

Respuestas cardiovasculares de pacientes con obesidad en la prueba de esfuerzo

MSc. Dr. Javier E. Pereira-Rodríguez¹ , MSc. Devi G. Peñaranda-Florez² , Dr. Ricardo Pereira-Rodríguez³ , Dr. Pedro Pereira-Rodríguez⁴ , Ft. Karla-Noelly Santamaría-Pérez⁵ y Ft. Oscar A. Sánchez-Cajero⁵

¹Departamento de Fisioterapia y Rehabilitación Cardiopulmonar, Universidad Tolteca. Puebla, México.

²Departamento de Fisioterapia y Neurorehabilitación, Consultorio Privado. Puebla, México.

³Servicio de Urgencias y Cuidado del Paciente Crítico, FUCS – Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá, Colombia.

⁴Unidad de Cuidados Intensivos, Universidad Rafael Núñez. Cúcuta, Colombia.

⁵Departamento de Fisioterapia y Rehabilitación, Instituto Profesional de Terapias y Humanidades. Puebla, México.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 31 de mayo de 2019

Aceptado: 8 de julio de 2019

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

FC: frecuencia cardíaca

RESUMEN

Introducción: La obesidad es una enfermedad multisistémica que constituye un factor de riesgo coronario y se asocia frecuentemente a otros, como la hipertensión arterial, la diabetes y la dislipidemia, todo lo cual aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular.

Objetivo: Determinar la respuesta cardiovascular de los pacientes con obesidad durante una prueba de esfuerzo.

Método: Estudio observacional, descriptivo y transversal con 67 participantes obesos (45 mujeres y 22 hombres), con promedio de edad de 35±12,6 años. Para el desarrollo de esta investigación se obtuvieron variables antropométricas, signos vitales, escala de Borg, cuestionario para factores de riesgo cardiovascular, y se realizó una prueba de esfuerzo en tapiz rodante con protocolo de Bruce.

Resultados: Los principales factores de riesgo cardiovascular encontrados fueron el sedentarismo (100%) y los antecedentes patológicos familiares (76%). Se obtuvo una frecuencia cardíaca máxima promedio de 172,82±18,81 latidos por minuto, que fue superior en las mujeres (173,9±17,5 vs. 168,9±22,1) y al asociarla con los factores de riesgo cardiovascular se encontró que fue mayor en los pacientes con menos de 4 factores de este tipo (179,4±17,7 vs. 167,1±18,6).

Conclusiones: Se encontró una disminución de la respuesta cardiovascular en relación con el esfuerzo esperado para la prueba de esfuerzo. A mayor número de factores de riesgo cardiovascular presentes, menor fue la frecuencia cardíaca máxima alcanzada.

Palabras clave: Obesidad, Prueba de esfuerzo, Ejercicio físico, Frecuencia cardíaca, Factores de riesgo, Cardiología

Cardiovascular responses of obese patients to exercise stress test

ABSTRACT

Introduction: Obesity is a multisystemic disease and a coronary risk factor that is frequently associated with others, such as high blood pressure, diabetes and dyslipidemia. These all increase the risk of heart disease.

Objective: We aimed to determine the cardiovascular response of obese patients during a stress test.

✉ JE Pereira Rodríguez
Av. 22 Ote 2408, Xonaca
72280 Puebla. Puebla, México.
Correo electrónico:
jepr87@hotmail.com

Contribución de los autores

JEPR: Propuesta y muestra de resultados a pacientes, concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos, y redacción del manuscrito. DGPF: Concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos, y redacción del manuscrito. RPR y PPR: Concepción de la investigación, análisis e interpretación de los datos. KNSP y OASC: Obtención del dato primario y ayuda en la redacción del manuscrito. Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron el informe final.

Methods: An observational, descriptive and cross-sectional study was conducted with 67 obese participants (45 women and 22 men) aged 35 ± 12.6 years on average. To develop our research, we analyzed anthropometric variables and vital signs. The Borg scale, a cardiovascular risk factor interview and a Bruce treadmill stress test protocol were also applied.

Results: The main cardiovascular risk factors found were sedentary lifestyle (100%) and family history of disease (76%). An average maximum heart rate of 172.82 ± 18.81 beats per minute was obtained, which was higher in women (173.9 ± 17.5 vs. 168.9 ± 22.1). It was found to be higher in patients with less than four cardiovascular risk factors (179.4 ± 17.7 vs. 167.1 ± 18.6) when associated with cardiovascular risk factors.

Conclusions: A decrease in cardiovascular response was found in relation to the expected test effort. The greater the number of cardiovascular risk factors, the lower the maximum heart rate achieved.

