

REALIDAD DE LAS ECUACIONES PREDICTIVAS PARA PRESCRIBIR EJERCICIO SEGÚN FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA EN PACIENTES CON OBESIDAD

REALITY OF PREDICTIVE EQUATIONS TO PRESCRIBE EXERCISE ACCORDING TO MAXIMUM CARDIAC FREQUENCY IN PATIENTS WITH OBESITY

Pereira-Rodríguez, Javier Eliecer¹; Peñaranda-Florez, Devi Geesel²; Pereira-Rodríguez, Pedro³; Pereira-Rodríguez, Ricardo⁴; Flores-Rodríguez, Julio⁵; Marin-Herrera, Luis⁶.

Grupo de investigación Aletheia (Instituto Profesional de Terapias y Humanidades).

¹Fisioterapeuta, Especialista en Rehabilitación Cardiopulmonar, Maestrante en Ciencias de la Salud, Maestrante en Innovación Educativa. Instituto Profesional de Terapias y Humanidades. Puebla, México. jepr87@hotmail.com

²Fisioterapeuta, Especialista en Neurorehabilitación, Magister en dificultades del aprendizaje. Independiente. Puebla, México. devipeflo@gmail.com

³⁻⁴Médico general. Independiente. Cúcuta, Colombia.

pedro_k1333@hotmail.com; ricardo16pereira@hotmail.com

⁵⁻⁶Fisioterapeutas en formación. Instituto Profesional de Terapias y Humanidades. Puebla, México. floresjulio431@gmail.com; louisherrera1998@gmail.com

Correspondencia: Pereira-Rodríguez, Javier Eliecer. jepr87@hotmail.com

Código UNESCO: 241106. Fisiología del Ejercicio

Consejo de Europa: 14. Fisioterapia y rehabilitación

Recibido el 4 de noviembre de 2018

Aceptado el 16 de abril de 2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.24310/riccafd.2019.v8i2.6453>

RESUMEN

Introducción y objetivos: La prescripción del ejercicio tiene como finalidad mejorar los resultados en el ejercicio, y se debe prescribir según las características y Frecuencia cardiaca máxima (FCM) del paciente.

Métodos y materiales: Estudio observacional, descriptivo y transversal con 67 participantes, de edad promedio $35 \pm 12,6$ años. Se obtuvo antropometría, signos vitales, escala de Borg, cuestionario para factores de riesgo cardiovascular (FRC) y realización de prueba de esfuerzo.

Resultados: En prueba de esfuerzo la FCM de $172,82 \pm 18,81$ lpm. Las ecuaciones

con menor diferencia, para la población total y el género masculino, fue la fórmula Morris, para el género femenino fue la ecuación 210-edad. Para los participantes con menos de 4 FRC fue Astrang y para los participantes con más de 4 FRC fue 210-Edad.

Conclusiones: Para pacientes con obesidad no se recomienda la FCM a través de las ecuaciones evaluadas, debido que varían según múltiples variables, especialmente 220-Edad y Tanaka.

Palabras clave: frecuencia cardíaca, cardiología, prueba de esfuerzo, ejercicio.

ABSTRACT

Introduction and objectives: The prescription of the exercise aims to improve the results in the exercise, and should be prescribed according to the characteristics and maximum heart rate (FCM) of the patient.

Methods and materials: Observational, descriptive and cross-sectional study with 67 participants, average age 35 ± 12.6 years. Anthropometry, vital signs, Borg scale, questionnaire for cardiovascular risk factors (CRF) and exercise test were obtained.

Results: In an effort test the FCM of 172.82 ± 18.81 bpm. The equations with the least difference, for the total population and the male gender, was the formula Morris, for the female gender was the 210-age equation. For participants with less than 4 FRC was Astrang and for participants with more than 4 FRC it was 210-Age.

Conclusions: For patients with obesity, FCM is not recommended through the equations evaluated, because they vary according to multiple variables, especially 220-Age and Tanaka.

Key words: heart rate, cardiology, stress test, exercise.

INTRODUCCIÓN

El exceso de peso corporal de origen graso (obesidad), hoy en día es uno de los problemas más significativos de la salud pública a nivel mundial, esto debido a la gran magnitud de personas que la padecen, provocando en ellos ciertos factores no saludables¹.

La Obesidad, es una enfermedad crónica, sistémica y multicausal, la cual puede presentarse a cualquier edad, en distintas etnias y en todas las clases sociales. Además, constituye el sexto factor principal de riesgo de defunción en el mundo, ya que cada año fallecen globalmente alrededor de 3.4 millones de personas adultas¹⁻².

