

Efectividad de dos modalidades de ejercicio aeróbico en el tratamiento de pacientes con síndrome metabólico (SM). Estudio preliminar

Rebeca Salas-Romero*, Verónica Sánchez-Muñoz, José Gilberto Franco-Sánchez, Ariadna del Villar-Morales y Andrea Pegueros-Pérez

Centro Nacional de Investigación y Atención en Medicina del Deporte, Instituto Nacional de Rehabilitación de la Secretaría de Salud, México, D.F.

Resumen

Se evaluó la efectividad de dos modalidades de ejercicio aeróbico en la modificación de los componentes del SM y su influencia en el riesgo cardiovascular (RCV) en 16 mujeres sedentarias (30-66 años). Las pacientes se asignaron aleatoriamente a dos grupos: ejercicio continuo (EC), 45 min al 65-70% de la frecuencia cardíaca de reserva [FCR]; y ejercicio a intervalos (EI), cinco intervalos de 3 min al 80-85% de FCR con 2 min de recuperación activa al 65-70% de FCR, previa firma del consentimiento informado. Se valoraron los componentes del SM de acuerdo a los criterios del Programa Nacional de Educación sobre Colesterol/Tercer Panel de Tratamiento para Adultos (NCEP/ATP III), así como parámetros de RCV al inicio y tras 16 semanas. Los datos se analizaron mediante las pruebas de los signos de Wilcoxon y U-Mann Whitney (paquete estadístico para las ciencias sociales [SPSS] v.12.0 para Windows; $p < 0.05$). Ambos programas fueron efectivos en la modificación de algunos componentes (triglicéridos [TG], tensión arterial); sin embargo, el EI tuvo un mayor porcentaje de participantes sin diagnóstico de SM al término del estudio (62.5%). El EC mejoró la condición física al aumentar el consumo pico de oxígeno ($VO_{2\text{pico}}$), los equivalentes metabólicos (MET) y disminuir la frecuencia cardíaca de recuperación, lo que favorece en gran medida la disminución del RCV.

PALABRAS CLAVE: Síndrome metabólico. Ejercicio aeróbico. Riesgo cardiovascular. Entrenamiento por intervalos.

Abstract

The effectiveness of two aerobic exercise programs on the modification of the metabolic syndrome (MS) components and its influence in reducing cardiovascular risk was evaluated in 16 sedentary women (30-66 years old). Patients were randomly divided into two exercise groups: continuous training (CE: 45 minutes at 65-70% of heart rate reserve or HRR) or interval training (IE: 5 x 3 minute intervals at 80-85% HRR with two minutes of active recovery at 65-70% HRR), and each participant gave previous informed consent. The components of MS were assessed according to the criteria for women of the National Cholesterol Education/Third Treatment Adult Panel, and cardiovascular risk factors at baseline and 16 weeks later. Data analyses were performed with the Wilcoxon signed test and the Mann-Whitney U-test (SPSS v. 12.0 Windows; $p < 0.05$). Both exercise programs were effective in the modification of a number of MS components (triglycerides, systolic/diastolic blood pressure), however IE had a higher percentage of patients without MS diagnosis at the end of the study (62.5%). The CE improved the physical fitness by increasing the $VO_{2\text{peak}}$ and METs and decreasing heart rate recovery, which is reflected on the reduction of cardiovascular risk. (Gac Med Mex. 2014;150:490-8)

Corresponding author: Rebeca Salas Romero, calinha@prodigy.net.mx

KEY WORDS: Metabolic syndrome. Aerobic exercise. Cardiovascular risk. Interval training.

Correspondencia:

*Rebeca Salas Romero
Calz. México-Xochimilco, 289
Col. Arenal de Guadalupe, Del. Tlalpan. C.P. 14389, México, D.F.
E-mail: calinha@prodigy.net.mx

Fecha de recepción en versión modificada: 03-10-2013

Fecha de aceptación: 25-01-2014

Introducción

El síndrome metabólico es una entidad caracterizada por agrupar una serie de factores de RCV como la obesidad abdominal, dislipidemia, hipertensión, intolerancia a la glucosa y resistencia a la insulina¹. Su presencia se asocia con un incremento en el desarrollo de enfermedades crónicas como cáncer y diabetes *mellitus* tipo 2. De igual forma, hay un incremento de dos veces en el riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, para la mortalidad por enfermedad cardiovascular y para accidentes cerebrovasculares, y de 1.5 veces para la mortalidad por cualquier causa².