Keywords: Obesity, Exercise stress test, Exercise, Heart rate, Risk factors, Cardiology

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas de salud pública en la actualidad es la obesidad, la cual se conoce como un desequilibrio entre la cantidad de calorías ingeridas a través de alimentos ricos en grasas y azúcares, y una escasa actividad física¹. Moreno-Martínez² la define como el exceso de tejido adiposo que se produce por la acumulación progresiva de grasa en sus reservorios, debido a un desequilibrio de la homeostasis calórica donde la ingesta excede el gasto energético. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la obesidad se ha duplicado en todo el mundo desde 1980 y, en 2014, más de 1900 millones de adultos mayores de 18 años padecen sobrepeso u obesidad³⁻⁵.

Asimismo, la obesidad está relacionada a otras enfermedades como: diabetes mellitus, hipertensión arterial, dislipidemia, hiperinsulinemia, accidente cerebrovascular y enfermedad cardiovascular, entre otras⁵, que son la principal causa de morbilidad en adultos mayores^{5,6}. Los principales daños que genera esta enfermedad en la función, estructura y capacidad del corazón, se muestran en el **recuadro**¹⁻⁶.

Dada esta situación, se han creado múltiples alternativas para prevenir y, sobre todo, controlar la obesidad; entre ellas se encuentra el ejercicio físico, que juega un papel muy importante y fundamental para el tratamiento y control de esta enfermedad⁷. Es por ello, que el ejercicio físico planificado debe contar con ciertas características como: intensidad, duración, estructura e individualización específica, que es lo que hace diferente a la actividad física, además de tener un objetivo claro para lograr efectos positivos para la salud en los pacientes con sobrepeso u obesidad⁸; donde el ejercicio moderado

se encuentra entre el 50-75% del volumen (consumo) máximo de oxígeno (VO_2 máx) o frecuencia cardíaca (FC) máxima.

La realización de actividad física de forma regular cuenta con varias ventajas: evita la disminución de la tasa metabólica basal acompañada de dieta, disminuye los factores de riesgo asociados, protege la masa magra, disminuye la ansiedad y depresión, y mejora la composición corporal¹⁰. Es importante resaltar que al comienzo del ejercicio, la lipólisis se incrementa rápidamente en casi 3 veces, por lo que aumenta la disponibilidad de ácidos grasos libres¹¹; y es esta una de las razones por las que se producen múltiples adaptaciones metabólicas que pueden ser ventajosas para el tratamiento de la obesidad; entre ellas, el aumento del potencial oxidativo de las grasas^{12,13}, que genera la obtención de energía metabólica (trifosfato de adenosina- ATP) durante el ejercicio físico, y –por ende–, la pérdida de peso corporal.

Sin embargo, para obtener dichos resultados es necesario conocer el estado cardiovascular de los pacientes con obesidad, de ahí la importancia de las pruebas de esfuerzo en este tipo de pacientes, que son indispensables para una adecuada prescripción del ejercicio, garantizar un entrenamiento a intensidad moderada y poder obtener los beneficios mencionados. Por estas razones, el objetivo principal de la presente investigación ha sido determinar la respuesta cardiovascular de pacientes con obesidad durante la realización de una prueba de esfuerzo.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal que cuantificó los factores de riesgo car-

diovascular, antropometría, respuesta cardiovascular antes, durante y posterior a la prueba de esfuerzo, en participantes con obesidad de la ciudad de Cúcuta, Colombia.

Recuadro. Efectos cardiovasculares de la obesidad¹⁻⁷.

Alteraciones funcionales
Deterioro del llenado/relajación diastólica del VI
Debilidad del corazón para la contracción ventricular
Disminución de la contractilidad muscular
Distorsión radial anormal del VI
Poca resistencia miocárdica
Velocidad anular tricúspide reducida
Tensión anormal de la aurícula derecha
Distorsión auricular izquierda anormal
Alteraciones del dromotropismo
Reducción diastólica de la velocidad anular mitral
Alteraciones hemodinámicas
Aumento del volumen de sangre total y central
Aumento del volumen sistólico del VI
Sin cambios o aumento leve en la frecuencia cardíaca
Aumento de la precarga y postcarga
Incremento del gasto cardíaco
Aumento del consumo de oxígeno en el miocardio
Incremento de la diferencia arteriovenosa de oxígeno
Aumento de la presión arterial sistólica y diastólica
Aumento del trabajo cardíaco
Aumento de la presión de cuña en la arteria pulmonar
Disminución de velocidad máxima de contracción del VI
Aumento de la presión diastólica final del VI
Aumento de la presión del ventrículo derecho
Aumento de la presión de la arteria pulmonar
Resistencia vascular pulmonar normal o aumentada
Aumento de la presión auricular derecha
Alteraciones morfológicas
Aumento de la masa ventricular izquierda
Remodelación ventricular
Dilatación de la cámara del VI
Hipertrofia excéntrica del VI
Hipertrofia o remodelación concéntrica del VI
Agrandamiento auricular izquierdo
Hipertrofia ventricular derecha
Agrandamiento auricular derecho
Tejido adiposo epicárdico excesivo