Ahora bien, el aumento excesivo del peso corporal es un proceso paulatino que normalmente inicia en la infancia y la adolescencia, esto a consecuencia de un desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético; que posterior a esto, se ve reflejado en un aumento de peso. Como resultado de estudios epidemiológicos, se propone que las causas principales de esta enfermedad se relacionan con ciertos factores genéticos, ambientales y a diversos estilos de vida. Desde 1998, la Organización Mundial

de la Salud considera a la obesidad como una epidemia global, que establece un importante problema de salud pública^{1,3-4}, con un aproximado de 1,700 millones de adultos con sobrepeso y 312 millones presentan obesidad⁵.

Respecto a las comorbilidades, la obesidad no influye de la misma manera en el desarrollo de las diversas comorbilidades, ya que se predisponen más en unas que en otras. Entre las que se asocian a la obesidad, se destacan aquellas dependientes de alteraciones metabólicas asociadas a esta condición, como la Diabetes Mellitus (DM2), dislipidemia aterogénica, hígado graso y síndrome ovárico poliquístico. Otras dependen de los cambios físico-mecánicos del exceso de peso, como la hipoventilación, apnea nocturna y osteoartrosis⁶⁻⁷. Todo lo anterior, más otras afectaciones multisistémicas generan una sobrecarga a nivel cardiovascular generadora a largo plazo de una falla cardíaca (Gráfico 1), que debe ser identificada a tiempo y de ser necesario abarcar un tratamiento oportuno. Es por ello, que las pruebas de esfuerzo juegan un papel predominante en el diagnóstico y prescripción del ejercicio del paciente con obesidad.

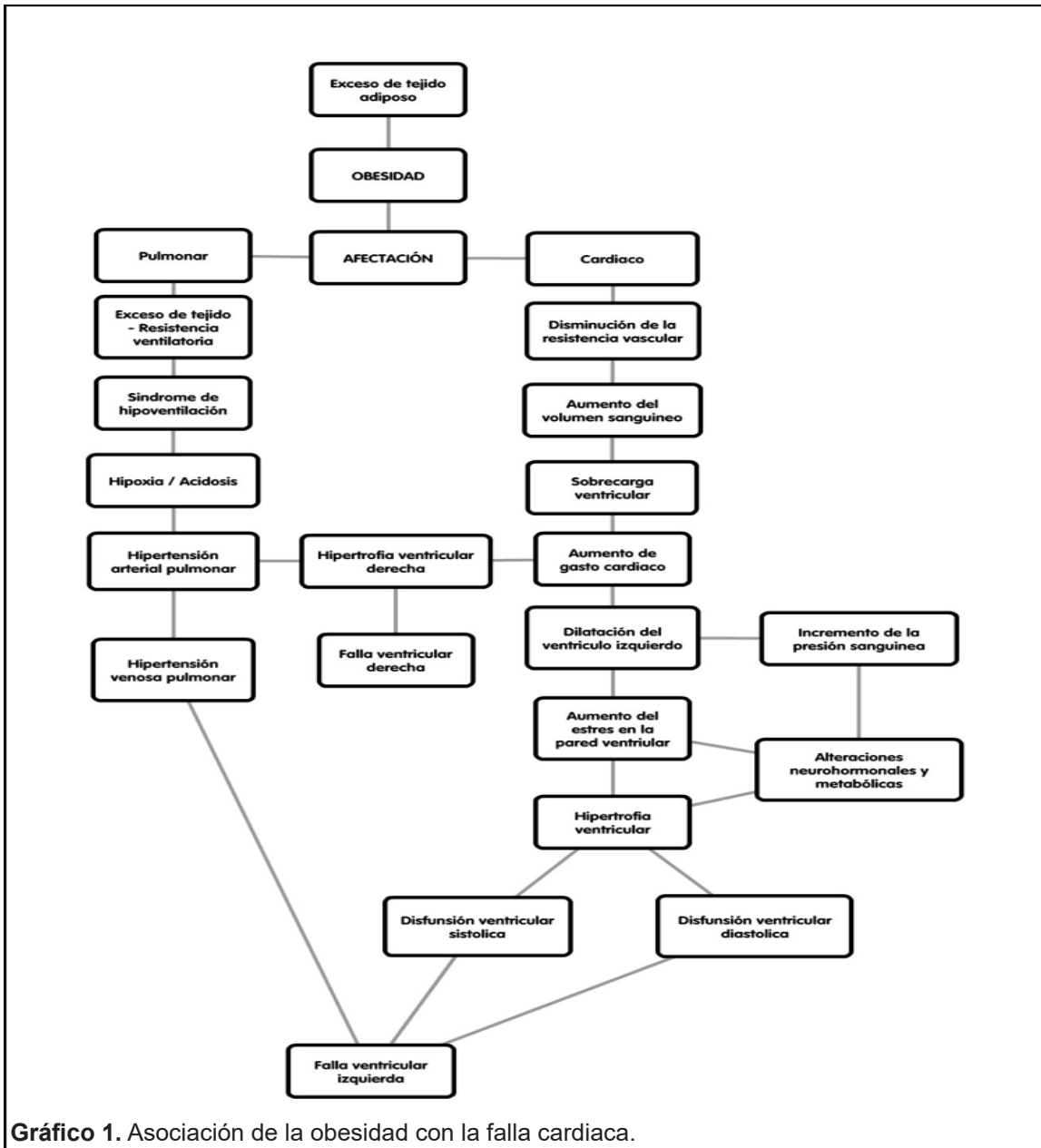


Gráfico 1. Asociación de la obesidad con la falla cardíaca.