La prevalencia del SM ha aumentado a nivel mundial en las últimas décadas y se ha asociado con el incremento de la obesidad y la diabetes³. En México, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT 2006), el SM se presentó en el 41.6% de la población adulta, y su frecuencia era superior en las mujeres que en los hombres (47.4 y 34.7%, respectivamente)⁴. Considerando el aumento acelerado del sobrepeso y la obesidad en los últimos años en nuestro país (61.8% en el año 2000 y 71.28% en el año 2012)^{5,6}, es de esperar que la prevalencia del síndrome también se haya incrementado.

Los factores de riesgo asociados al SM se pueden cambiar en su mayoría a través de un cambio en el estilo de vida. El aumento de la actividad física y el ejercicio han sido recomendados por diversos estudios y organizaciones para el tratamiento y la prevención de enfermedades metabólicas^{7,8}; sin embargo, la «falta de tiempo» permanece como una de las barreras más citadas para su práctica regular^{9,10}. Se han estudiado diferentes modelos de ejercicio aeróbico que han evaluado distintas intensidades, volúmenes y tiempo de entrenamiento¹¹⁻¹⁴. Algunos autores han determinado la eficacia de altas intensidades (90% de la frecuencia cardíaca máxima) y bajo volumen; sin embargo, su ejecución puede reducirse en esta población considerando las limitaciones funcionales que muchos de los pacientes presentan, como dolor o deterioro en las articulaciones y un elevado RCV, por lo que resulta indispensable ofertar programas de entrenamiento a intensidades tolerables y volúmenes eficientes que favorezcan la reducción de los factores de riesgo de enfermedad cardiometabólica e incidir en la adopción de estilos de vida que disminuyan el sedentarismo.

El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad de dos modalidades de ejercicio aeróbico en la

modificación de los componentes que definen el SM y su influencia en el RCV.

Material y métodos

Se incluyeron mujeres de 30-66 años, sedentarias, con diagnóstico de SM de acuerdo a los criterios establecidos en el NCEP/ATP III¹⁵. Fueron excluidas de este estudio pacientes con un índice de masa corporal (IMC) > 40 kg/m², diabetes no controlada o insulino dependientes, hipertensión arterial severa inducida por el ejercicio (sistólica > 200 mmHg, diastólica > 110 mmHg), daño renal (creatinina > 1.5 mg/dl) o que presentaran contraindicaciones a la práctica de ejercicio de acuerdo al Colegio Americano de Medicina del Deporte (CAMD)¹⁶. El riesgo preparticipación fue estratificado según el CAMD.

Las pacientes que no cumplieron con el 80% de asistencia al programa de ejercicio fueron eliminadas del estudio. Todas las pacientes fueron informadas acerca de los objetivos y las intervenciones a realizar dentro del estudio, y la aceptación a participar se realizó a través de la firma del consentimiento informado, cumpliendo con la declaración de Helsinki para la realización de investigación con seres humanos. El estudio fue aprobado por la Comisión de Investigación del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR).

Diseño del estudio

Ensayo clínico controlado que se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación y Atención en Medicina del Deporte (CENIAMED) del INR de la Secretaría de Salud. El estudio se realizó con una muestra a conveniencia efectuando el reclutamiento de pacientes durante un periodo de tiempo de 12 meses, por lo que el tamaño de la muestra correspondió a las pacientes que acudieron y cumplieron con los criterios de inclusión durante este periodo.

Las pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión fueron asignadas aleatoriamente en dos grupos paralelos con proporción 1 a 1: grupo EC y grupo EI. Todas las pacientes llevaron una bitácora de registro de sesiones del ejercicio.