VI, ventrículo izquierdo

Muestra

Se seleccionó una muestra intencional de 67 participantes (45 mujeres y 22 hombres) que cumplieron los criterios de elegibilidad:

1. Tener más de 18 años de edad.
2. Tener un índice de masa corporal mayor a 30, pesar más de 65 kg.
3. Firmar un consentimiento informado avalado por el comité de ética de la institución.

Se excluyeron aquellos pacientes que presentaban dolor en miembros inferiores que les dificultara la marcha, disnea y fatiga en reposo, o ambos, alteraciones cardiovasculares previas, antecedentes de cirugía cardíaca o infarto agudo de miocardio, y los que tenían medicación con betabloqueadores. Como criterio de retiro se consideró la manifestación expresa del paciente de no querer continuar la prueba.

Procedimiento

Para determinar las variables morfológicas, antropométricas y los signos vitales, se utilizaron un tallímetro (*Adult Acrylic Halter Wall Kramer 2104*), una cinta métrica (*Asámico* de 150 cm 60" *Gree*), una balanza (*Tezzio Digital Balance TB-30037*) para bioimpedancia eléctrica, un oxímetro de pulso portátil (*Nellcor Puritan Bennett*) y un tensiómetro manual, con el que se obtuvo la tensión arterial sistólica y diastólica, antes, durante y después de 5 minutos de haber finalizado la prueba de esfuerzo. En esos mismos tres momentos se obtuvo la FC en tiempo real, mediante el sistema *Polar RS800CX Multisport*.

A todos los participantes se les realizó una prueba de esfuerzo en una banda sin fin, con el protocolo de Bruce, quienes recibieron instrucciones de que en las 12 horas anteriores a la prueba de esfuerzo debían evitar el alcohol, la cafeína, el tabaco, el ejercicio vigoroso o el uso de algún tipo de droga o medicamento que pudiera interferir con la FC máxima o el rendimiento físico durante la prueba; también se les explicó que podían realizar su ingesta matutina.

Las características de las pruebas de esfuerzo, su metodología, indicaciones y contraindicaciones¹⁴⁻²¹, se muestran en el **anexo**.

La falta subjetiva de aire y el esfuerzo percibido por los pacientes se estimaron según la escala de Borg modificada²², que consta de 10 ítems. El fin de esta herramienta en el área de las ciencias de la salud es el evaluar los ajustes en la intensidad y la carga de trabajo.

Tabla 1. Características basales de la población.

Variables	Sexo				Total (n=67)	
	Femenino (n=45)		Masculino (n=22)		Nº	%
	Nº	%	Nº	%		
Edad (años)						
Igual o menor de 30	13	28,88	11	50,00	24	35,82
Mayores de 30	32	71,11	11	50,00	43	64,17
Etnia						
Blanco	15	33,33	11	50,00	26	38,8
Mestizo	29	64,44	9	40,9	38	56,71
Afrocolombiano	1	2,22	2	9,1	3	4,47
Nivel educativo						
Primaria	0	0	1	4,54	1	1,49
Secundaria	5	11,11	4	18,18	9	13,43
Bachiller	19	42,22	7	31,82	26	38,81
Técnico/Tecnólogo	3	6,67	1	4,54	4	5,97
Pregrado	16	35,55	9	40,91	25	37,31
Posgrado	2	4,44	0	0	2	2,98
Tabaquismo						
Exfumadores	10	45,45	10	22,22	20	29,85
3-7 cigarrillos/día	2	9,09	0	0	2	2,98
9-15 cigarrillos/día	0	0	1	2,22	1	1,49
No consumen	33	73,33	11	24,44	44	65,67
Alcoholismo						
Consumidor habitual	26	57,77	13	59,09	39	58,20
1 vez/semana	9	20,00	7	31,81	16	23,88
1 o 2 veces/semana	17	37,77	3	13,63	20	29,85
2 veces/semana	1	2,22	2	9,09	3	4,47
4 veces/semana	0	0	1	4,54	1	1,49
No Consumen	18	40,00	9	40,90	27	40,29
Dieta inadecuada						
1 vez/mes	18	40,00	2	9,09	20	29,85
1 vez/semana	8	17,77	7	31,81	15	22,38
2 veces/semana	9	20,00	3	13,63	12	17,91
3 veces/semana	0	0	2	9,09	11	16,41
4 o más/semana	2	9,09	1	4,50	3	4,40
No consumen	8	17,77	7	31,81	15	22,38
Hipertensión arterial						
Sí	13	28,88	6	27,27	19	28,36
No	32	71,11	16	72,72	48	71,64
Diabetes						
Sí	6	13,33	3	13,63	9	13,43
No	39	86,66	19	86,36	58	86,56
Obesidad						
I	21	46,67	16	72,12	37	55,22
II	18	40,00	3	13,64	21	31,34
Sedentarismo						
Sí	22	32,84	45	67,16	67	100
No	0	0	0	0	0	0
Antecedentes familiares						
Sí	35	77,77	16	72,72	51	76,11
No	10	22,22	6	27,27	16	23,88