La Prueba de esfuerzo (PE), es un procedimiento diagnóstico en la cual se evalúa la respuesta cardiovascular a un ejercicio físico progresivo. Es una de las exploraciones cardíacas más utilizadas, ya que evidencia con fines diagnósticos o pronósticos alteraciones que no se hacen presentes en reposo. Así como, valorar la capacidad física que presenta la persona⁸⁻⁹.

Según el tipo de PE, como lo es en este caso: la banda sin fin o tapiz rodante, se emplean algunos protocolos del cual destaca el de Bruce, con 7 etapas de 3 minutos de duración cada una, en la cual cada etapa va aumentando tanto la velocidad, como la inclinación del tapiz rodante; este protocolo suele ser bien tolerado y aplicado a personas de edad media y con las capacidades necesarias para realizar una actividad física normal, aunque por otra parte, las inclinaciones superiores al 20% han sido difíciles de alcanzar¹⁰⁻¹¹.

Ahora bien, en el caso de personas mayores o con una capacidad física muy inferior, el protocolo que más se utiliza en ese aspecto; es el de Naughton, que a diferencia del protocolo de Bruce, este se realiza por etapas de 2 minutos en el que progresivamente va aumentando la inclinación del tapiz rodante, pero no la velocidad¹¹. No obstante, independientemente de su metodología ambos protocolos son eficaces para determinar la frecuencia cardíaca máxima (FCM) del paciente. Siendo esta, una de las formas de control fisiológico más frecuente en la evaluación de la intensidad del esfuerzo, a la que el organismo se somete durante un ejercicio.

Según Bouzas-Marins et al. (2010)¹² proponen como estrategia una lista de ecuaciones predictivas para determinar la FCmáx, tomando como parámetro indispensable el índice de masa corporal (IMC) como un factor determinante en la respuesta de la FCmáx; respecto a esto, surgen diferentes autores con otras variables, que afirman una mayor eficacia para determinar la FCmáx de los pacientes. Por lo tanto, luego de revisar la literatura disponible e investigaciones recientes sobre dicho tema. Surge como pregunta de investigación, ¿Qué tan válidas y efectivas son las ecuaciones para determinar la frecuencia cardíaca máxima en los pacientes con obesidad? Y por ende, se plantea como objetivo principal: Comparar la FCmáx de una prueba de esfuerzo frente a los resultados de las ecuaciones predictivas en pacientes con obesidad.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal que cuantificó los factores de riesgo cardiovascular, antropometría, respuesta cardiovascular pre, peri y post prueba de esfuerzo; como también, comparación de dichos resultados frente a las ecuaciones predictivas para determinar la frecuencia cardíaca máxima en participantes con obesidad. Dicha investigación se realizó en una población de 67 (45 Mujeres y 22 Hombres) participantes con una edad promedio de $35,58 \pm 12,6$ años de la ciudad de Cúcuta, Colombia. Donde los individuos fueron sometidos a un cuestionario, pruebas y medidas.

Para los criterios de inclusión se tuvo en cuenta que los pacientes debían ser mayor de 18 años de edad, tener un índice de masa corporal mayor a 30, pesar

más de 65Kg y firmar un consentimiento informado avalado por el comité de ética de la institución.

Así mismo, en los criterios de exclusión los participantes no podían tener dolor en miembros inferiores, disnea y/o fatiga en reposo mayor a 3, no estar bajo medicación de betabloqueadores, individuos con alteraciones cardiovasculares o antecedentes quirúrgicos de este tipo y/o antecedentes de infarto agudo de miocardio. Como criterios de retiro, se tuvieron en cuenta la inestabilidad hemodinámica durante la prueba y la manifestación de no querer continuar.

Para la recolección de datos sociodemográficos se empleó un instrumento de creación propia, el cual fue diligenciado mediante un interrogatorio al paciente antes de la prueba de esfuerzo. Para hallar las variables morfológicas y antropométricas; se inició determinando la talla del participante mediante el tallímetro Adult Acrylic Halter Wall Kramer 2104; para el peso, se utilizó la Balanza Tezzio Digital Balance TB-30037 (bioimpedancia eléctrica) y para la circunferencia abdominal (CA) la cinta métrica Asámico de 150 cm 60" Gree con una precisión de 1mm y tomando los referentes anatómicos descritos por Frisancho y los puntos de cohorte como parámetro diagnóstico las cifras en hombres de 91cm y mujeres de 89cm en la CA, ambos expuestos por Buendía R. et al.¹³.

