismo, siendo esta diferencia más pronunciada con la fórmula de Tanaka, con una variación

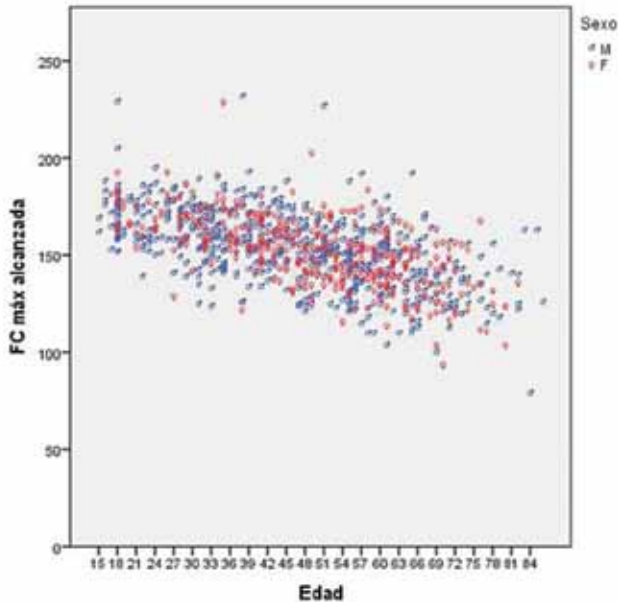


Figura 1. Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) alcanzada (lpm) según edad (años) y género de la muestra poblacional.

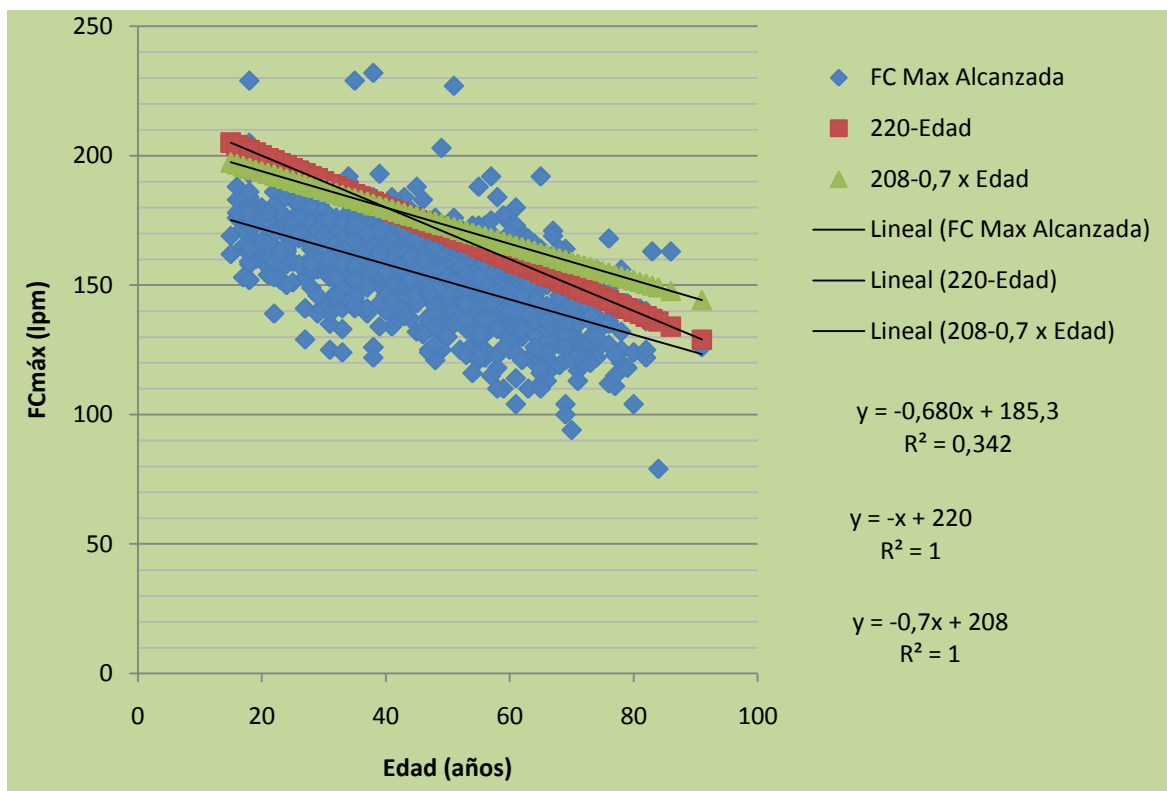


Figura 2. Comparación entre la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) alcanzada por el paciente durante la prueba de esfuerzo y la frecuencia cardíaca máxima calculada por la fórmula clásica y la fórmula de Tanaka.