Recolección de datos

La recolección de datos fue manual y se empleó un instrumento de creación propia, dirigido al interrogatorio del paciente y la incorporación de las mediciones que se obtuvieron antes, durante y después de la prueba de esfuerzo.

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se expresaron como media aritmética, valores mínimos, máximos y variabilidad (desviación estándar). Además, se realizó un análisis del Coeficiente de correlación de Pearson entre las diferentes variables. En todos los casos, se estableció el nivel de significación en el 5% ($p < 0,05$) y los análisis fueron realizados en el programa Stata (*Data Analysis and Statistical Software*).

Consideraciones éticas

El diseño y desarrollo de la investigación fue realizada bajo las consideraciones éticas de la Declaración de Helsinki y la Resolución N° 008430 del Ministerio de Salud de Colombia..

RESULTADOS

Se estudiaron 67 individuos (45 mujeres y 22 hombres), con una edad media de $35,58 \pm 12,6$ años. Sus características basales se resumen en la **tabla 1**.

Se puede señalar (datos no tabulados) que no hubo diferencia significativa respecto al peso corpo-

ral entre hombres y mujeres ($95,3 \pm 20,6$ vs. $95,7 \pm 13,9$ kg), pero sí en la talla ($1,57 \pm 0,06$ vs. $1,69 \pm 0,06$ m) que fue superior en el sexo femenino, lo que hizo que el índice de masa corporal fuera mayor en los hombres ($38,6 \pm 8,07$ vs. $33,6 \pm 3,94$ kg/m²).

En la **tabla 2** se puede visualizar el comportamiento de algunas de las variables estudiadas (saturación periférica de oxígeno, presión arterial, disnea y fatiga) en relación con la prueba de esfuerzo y el género. Se registró la respuesta de la FC (**Tabla 3**) al inicio de la prueba, en ejercicio máximo y en los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación, y se encontró que fue superior en las mujeres ($173,91 \pm 17,57$ vs. $168,9 \pm 22,1$). Además, se compararon los valores de esta variable en los pacientes con obesidad y presencia de más o menos de 4 factores de riesgo cardiovascular, y se encontró que la FC máxima alcanzada fue mucho mayor en pacientes con menos de 4 factores de riesgo en comparación con los que tenían 4 o más ($179,4 \pm 17,7$ vs. $167,1 \pm 18,6$).

En los gráficos de dispersión (**Figura**) se muestra el comportamiento de la FC máxima en relación con el peso, el índice de masa corporal y el sexo de los participantes; a lo que se agregó su correspondiente correlación de Pearson para un mejor análisis.

DISCUSIÓN

Dentro de los factores de riesgo cardiovascular des-

Tabla 2. Tensión arterial y saturación arterial de oxígeno antes y después de la prueba de esfuerzo.

Variable	Mujeres				Hombres			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
SatO ₂ (pre)	97,26	1,05	95	98	97,31	1,12	94	99
SatO ₂ (post)	95,57	1,77	90	98	91,31	1,57	92	98
PAS (pre)	120,44	13,89	97	160	125,18	13,80	100	160
PAS (post)	128,17	17,31	100	180	131,95	14,25	100	160
PAD (pre)	78,24	11,28	60	100	80,13	12,06	60	100
PAD (post)	79,35	11,26	60	100	83,50	6,49	75	100
Disnea (pre)	0,26	0,49	0	2	0,13	0,35	0	1
Disnea (post)	7,42	2,60	0	10	8,31	1,17	6	10
Fatiga (pre)	0,24	0,60	0	2	0,18	0,39	0	1
Fatiga (post)	7,66	2,27	1	10	8,36	1,43	6	10

DE, desviación estándar; PAD, presión arterial diastólica; PAS, presión arterial sistólica; SatO₂, saturación arterial periférica de oxígeno

Tabla 3. Frecuencia cardíaca pre, pos y en tiempos de recuperación en pacientes con obesidad.