Respecto a la prueba de esfuerzo, fue realizada en una banda sin fin con el protocolo de Bruce. Los pacientes no podían ingerir bebidas, fumar ni consumir ningún tipo de droga o medicamento que pudiera interferir con la FC_{máx}. La disnea y esfuerzo percibido se valoraron mediante la escala de Borg modificada; la cual consiste en 10 indicadores del esfuerzo que percibe el individuo. Su uso en el área de las ciencias de la salud está dado para evaluación, ajustes de intensidad y/o cargas de trabajo.

La frecuencia cardíaca se obtuvo mediante el sistema Polar RS800CX Multiport, mientras que la saturación arterial de oxígeno con un oxímetro de pulso portátil (Nellcor Puritan Bennett); dichas mediciones fueron tomadas pre, peri y post prueba de esfuerzo. Referente a la toma de tensión arterial, esta fue obtenida de manera manual al inicio, final y luego de 5 minutos de haber finalizado la prueba de esfuerzo. El valor de la FC_{máx} obtenida después de un esfuerzo máximo se consideró como una variable dependiente (resultado) y como variables independientes (predictores) se tomaron las ecuaciones para determinar la FC_{máx}. Además, se resalta que el diseño y desarrollo de la investigación fue realizada bajo las consideraciones éticas de la Declaración de Helsinki y la Resolución No. 008430 de el Ministerio de Salud de Colombia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción de las variables cuantitativas, fue necesario expresarlas como media aritmética y desviación estándar. Respecto a la comparación de la FC_{máx} entre las ecuaciones teóricas frente a la obtenida en la prueba de esfuerzo, se realizó mediante ANOVA (Análisis de la varianza de una vía) para comparar las diferencias de género y edad en las distintas variables estudiadas, además de pruebas post hoc, mediante la prueba de Tukey, para ver las diferen-

cias entre los distintos grupos de edad y antropometría. En todos los casos se estableció el nivel de significación en el 5% ($p < 0,05$) y todos los análisis fueron realizados en el programa Stata.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las variables estudiadas (Características sociodemográficas, antropometría, factores de riesgo cardiovascular y respuesta hemodinámica) y su comparación con las ecuaciones predictivas para determinar la frecuencia cardíaca máxima.

En la Tabla 1, se muestran las características y factores de riesgo cardiovasculares de la población estudiada; la cual, estuvo conformada por 45 Mujeres y 22 Hombres ($n=67$). Resaltando que el 100% de la muestra fueron pacientes con obesidad, cuyos principales factores de riesgo cardiovasculares fueron el sedentarismo (100%), dieta inadecuada (61,11%), antecedentes familiares (76,11%), alcoholismo (58.20%) e hipertensión arterial (28,36%) entre otros.

Tabla 1. Características de población.

	Total	%	Masculino	%	Femenino	%
<i>Genero</i>	67	100	22	32,84	45	32,84
<i>Edad</i>						
Menores de 30	24	35,82	11	50	13	28,88
Mayores de 30	43	64,17	11	50	32	71,11
<i>Etnia</i>						
Blanco	26	38,8	11	50	15	33,33
Mestizo	38	56,71	9	40,9	29	64,44
Afrocolombiano	3	4,47	2	9,1	1	2,22
<i>Nivel educativo</i>						
Primaria	1	1,49	1	4,54	0	0
Secundaria	9	13,43	4	18,18	5	11,11
Bachiller	26	38,81	7	31,82	19	42,22
Téc. O Tecnol.	4	5,97	1	4,54	3	6,67
Pregrado	25	37,31	9	40,91	16	35,55
Postgrado	2	2,98	0	0	2	4,44
<i>Tabaquismo</i>						
Exfumadores	20	29.85	10	22.22	10	45.45
3-7 Cigarrillos	2	2.98	0	0	2	9.09
9-15 Cigarrillos	1	1.49	1	2.22	0	0
No Consumen	44	65.67	11	24.44	33	73.33
<i>Alcoholismo</i>						
Consumidores	39	58.20	13	59%	26	57,77
1 x Semana	16	23.88	7	31.81	9	20
1 o 2 x Semana	20	29.85	3	13.63	17	37.77
2 x Semana	3	4.47	2	9.09	1	2.22
4 x Semana	1	1.49	1	4.54	0	0
No Consumen	27	40.29	9	40.90	18	40
<i>Dieta inadecuada</i>						
1 vez x Mes	20	29.85	2	9.09	18	40

1 vez x Semana	15	22.38	7	31.81	8	17.77
2 vez x Semana	12	17.91	3	13.63	9	20
3 vez x Semana	11	16.41	2	9.09	0	0
4 o mas x Semana	3	4.4	1	4.5	2	9.09
No consumen	15	22.38	7	31.81	8	17.77
<i>Hipertensión arterial</i>						
Si	19	28.36	6	27.27	13	28.88
No	48	71.64	16	72.72	32	71.11
<i>Diabetes</i>						
Si	9	13.43	3	13.63	6	13.33
No	58	86.56	19	86.36	39	86.66
<i>Obesidad</i>						
I	37	55.22	16	72.12	21	46.67
II	21	31.34	3	13.64	18	40
<i>Sedentarismo</i>						
Si	67	100	45	67.16	22	32.84
No	0	0	0	0	0	0