Tabla 1. Comparación entre las FCmáx alcanzada durante la PEG y la calculada con ambas fórmulas donde se observa la diferencia de latidos entre ellas respecto a la edad de los pacientes.

Tradicional	200	190	180	170	160	150	140	140
Tanaka	195	186	180	174	165	160	154	150
Diferencia	+5	+4	0	-4	-5	-10	-14	-13
FCmáx (ERGO)	170	166	160	154	145	138	135	130
Dif con Tradicional	+30	+24	+20	+16	+15	+12	+5	+10
Dif con Tanaka	+25	+20	+20	+20	+20	+22	+19	+20
EDADES	20	30	40	50	60	70	80	90

de 50 latidos por encima de la FC real alcanzada por el paciente, a los 100 lpm.

Discusión

Los hallazgos de nuestro estudio sugieren que a partir de los 40 años, ambas fórmulas divergen, tendiendo a ser más precisa la fórmula de Tanaka para los menores de esta edad y la fórmula clásica para los mayores de la misma; sin embargo, esta diferencia a favor de la fórmula clásica es estadísticamente significativa después de los 67 años. Esta relación se mantuvo en las subpoblaciones con presencia de FRC e IMC >25. El subgrupo que utiliza beta bloqueantes presentó una sobreestimación con ambas fórmulas, siendo ésta más acentuada cuanto más joven era el paciente, y con la fórmula de Tanaka. Estos datos

fueron concordantes con otros estudios realizados sobre el mismo campo⁸⁻²⁵; pero además, subclasificaron a los pacientes en deportistas o no, lo cual se convierte en una limitación de nuestro estudio.

Conclusiones

Podemos citar como conclusiones los siguientes puntos:

- La fórmula de Tanaka fue más precisa en la población menor de 40 años, sin diferencias respecto al género.
- La fórmula clásica se reserva para la población que supera los 40 años.
- Esta relación se mantuvo en las subpoblaciones según presencia o no de factores de riesgo e IMC.
- La población que utilizaba beta bloqueantes presentó una sobreestimación con ambas fórmulas, siendo más