Variable	Mujeres				Hombres			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
FC (pre)	98,88	21,35	70	140	90,77	12,95	66	110
FC (post)	173,91	17,57	133	199	168,95	22,16	117	199
FC 1 minuto	150,75	20,05	111	182	148,28	17,53	115	178
FC 3 minutos	131,31	15,22	105	165	127,23	16,16	95	160
FC 5 minutos	121,44	13,70	95	158	116,19	13,62	86	140
FC <4 FRC (pre)	94,07	14,69	70	140	93,25	17,18	66	110
FC <4 FRC (post)	179,46	17,75	133	199	178,7	19,43	141	199
FC >4 FRC (pre)	95,97	15,55	74	139	95,20	15,38	74	110
FC >4 FRC (post)	168	18,24	144	199	167,12	18,68	117	189

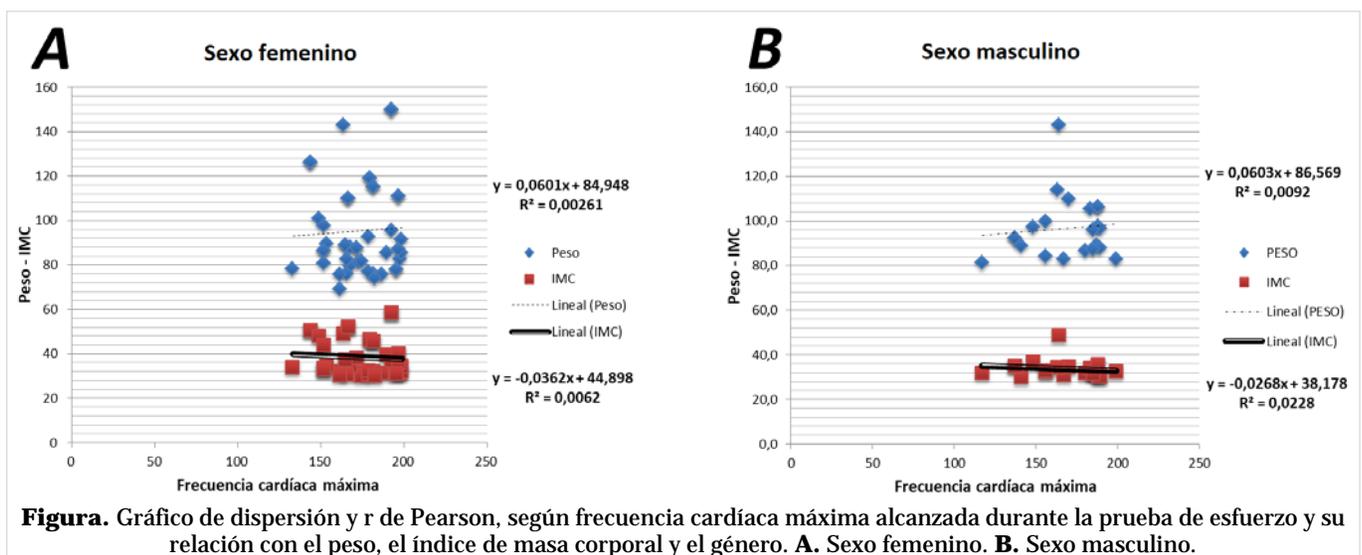
FC, frecuencia cardíaca; FRC, factores de riesgo cardiovascular; DE, desviación estándar.

taca la obesidad como uno de los principales factores asociados a múltiples enfermedades del sistema cardiovascular, tanto por presentar una relación directa con índices altos de colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) y un alto porcentaje de riesgo coronario, diabetes mellitus e hipertensión arterial, que son variables directas que afectan la perfusión miocárdica y predisponen al paciente a padecer cualquiera de las manifestaciones de la cardiopatía isquémica, entre ellas el infarto de miocardio.