Por otra parte, en la tabla 2 se describe la respuesta hemodinámica de los participantes antes y después de una prueba de esfuerzo; encontrándose claramente una mayor FC_{máx} en las mujeres en comparación con los hombres ($173,9 \pm 17,5$ vs $168,9 \pm 22,1$); además, se logró evidenciar las diferencias encontradas entre la FC_{máx} luego de una prueba de esfuerzo comparada con la obtenida mediante las ecuaciones predictivas (Tabla 3); y a su vez, diferenciar la frecuencia cardíaca máxima de los participantes con menos de 4 factores de riesgo cardiovascular versus con mas de 4 ($<4: 179,4 \pm 17,7$ vs $>4: 167,1 \pm 18,6$) (Tabla 4).

Tabla 2. Respuesta hemodinámica luego de una prueba de esfuerzo.

	Promedio		DE		Mínimo		Máximo	
	H	M	H	M	H	M	H	M
FC (pre)	90,77	98,88	12,95	21,35	66	70	110	140
FC (post)	168,95	173,91	22,16	17,57	117	133	199	199
FC 1 min.	148,28	150,75	17,53	20,05	115	111	178	182
FC 3 min.	127,23	131,31	16,16	15,22	95	105	160	165
FC 5 min.	116,19	121,44	13,62	13,70	86	95	140	158
SatO ₂ (pre)	97,31	97,26	1,12	1,05	94	95	99	98
SatO ₂ (post)	91,31	95,57	1,57	1,77	92	90	98	98
PAS (pre)	125,18	120,44	13,80	13,89	100	97	160	160
PAS (post)	131,95	128,17	14,25	17,31	100	100	160	180
PAD (pre)	80,13	78,24	12,06	11,28	60	60	100	100
PAD (post)	83,50	79,35	6,49	11,26	75	60	100	100
Disnea (pre)	0,13	0,26	0,35	0,49	0	0	1	2
Disnea (post)	8,31	7,42	1,17	2,60	6	0	10	10

Fatiga (pre)	0,18	0,24	0,39	0,60	0	0	1	2
Fatiga (post)	8,36	7,66	1,43	2,27	6	1	10	10

FC: Frecuencia cardíaca; SatO2: Saturación arterial de oxígeno; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica; FRC: Factores de riesgo cardiovascular; DE: Desviación estándar; H: Hombres; M: Mujeres.

Tabla 3. Comparación de FCM por prueba de esfuerzo frente a ecuaciones predictivas.