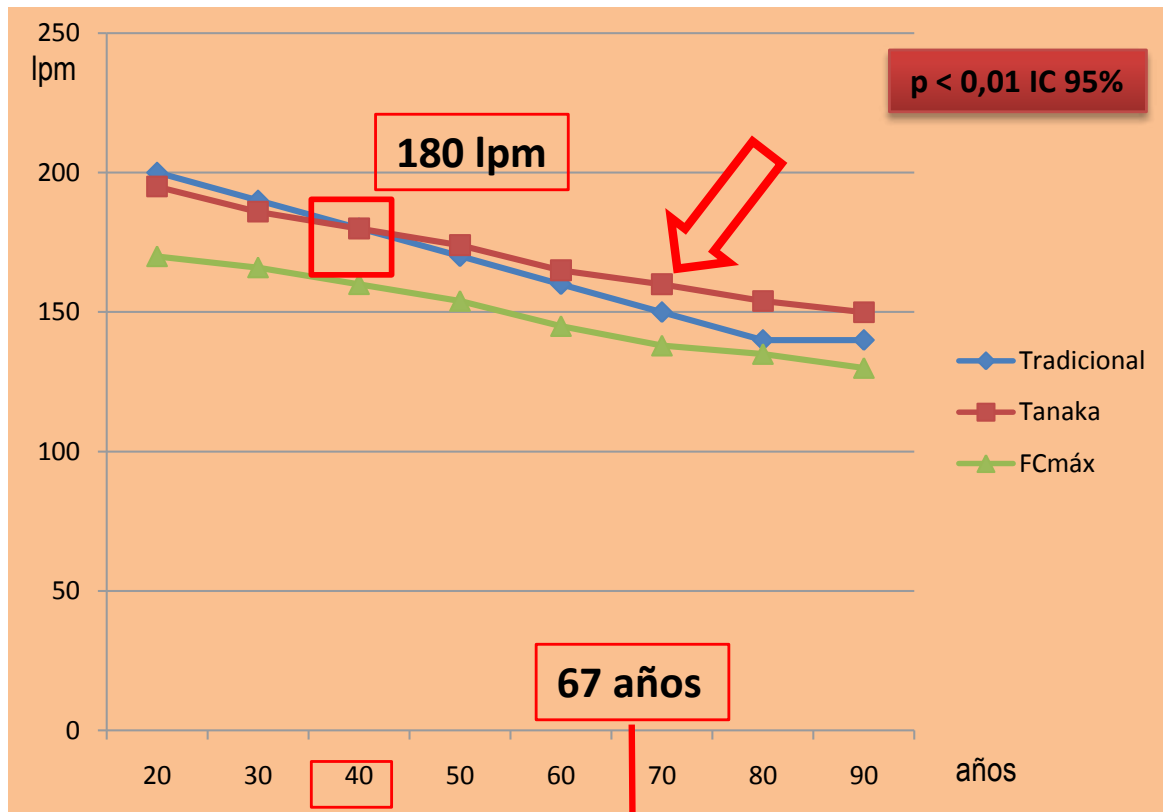


Figura 3. Comparación entre la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) alcanzada por el paciente durante la prueba de esfuerzo y la frecuencia cardíaca máxima calculada por la fórmula clásica y la fórmula de Tanaka. La diferencia a favor de utilizar la fórmula clásica en las poblaciones adultas, recién se hace estadísticamente significativa a partir de los 67 años.

acentuada cuanto más joven era el paciente y con la fórmula de Tanaka.

Recursos financieros

Los autores no recibieron ningún apoyo económico para la investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Hirofumi T, Kevin M, Douglas S. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37 (1): 153-156.
2. Bruzzese MF, Asenjo A. Consenso de Ergometría y confección de informe de prueba ergométrica, Consejo de Ergometría y Rehabilitación y Comité de Deportes de Sociedad Argentina de Cardiología. Buenos Aires, Argentina, 2011.
3. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 91-114.
4. Fletcher GF. How to implement physical activity in primary and secondary prevention: a statement for healthcare professionals from the Task Force on Risk Reduction, American Heart Association. *Circulation* 1997;96:355-7.
5. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). *J Am Coll Cardiol* 1997;30:260-315.
6. Tanaka H, DeSouza CA, Jones PP, Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women. *J Appl Physiol* 1997; 83:1947-53.
7. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age - Predicted Maximal Heart Revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(1):153-6.
8. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27: 1292-1301.
9. Bouzas Marins JC, Delgado Fernández M, Benito Peinado PJ. Precisión de las ecuaciones para estimar la frecuencia cardíaca máxima en cicloergómetro. *Arch Med Deporte* 2013; 30(1):14-20.
10. Bouzas Marins JC, Diniz da Silva C, de Oliveira Braga M, Santos Cerqueira M, Costa Bandeira F. Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños. *Rev Andal Med Deporte* 2010; 3(4):146-152.
11. Bouzas Marins JC, Ottoline Marinsa NM, Delgado Fernández M. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts Med Esport* 2010; 45(168):251-258.
12. Bouzas Marins JC, Delgado Fernández M. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera en jóvenes deportistas. *Arch Med Deporte* 2007; XXIV(118): 112-120.
13. American College of Cardiology (ACC)/American Heart Association (AHA). ACC/AHA 2002 Guideline; Update for exercise testing: summary article. *Circulation* 2002; 106: 1883-1892.
14. Kesaniemi Y, Danforth E, Jensen M, Kopelman P, Lefebvre, P, Reeder B. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S351-S358.
15. Zavorsky G. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med* 2000; 29: 13-26.
16. Howley E, Bassett D, Welch H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1292-1301.
17. Howley E. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S364-S369.
18. Snyder A, Kuipers H, Cheng B, Servais R, Franssen E. Overtraining following intensifiel training with normal muscle glycogen. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1063-1070.
19. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Internationale Zeitschrift fur Angewandte Physiologie* 1938; 10: 251-323.
20. Serés L, López-Ayerbe J, Coll R, Rodríguez O, Manresa JM, Marrugat J, et al. Función cardiopulmonar y capacidad de ejercicio en pacientes con obesidad mórbida. *Rev Esp Cardiol* 2003; 56: 594-600.
21. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso ÁM, Bardají A, Lamiel R et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 1063-1094.
22. Ricard R, Leger L, Massicotte D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22 Supplement S96 (Abstract 575).
23. Fernhall B, Mccubbin J, Pitetti K, Rintala P, Rimmer J, Millar A, Silva A. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:1655-1660.
24. Oliveira H, Policarpo F, Bottaro M, Biazoto J. Estudo comparativo de equações de estimativa da frequência cardíaca máximo. *Anais do XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Paulo* 2001; 174.
25. Engels H, Zhu W, Moffatt R. An empirical evaluation of prediction of maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport* 1998; 69: 94-98.