En este trabajo se muestran las respuestas cardiovasculares de los pacientes con obesidad a los que se les realizó una prueba de esfuerzo. Nuestros

resultados son similares a los encontrados por Guzmán *et al*²³, quienes estudiaron la capacidad cardiovascular de pacientes obesos mediante ergometría con el protocolo de Bruce y encontraron que la FC se eleva pero no acorde a los valores establecidos para la edad del paciente y el esfuerzo realizado. Destacan también, en este estudio, que un alto porcentaje de los pacientes fue incapaz de aumentar su FC por encima del 80% de la máxima estimada para su edad.

Asimismo, un estudio realizado por Urquiaga *et al*²⁴ demuestra que un déficit en la capacidad de elevar la FC sobre el 80% de la máxima teórica se relaciona directamente con riesgo de isquemia en el



estudio de perfusión miocárdica. Ahora bien, en la actualidad existe controversia para determinar la FC máxima y calcular su porcentaje alcanzado en una prueba de esfuerzo, ya que los métodos usados para obtener dicho resultado son las ecuaciones predictivas como 220 - edad, Tanaka, Karvonen, Cooper y Ellestad, entre 40 fórmulas más. Sin embargo, en múltiples investigaciones^{13,25-27} no se recomiendan para calcularla, ya que algunas de ellas sobreestiman la FC máxima teórica en aproximadamente más de 10 latidos por minuto. Además, en otros estudios de nuestro grupo de trabajo^{27,28}, con población obesa de ambos sexos, se compararon las ecuaciones predictivas con la prueba de esfuerzo máxima y se evidenció que dichas fórmulas difieren desde 2 hasta 18 latidos por minuto, en comparación con una prueba de esfuerzo máxima en este tipo de pacientes; lo cual ha sido también estudiado por Bouzas *et al*²⁹.

Por otra parte, la investigación de Marino *et al*³⁰, realizada en un grupo de mujeres con obesidad mórbida mediante un ergómetro adaptado a miembros superiores, al compararlo con uno de miembros inferiores, demostró que existen cambios en el aumento de la presión arterial sistólica durante la prueba, lo que tiene relación con el presente estudio donde se observan diferencias en las presiones arteriales sistólica y diastólica durante la prueba, aunque no fueron significativos desde el punto de vista estadístico respecto a parámetros, como la edad, el sexo y el nivel de actividad física.

No se encontraron estudios que demuestren los cambios en relación a la saturación de oxígeno antes, durante y después del desarrollo de una prueba de esfuerzo en pacientes con obesidad; pero en nuestro estudio se demuestra que existe una disminución temprana en los niveles de perfusión tisular periesfuerzo, hipotéticamente causados por la obesidad y las alteraciones cardiovasculares consecuentes o sus comorbilidades. Además, al comparar la respuesta cardiovascular de los participantes obesos con otros estudios publicados^{28,30} sobre prueba de esfuerzo en pacientes aparentemente sanos con rangos de edad similares a los del presente estudio, se encontró que estos son muy inferiores a la respuesta cardiovascular encontrada en pacientes supuestamente sanos.

CONCLUSIONES

Se encontró una disminución de la respuesta car-

diovascular en relación con el esfuerzo esperado para la prueba de esfuerzo. A mayor número de factores de riesgo cardiovascular presentes, menor fue la frecuencia cardíaca máxima alcanzada. Se resalta que es muy importante realizar una evaluación inicial del paciente obeso que incluya sus antecedentes patológicos, examen físico completo, antropometría y medición de su capacidad aeróbica, flexibilidad y fuerza, para poder realizar la prescripción y el programa de ejercicio en la forma más individualizada y exacta posible.

LIMITACIONES

Tras la presente investigación se considera que para futuros estudios sería interesante incluir pruebas de ecocardiograma y analizar cada una de las comorbilidades presentes en la población con obesidad, que ineludiblemente juegan un papel fundamental en las manifestaciones cardiovasculares de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barroso Camiade C. La obesidad, un problema de salud pública. *Espacios Públicos*. 2012;33:200-15.
2. Moreno-Martínez FL. Obesidad y distribución regional de la grasa: viejos temas con nuevas reflexiones. *CorSalud* [Internet]. 2011 [citado 26 May 2019];3(1). Disponible en: <http://www.corsalud.sld.cu/sumario/2011/v3n1a11/distribucion.htm>
3. Malo-Serrano M, Castillo N, Pajita D. La obesidad en el mundo. *An Fac Med*. 2017;78(2):173-8.
4. Dávila-Torres J, González-Izquierdo JJ, Barrera-Cruz A. Panorama de la obesidad en México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2015;53(2):240-9.
5. James WPT, Jackson-Leach R, Ni Mhurchu C, Kalamara E, Shayeghi M, Rigby NJ, *et al*. Overweight and obesity (high body mass index). En: Ezzatti M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, eds. *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. Vol. 1. Part: Other nutrition-related risk factors and physical inactivity. Geneva: WHO; 2004. p. 497-596. Disponible en: <https://www.who.int/publications/cra/chapter/volume1/0497-0596.pdf>
6. Warren TY, Barry V, Hooker SP, Sui X, Church TS, Blair SN. Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci*