Se llevaron a cabo mediciones antropométricas y determinación de parámetros bioquímicos para evaluar los componentes del SM. La evaluación del RCV se llevó a cabo mediante una prueba de esfuerzo maximal, considerada cuando la paciente alcanzó > 85% de la frecuencia cardíaca máxima

teórica, en banda sin fin siguiendo el protocolo de Bruce modificado^{17,18}. Todas las evaluaciones se realizaron al inicio del estudio y 16 semanas después para ambos grupos.

Durante la intervención, las pacientes continuaron con su dieta habitual con la finalidad de enfocarse únicamente en los efectos del ejercicio y evitar interferencias de otras variables, como la modificación de hábitos nutricionales.

Valoración antropométrica

El peso corporal y la talla fueron medidos en un estadímetro y báscula electrónicos (Marca Bame, modelo 427, México) con las pacientes en ropa ligera, y posteriormente se calculó el IMC = peso (kg)/talla² (m²). La circunferencia de cintura se determinó a nivel de la cicatriz umbilical; la densidad corporal, mediante la ecuación de Durnin-Womersley; el porcentaje de masa grasa, por la fórmula de Siri, y el porcentaje de masa muscular, por el método de cuatro componentes de Matiegka¹⁹⁻²¹.

Valoración bioquímica

Las pacientes fueron instruidas para evitar el consumo de alcohol y la realización de ejercicio 24 h antes de la toma de muestras. Se determinaron los niveles sanguíneos en ayuno de mínimo 8 h de glucosa (mg/dl), colesterol total (mg/dl), TG (mg/dl), lipoproteínas de alta y baja densidad (HDL y LDL, respectivamente) (mg/dl) y proteína C reactiva (mg/l), todas ellas en suero. La sensibilidad a la insulina se determinó de manera indirecta mediante el índice TG/HDL, considerándose la presencia de resistencia con valores > 3.0^{22,23}, y el índice de colesterol/HDL para la evaluación de la presencia de RCV, considerándose un riesgo bajo a valores < 4.5²⁴. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Central del INR.

Valoración del RCV

Las pacientes realizaron prueba de esfuerzo maximal en banda sin fin previo electrocardiograma en reposo con 12 derivaciones. Como parámetros de RCV se determinaron: los latidos recuperados en el 2.º min posterior al esfuerzo (Rec Min 2), la recuperación de la presión sanguínea sistólica al 3.º min postejercicio (PBP3), la frecuencia cardíaca de reposo (FC_{reposo}), el VO_{2pico} alcanzado de manera indirecta y los MET.

Programa de ejercicio

Para ambos grupos se realizó prescripción de un programa de ejercicio individualizado y supervisado durante 16 semanas (3 días/semana). El programa se dividió en tres etapas: la primera, de adaptación anatómica y fisiológica para lograr el apego al ejercicio, con una duración de cuatro semanas; la segunda, de preparación general con el objetivo de mejorar la condición física, con una duración de dos semanas, y la última, que consistía en el programa de entrenamiento de 10 semanas. En las primeras cuatro semanas se realizaron ejercicios de propiocepción, fortalecimiento del centro del cuerpo y ejercicios de cadena cinética cerrada y abierta, con una duración de 1 h/sesión. En las siguientes dos semanas se realizó ejercicio aeróbico, 30 min a una intensidad del 60-65% de la FCR. La fase de entrenamiento en el grupo EC consistió en 45 min de ejercicio al 65-70% de la FCR, mientras que para el grupo EI fue de cinco intervalos de 3 min a alta intensidad (80-85% de la FCR), con 2 min de recuperación activa (65-70% de la FCR) entre intervalo. Ambos grupos realizaron 5 min de calentamiento, en el aparato elegido, al inicio del ejercicio y 5 min de enfriamiento al final del mismo, lo cual dio un total de 55 min de ejercicio para el grupo EC y 35 min para el grupo EI (Tabla 1).