	Población general		Hombres		Mujeres		FORMULA VS PRUEBA DE ESFUERZO					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Dif General	Valor p	Dif. Hombres	Valor p	Dif. Mujeres	Valor p
Prueba de esfuerzo	172,28	19,17	168,95	22,16	173,91	17,57						
220-Edad	184,42	12,62	185,45	15,06	183,91	11,40	12,13	0,000	16,50	0,006	10,00	0,001
210-Edad	174,42	12,62	175,45	15,06	173,91	11,40	2,13	0,447	6,50	0,261	0,00	1
Tanaka (1997) 211-0,8*Edad	182,53	10,10	183,36	12,05	182,12	9,12	10,25	0,000	14,41	0,012	8,21	0,009
Tanaka (2001) 207-0,7*Edad	182,09	8,84	182,82	10,54	181,74	7,98	9,81	0,000	13,86	0,013	7,83	0,011
Tanaka (2001) 206-0,7*Edad	181,09	8,84	181,82	10,54	180,74	7,98	8,81	0,001	12,86	0,021	6,83	0,029
Tanaka (2001) 208,75-0,73*Edad	182,78	9,21	183,53	10,99	182,41	8,32	10,49	0,000	14,58	0,010	8,50	0,007
Robinson (1938) 212-0,77*Edad	184,60	9,72	185,40	11,59	184,21	8,78	12,32	0,000	16,45	0,004	10,30	0,001
Inbar 205,8-0,685*Edad	181,43	8,65	182,14	10,31	181,08	7,81	9,14	0,000	13,18	0,018	7,17	0,022
Astrang 211-0,922*Edad	178,19	11,64	179,15	13,88	177,73	10,51	5,91	0,054	10,19	0,091	3,82	0,293
Bruce 210-0,662*Edad	186,44	8,36	187,13	9,97	186,11	7,54	14,16	0,000	18,18	0,001	12,20	0,000
Cooper 217-0,845*Edad	186,93	10,67	187,81	12,22	186,50	9,63	14,65	0,000	18,85	0,001	12,59	0,000
Ellestad 197-0,556*Edad	177,22	7,02	177,79	8,37	176,93	6,34	4,93	0,083	8,84	0,111	3,02	0,378
Fernhall 205-0,64*Edad	182,23	8,08	182,89	9,64	181,90	7,30	9,94	0,000	13,94	0,012	7,99	0,010
Froelicher 207-0,64*Edad	184,23	8,08	184,89	9,64	183,90	7,30	11,94	0,000	15,94	0,004	9,99	0,001
Graettinger 199-0,63*Edad	176,58	7,95	177,24	9,49	176,26	7,18	4,30	0,132	8,28	0,135	2,35	0,505
Jones 210-0,65*Edad	186,87	8,20	187,55	9,79	186,84	7,41	14,59	0,000	18,59	0,001	12,93	0,000
Lester ^a 205-0,41*Edad	190,41	5,18	190,84	6,17	190,20	4,67	18,13	0,000	21,88	0,000	16,29	0,000
Lester ^a 198-0,41*Edad	183,41	5,18	183,84	6,17	183,20	4,67	11,13	0,000	14,88	0,005	9,29	0,001
Morris 200-0,72*Edad	174,38	9,09	175,13	10,84	174,02	8,21	2,10	0,538	6,17	0,285	0,11	0,890
Rodeheffer 214-1,02*Edad	177,71	12,88	178,76	15,36	177,19	11,62	5,42	0,076	9,81	0,110	3,28	0,355
Sheffield 216-0,88*Edad	184,69	11,11	185,60	13,25	184,24	10,03	12,40	0,000	16,65	0,005	10,33	0,001
Whaley 209-0,7*Edad	184,09	8,84	184,82	10,54	183,73	7,98	11,81	0,000	15,86	0,005	9,82	0,001
Whaley 214-0,8*Edad	185,53	10,10	186,36	12,05	185,12	9,12	13,25	0,000	17,41	0,002	11,21	0,000
Hossack 206-0,597*Edad	184,76	7,54	185,38	8,99	184,45	6,81	12,47	0,000	16,42	0,003	10,54	0,000
Hossack 227-1,067*Edad	189,03	13,47	190,14	16,07	188,49	12,16	16,75	0,000	21,19	0,001	14,58	0,000

^a Entrenados
^o Desentrenados
Dif: Diferencia; DE: Desviación estándar; FCM: Frecuencia cardíaca máxima.

Tabla 4. Comparación de FCM por prueba de esfuerzo frente a ecuaciones predictivas en pacientes con obesidad y 4 FX cardiovascular.

	Menos 4 FX de Riesgo (n=28)		Mayor 4 FX de Riesgo (n=39)		FORMULA VS PRUEBA DE ESFUERZO			
	Promedio	DE	Promedio	DE	Dif < 4 Fx	Valor p	Dif > 4 Fx	Valor p
Prueba de Esfuerzo	179,46	17,76	167,13	18,69				
220-Edad	186,61	9,86	182,85	14,20	7,14	0,068	15,72	0,000
210-Edad	176,61	9,86	172,85	14,20	-2,86	0,459	5,72	0,132
Tanaka (1997) 211-0,8*Edad	184,29	7,89	181,28	11,36	4,82	0,232	14,15	0,000
Tanaka (2001) 207-0,7*Edad	183,63	6,90	180,99	9,94	4,16	0,305	13,86	0,000
Tanaka (2001) 206-0,7*Edad	182,63	6,90	179,99	9,94	3,16	0,452	12,86	0,000
Tanaka (2001) 208,75-0,73*Edad	184,37	7,20	181,63	10,36	4,91	0,222	14,50	0,000
Robinson (1938) 212-0,77*Edad	186,29	7,59	183,39	10,93	6,82	0,088	16,26	0,000
Inbar 205,8-0,685*Edad	182,93	6,76	180,35	9,72	3,46	0,413	13,22	0,000
Astrang 211-0,922*Edad	180,21	9,09	176,74	13,09	0,75	0,984	9,62	0,014
Bruce 210-0,662*Edad	187,89	6,53	185,40	9,40	8,43	0,032	18,28	0,000
Cooper 217-0,845*Edad	188,78	8,33	185,61	12,00	9,32	0,020	18,48	0,000
Ellestad 197-0,556*Edad	178,43	5,48	176,34	7,89	-1,03	0,641	9,21	0,009
Fernhall 205-0,64*Edad	183,63	6,31	181,22	9,09	4,16	0,320	14,09	0,000
Froelicher 207-0,64*Edad	185,63	6,31	183,22	9,09	6,16	0,123	16,09	0,000
Graettinger 199-0,63*Edad	177,96	6,21	175,59	8,94	-1,50	0,589	8,46	0,018
Jones 210-0,65*Edad	188,29	6,41	185,85	9,23	8,83	0,022	18,72	0,000
Lester ^a 205-0,41*Edad	191,31	4,04	189,77	5,82	11,84	0,001	22,64	0,000
Lester ^a 198-0,41*Edad	184,31	4,04	182,77	5,82	4,84	0,214	15,64	0,000
Morris 200-0,72*Edad	175,96	7,10	173,25	10,22	-3,51	0,281	6,12	0,106
Rodeheffer 214-1,02*Edad	179,94	10,06	176,10	14,48	0,47	0,970	8,97	0,026
Sheffield 216-0,88*Edad	186,61	8,68	183,30	12,49	7,15	0,082	16,18	0,000
Whaley 209-0,7*Edad	185,63	6,90	182,99	9,94	6,16	0,117	15,86	0,000
Whaley 214-0,8*Edad	187,29	7,89	184,28	11,36	7,82	0,047	17,15	0,000
Hossack 206-0,597*Edad	186,06	5,89	183,82	8,48	6,60	0,089	16,69	0,000
Hossack 227-1,067*Edad	191,37	10,52	187,36	15,15	11,91	0,005	20,23	0,000