- Sports Exerc. 2010;42(5):879-85.
7. Williams MH. Nutrición para la salud, condición física y deporte. 7ª ed. México DF: McGraw-Hill; 2005.
 8. Elias MF, Goodell AL. Diet and exercise: blood pressure and cognition: to protect and serve. Hypertension. 2010;55(6):1296-8.
 9. Pollock ML, Wilmore JH. Exercise in health and disease: Evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. 2ª ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1990.
 10. Barbany JR. Adaptaciones Fisiológicas al entrenamiento. En: Barbany JR, ed. Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2002. p. 155-67.
 11. Yoshioka M, StPierre S, Richard D, Labrie A, Tremblay A. Effect of exercise intensity on post-exercise energy metabolism (A375). FASEB J. 1996;10(3):2171.
 12. Janiszewski PM, Ross R. The utility of physical activity in the management of global cardiometabolic risk. Obesity (Silver Spring). 2009;17(Suppl 3):S3-S14.
 13. Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, et al. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE – A randomized controlled study. Arch Intern Med. 2004;164(1):31-9.
 14. Ellestad M. Pruebas de Esfuerzo: Bases y aplicación clínica. En: Ellestad M, ed. Las pruebas de esfuerzo. Barcelona: Ediciones Consulta; 1988.
 15. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.
 16. Sosa V, De Llano J, Lozano JA, Oliver A, García Alarcón P. Rehabilitación cardíaca: Generalidades, indicaciones, contraindicaciones, protocolos. Monocardio. 1991;28:44-60.
 17. American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med. 2003;167(2):211-77.
 18. Piscatella J, Franklin BA. Take a load off your Heart: 109 things you can actually do to prevent, halt and reverse heart disease. Nueva York: Workman Publishing Company; 2003.
 19. Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR. Cardiopulmonary exercise testing: how do we differentiate the cause of dyspnea? Circulation. 2004;110(4):e27-31.
 20. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. JAMA. 2000; 284(11):1392-8.
 21. Froelicher VF, Myers J. Exercise and the Heart. 5ª ed. Filadelfia: W.B. Saunders; 2006.
 22. Jakobsen MD, Sundstrup E, Persson R, Andersen CH, Andersen LL. Is Borg's perceived exertion scale a useful indicator of muscular and cardiovascular load in blue-collar workers with lifting tasks? A cross-sectional workplace study. Eur J Appl Physiol. 2014;114(2):425-34.
 23. Guzmán JA, Sánchez AO, Montez ML, Díaz S, Vázquez J, Pérez I. Capacidad cardiovascular en pacientes obesos. Rev Mex Med Fis Rehab. 2001; 13(4):109-12.
 24. Urquiaga J, Negron S, Gil M, Morales R, Cáceres M, Cabo R. Relación entre los parámetros de incompetencia cronotrópica y las imágenes de perfusión miocárdica mediante tomografía computada por emisión de fotón simple (SPECT). Rev Peru Cardiol. 2007;33(3):148-63.
 25. Miragaya MA, Magri OF. Ecuación más conveniente para predecir frecuencia cardíaca máxima esperada en esfuerzo. Insuf Card. 2016;11(2):56-61.
 26. Cruz-Martínez LE, Rojas-Valencia JT, Correa-Mesa JF, Correa-Morales JC. Maximum Heart Rate during exercise: Reliability of the 220-age and Tanaka formulas in healthy young people at a moderate elevation. Rev Fac Med. 2014;62(4):579-85.
 27. Pereira-Rodríguez J, Boada-Morales L, Jaimes-Martin T, Melo-Ascanio J, Niño-Serrato D, Rincón-González G. Predictive equations for maximum heart rate. Myth or reality. Rev Mex Cardiol. 2016; 27(4):156-65.
 28. Pereira Rodríguez JE, Boada Morales L, Niño Rios IM, Cañizares Pérez YA, Quintero Gómez JC. Frecuencia cardíaca máxima mediante 220 menos edad versus prueba de esfuerzo con protocolo de Bruce. Mov Científico. 2017;11(1):15-22.
 29. Bouzas JC, Delgado M, Benito PJ. Precisión de las ecuaciones para estimar la frecuencia cardíaca máxima en cicloergómetro. Arch Med Deporte. 2013;30(1):14-20.
 30. Marino FM, Vidal R, Parada LF, do Valle JC, Fares R, Ivar JR, et al. Respuestas cardiovasculares de mujeres con obesidad mórbida sometidas a un test ergoespirométrico con ergómetro de brazo. Rev Colomb Cardiol. 2017;24(5):532-6.