Cada sesión fue precedida por ejercicios de calentamiento (movilizaciones articulares y estiramientos), y al finalizar se realizaron ejercicios de estiramiento. Las sesiones de ejercicio aeróbico se hicieron alternando entre banda sin fin o bicicleta, con el fin de evitar la monotonía y favorecer la adherencia al programa. La intensidad del trabajo aeróbico fue controlada en todas las sesiones mediante la frecuencia cardíaca con el uso de transmisores (Polar Electro, modelo T31C, Finlandia), asegurando que la carga de entrenamiento fuera la asignada.

Análisis estadístico de resultados

Se utilizó el programa SPSS v.12.0 para Windows (Chicago, IL, EE.UU.) en todos los análisis. Los resultados fueron reportados como medianas y límites. Se empleó la prueba de los signos de Wilcoxon para datos pareados y la prueba de U-Mann Whitney para datos independientes, con el objetivo de examinar la significancia de los cambios en las variables de estudio dentro de cada grupo y entre grupos. Un valor de $p < 0.05$ se consideró como significativo en todos los casos.

Tabla 1. Características de los programas de ejercicio

Semana 0-4: adaptación; aparato: pelota suiza

Descripción: ejercicios de propiocepción, fortalecimiento del centro del cuerpo, ejercicios de cadena cinética cerrada y abierta

Frecuencia: 3 días/semana

Volumen: 1 h/día

Semana 5-6: inducción aeróbica; aparato: banda sin fin/bicicleta

Descripción:

Frecuencia: 3 días/semana

Intensidad: 65-70% FCR

Volumen: 30 min/día

Semana 7-16: programa de entrenamiento; aparato: banda sin fin/bicicleta

Descripción:	EC	EI
Frecuencia:	3 días/semana	3 días/semana
Intensidad:	65-70% FCR	5 intervalos: 3 min (80-85% FCR) con 2 min (65-70% FCR) de recuperación activa
Volumen:	45 min/día*	25 min/día*

*Cada programa de ejercicio contempló adicionalmente 5 min de calentamiento y 5 min de enfriamiento.

Resultados

Al inicio, la muestra quedó conformada por 36 pacientes, pero durante el desarrollo de la investigación se eliminaron del protocolo 20 participantes: 16 pacientes

por falta de adherencia, una por cambio de residencia y las tres restantes por fractura del hueso ganchoso de la mano izquierda, infarto de miocardio y cirugía en el oído derecho; ninguno de estos eventos estuvo relacionado con el programa de ejercicio (Fig. 1). Al final