^a Entrenados
^o Desentrenados
Dif: Diferencia; DE: Desviación estándar; FCM: Frecuencia cardíaca máxima; FX: Factores de riesgo.

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue comparar las ecuaciones de predicción para FC_{máx} frente a los resultados obtenidos en una prueba de esfuerzo mediante el protocolo de Bruce en pacientes con obesidad. Dicha investigación arrojó diferencias significativas y en muchas, sobreestimaciones realmente alarmantes, incluyendo las comparaciones según los factores de riesgo asociados a la obesidad. Diversos estudios, han manifestado diferencias de medias en las ecuaciones predichas en varios rangos de edad, sexo y antropometría. Zackary S., Oleg A. y Michael R. Esco et al. (2017)¹⁴ en deportistas demostraron que las formulas de Tanaka, Fox, Shargal y Nikolaidis; ninguna explica adecuadamente la variabilidad individual de la FC_{máx} y que los profesionales deben evitar aplicar estas ecuaciones.

Resultados similares a los encontrados en múltiples investigaciones sobre el tema, en Estados Unidos¹⁵ por la Universidad de Illinois en Chicago frente a las ecuaciones predictivas, en Brasil por la Universidad de Río Grande del Norte¹⁶ quienes demostraron una diferencia significativa en la fórmula 220-edad y que su uso es inadecuado para predecir el esfuerzo máximo. Al igual, que la Universidad Federal de Río de Janeiro¹⁷. En Grecia^{18,19} por Hellenic Army Academy; Colombia²⁰, con su trabajo colaborativo entre la Universidad Nacional y la Universidad del Bosque, quienes afirman una sobreestimación de dichas fórmulas y que no son predictores adecuados entre sujetos de 18 a 30 años de edad para la FC_{máx} durante el ejercicio en la altura de Bogotá. Además, de previas investigaciones realizadas por algunos de los autores de este trabajo, concluyen al igual que en este: “No se recomienda las ecuaciones evaluadas por su diferencia significativa respecto a la prueba de esfuerzo máxima; especialmente 220-Edad cuya diferencia de media estuvo por encima de 14 latidos por minutos”²¹.

Así mismo, todos los resultados anteriores y los nuestros, son corroborados por el National Institute Of Health en su publicación 2013 por Sarzynski M.A., Rankinen T., Earnest C.P., Leon A.S., Rao D.C. y Skinner J.S. et al.²² quienes concuerdan con nuestros resultados al mencionar que las ecuaciones no predicen con precisión la frecuencia cardiaca máxima medida para un individuo; como también, ineludiblemente los presentes resultados con llevan a recomendar que los médicos del deporte, fisioterapeutas, entrenadores físicos, licenciados en ciencias del deporte y entre otras profesiones encargadas de promocionar y prescribir ejercicio, deben tener en cuenta las diferencias encontradas en esta investigación; resaltando, que una inadecuada cifra obtenida de FCM generará errores al determinar los porcentajes de entrenamiento de nuestro paciente obeso e inadecuados para sus necesidades y por ende insatisfacción, frustración y desanimo por no alcanzar sus metas. Sugerencias similares a las redactas por Pantelis T. Nikolaidis, Thomas Rosemann y Beat Knechtle (2018).

CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra que las formulas predictivas para FCM en pacientes con obesidad son inadecuadas, debido a una sobreestimación de los valores reales; que en el peor de los casos pondrían generar un riesgo a la seguridad de los pacientes; además, otorgarían un valor erróneo para tomarlo como referencia para una adecuada prescripción del ejercicio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dávila-Torres J., González-Izquierdo J., Barrera-Cruz A. Panorama de la obesidad en México. Revista Médica Institucional Mexicana del Seguro Social. 2015;53(2):240-249.
2. Barrera-Cruz A., Ávila-Jiménez L., Cano-Pérez E. et al. Prevención. Diagnóstico y tratamiento del sobrepeso y la obesidad exógena. Revista Médica Institucional Mexicana del Seguro Social.2013;51(3):344-357.
3. Córdova-Villalobos J., Barriguete-Meléndez J., Rivera-Montiel M. et al. (2010) Sobrepeso y obesidad. Situación actual y perspectivas. Acta Médica Grupo Ángeles.2019;8(4):202-207.
4. Rodrigo-Cano S., Soriano del Castillo J., Merino-Torres J. Causas y tratamiento de la obesidad. Nutrición clínica y dietética hospitalaria. 2107;37(4):87-92.
5. Barquera-Cervera S., Campos-Nonato I., Rojas R. et al. Obesidad en México: epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. Gaceta Médica de México. 2010;146:397-407.
6. Cabrerizo L., Rubio M., Ballesteros M. et al. Complicaciones asociadas a la obesidad. Revista Española de Nutrición Comunitaria. 2008;14(3):156-162.
7. Arteaga A. El sobrepeso y la obesidad como un problema de salud. Revista Médica Clínica Condes. 2012;23(2):145-153.
8. López-Farré A., Macaya-Miguel C. Libro de la salud cardiovascular del hospital San Carlos y de la Fundación BBVA. 2009; Editorial Fundación BBVA. Bilbao.
9. Antúnez de la Rosa M., Jiménez y Villegas M., Cortés-Villarreal G. Valoración Inicial con prueba de esfuerzo al paciente cardiópata para ingresar al programa de rehabilitación cardíaca. Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica. 2004;12(1):34-37.
10. Cruz-Cervantes R., González-Bravo F., Murillo-Ortíz B. et al. Empleo de la prueba de esfuerzo Bruce en una población de riesgo asintomática. Revista Mexicana de Cardiología. 2009;20(4):190-196.
11. Beistegui-Alejandre I., Sánchez-Carrio A. Manual de enfermería: Ergometría. 2013; Enfermería en Cardiología. Recuperado de: https://www.enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/cap_10_sec_05.pdf
12. Bouzas-Marins J., Ottoline-Marins N., Delgado-Fernández M. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. Apunts Medicina de Esport. 2010;45(168):251-258.
13. Buendia, R., Zambrano, M., Diaz, A., Reino, A., Ramirez, J., Espinosa, E. Puntos

- de corte de perímetro de cintura para el diagnóstico de obesidad abdominal en población colombiana usando bioimpedanciometría como estándar de referencia. *Rev Colomb Cardiol*. 2016;23(1):19-25.
14. Zackary S., Oleg A. y Esco R. Age-Predicted Maximal Heart Rate Equations Are Inaccurate for Use in Youth Male Soccer Players. 2017; *Human Kinetics, Pediatric Exercise Science*, (Ahead of Print) <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0281>
 15. Arena R., Myers J. y Kaminsky L. Revisiting age-predicted maximal heart rate: Can it be used as a valid measure of effort?. *Am Heart J*. 2016;173:49-56.
 16. Oliveira H., Brandão N., Mendes G., Renee T., Ferreira V., Silva P. et al. Use of predictive equations of maximum heart rate for exercise prescription: a comparative study. *Journal of Sports and Physical Education (IOSR-JSPE)*. 2016;3(1):04-08.
 17. de Araújo C., Duarte C. Maximal heart rate in young adults: A fixed 188 bpm outperforms values predicted by a classical age-based equation, *International Journal of Cardiology*. 2015;1,(184):609-10. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.02.043.
 18. Nikolaidis P. Maximal Heart Rate in Soccer Players: Measured versus Age-predicted. *Biomed J*. 2015;38:84-89.
 19. Nikolaidis P., Padulo J., Chtourou H., Torres-Luque G., Heller J. Estimating Maximal Heart Rate With The '220-Age' Formula In Adolescent Female Volleyball Players: A Preliminary Study. *Human Movement*. 2014;15(3):166-170. DOI: 10.1515/humo-2015-0007
 20. Cruz-Martínez LE, Rojas-Valencia JT, Correa-Mesa JF, Correa-Mesa JC. Maximum Heart Rate during exercise: Reliability of the 220-age and Tanaka formulas in healthy young people in a moderate altitude. *Rev Fac Med*. 2014;62(4):579-85. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v62n4.44539>.
 21. Pereira Rodríguez, J., Boada Morales, L., Niño Rios, I., Cañizares Pérez, Y., Quintero Gómez. Frecuencia cardiaca máxima mediante 220 menos Edad versus prueba de esfuerzo con protocolo de Bruce. *Movimiento Científico*. 2017;11(1):15-22.
 22. Sarzynski M.A., Rankinen T., Earnest C.P., Leon A.S., Rao D.C. y Skinner J.S. et al. Measured Maximal Heart Rates Compared to Commonly Used Age-Based Prediction Equations in the Heritage Family Study. *Am J Hum Biol*. 2013;25(5):695–701. DOI:10.1002/ajhb.22431.