ANEXO

Prueba de esfuerzo

Es uno de los registros no invasivos más importantes en la exploración del corazón mediante una muestra cardio-respiratoria¹⁴, primordialmente por tres aspectos: diagnóstico de cardiopatía isquémica, determinación de la capacidad funcional¹⁵ y percepción de la disnea y fatiga a un esfuerzo máximo. Para todos estos hallazgos existen dos tipos de pruebas: la prueba de esfuerzo convencional y la no convencional¹⁴. Además, existe una variedad de protocolos en los cuales se encuentran: Bruce, Bruce modificado, Naughton, Balke y Sheffield, entre otros. Cabe destacar, que los protocolos de Bruce son mejores para el diagnóstico de isquemia y son los más utilizados en las pruebas de esfuerzo convencionales¹⁶; en cambio, los protocolos restantes no son tan efectivos para el diagnóstico de esta enfermedad, pero tienen una mejor valoración para la capacidad funcional en determinados casos¹⁵. A su vez, dichos protocolos varían según las características de la población de estudio.

Metodología

El protocolo de Bruce consiste en aumentar la inclinación y la velocidad cada tres minutos. Los períodos de tiempo en que la velocidad y la pendiente permanecen constantes se denominan estadios y la duración del ejercicio, con el protocolo de Bruce, para una persona normal es de 8-12 minutos aproximadamente^{17,18}; lo que puede variar según las características del paciente que podrían generar tiempos inferiores o superiores a los mencionados.

En las pruebas de esfuerzo es necesario el control y monitorización de los signos vitales antes, durante y después de su realización; por lo cual es necesario tener registros de estas medidas en cada estadio, además de percibir el grado de cansancio y disnea del paciente durante la prueba. Por supuesto, si por cualquier motivo desea interrumpirla, hay que respetar su decisión¹⁹. De otro modo, la prueba se detendrá cuando el paciente: a) alcance un nivel de esfuerzo suficiente para el diagnóstico, que es la FC submáxima (85% de la FC máxima teórica), b) se

encuentre agotado y refiera no poder más, o c) cuando aparezcan alteraciones clínicas (angina, comportamiento anormal de la tensión arterial) o electrocardiográficas relevantes²⁰. Esta última posibilidad puede ser suficiente para diagnóstico; pero en caso de que la prueba de esfuerzo se detenga por cansancio, antes de alcanzar la FC submáxima, la fiabilidad diagnóstica no es tan objetiva y se hablaría de prueba no concluyente¹⁷.

Equipos e implementos

Los dispositivos más utilizados para estas pruebas son la bicicleta ergométrica y el tapiz rodante o cinta sin fin¹⁴, cada uno con sus ventajas y desventajas ya sea por el modo de uso o por el espacio. La bicicleta ergométrica ocupa menos espacio, no es ruidosa, pero necesita una mayor colaboración del paciente, ya que no todos están familiarizados con una bicicleta; por otro lado; la cinta sin fin, requiere de menor colaboración por parte del paciente y se puede alcanzar más fácilmente la FC submáxima, pero requiere de mayor espacio²¹. Además, ambos dispositivos requieren de los respectivos implementos para controlar y monitorizar los signos vitales.

Contraindicaciones e indicaciones

De forma general, estas pruebas estarán contraindicadas en pacientes convalecientes de un infarto agudo de miocardio en los últimos 5-7 días, arritmias cardíacas graves, pericarditis aguda, endocarditis infecciosa, estenosis aórtica grave, embolia o infarto pulmonar agudo, angina inestable e incapacidad física limitante²²; aunque algunas son contraindicaciones relativas, como en las enfermedades valvulares y la isquemia miocárdica. Por el contrario, estarán indicadas principalmente en enfermos sintomáticos y asintomáticos para el diagnóstico y evaluación de cardiopatía isquémica y arritmias cardíacas, así como para estratificar riesgo, valorar la capacidad funcional, inclusión en programas de rehabilitación cardíaca; y en personas sanas, también para estratificar riesgo, iniciar programas de entrenamiento físico y práctica deportista, y en atletas de alto rendimiento^{18,22}.