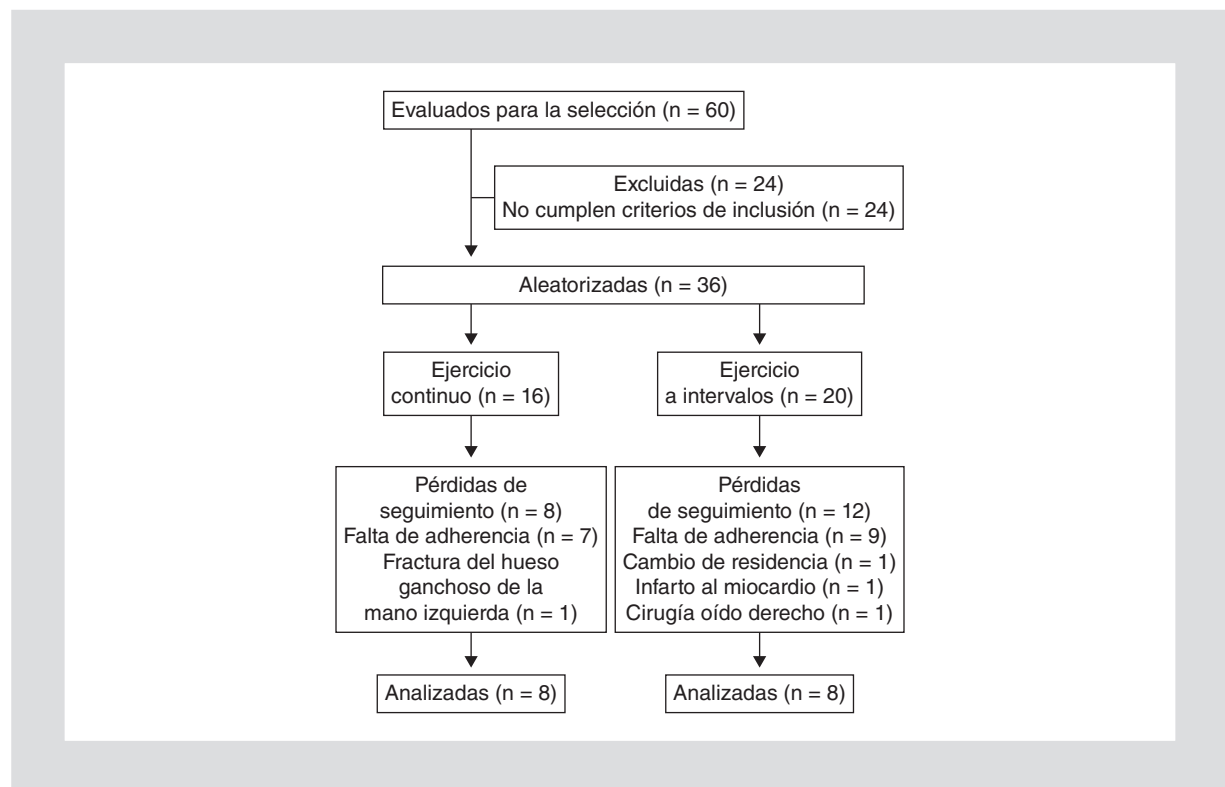


Figura 1. Flujo de pacientes durante el estudio.

Tabla 2. Componentes del SM de acuerdo a los criterios del ATP III

	EC		EI	
	Inicial (n = 8)	Final (n = 8)	Inicial (n = 8)	Final (n = 8)
Cintura (cm)	93.1 (72.4-127.9)	92.3 (74.2-122.7)	94.8 (83.0-109.0)	94.4 (86.6-106.0)
Glucosa (mg/dl)	104.0 (86.8-143.6)	102.8 (83.8-122.7)	100.5 (89.9-120.6)	102.9 (93.6-120.7)
TG (mg/dl)	271.4 (147.8-407.7)	147.2 (85.7-287.3)*	199.7 (156.1-267.2)	136.6 (103.7-309.1)*
HDL (mg/dl)	42.5 (34.0-121.8)	45.2 (12.3-49.9)	43.3 (25.0-115.0)	32.8 (16.2-47.6)*
TAS (mmHg)	115.0 (100.0-160.0)	115.0 (100.0-130.0)	120.0 (100.0-130.0)	110.0 (110.0-120.0)
TAD (mmHg)	80.0 (60.0-90.0)	80.0 (70.0-90.0)	80.0 (60.0-90.0)	80.0 (80.0-80.0)
Número de componentes	Número de pacientes (%)			
Uno	–	1 (12.5)	–	2 (25.0)
Dos	–	1 (12.5)	–	3 (37.5)
Tres	4 (50)	3 (37.5)	5 (62.5)	1 (12.5)
Cuatro	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	2 (25.0)

Datos mostrados como medianas y límites (mínimo-máximo).

*Prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$).

del estudio los grupos quedaron conformados por ocho pacientes por grupo. El análisis estadístico se realizó con los datos obtenidos de estas 16 pacientes. Durante los programas de ejercicio las pacientes reportaron eventos como: mareo (20.0%), cefalea (16.6%), hipotensión (10.0%) y gonalgia (53.0%), los cuales se produjeron en sesiones aisladas, fueron atendidos oportunamente y no condicionaron la continuidad del programa; el 80.0% de los eventos reportados correspondió al grupo EC, mientras que para el grupo EI correspondió el 20.0%. El porcentaje de asistencia fue de 94.7% para el grupo EC y de 95.8% para el grupo EI.

Componentes del SM

Ambos grupos fueron semejantes en los valores basales de los componentes que definen el SM, así como en el resto de los parámetros evaluados. Tras las 16 semanas de intervención no hubo cambios importantes entre los grupos (Tabla 2). Los TG disminuyeron de forma significativa en ambos grupos con respecto a sus valores iniciales y alcanzaron niveles de normalidad (EC: $Z = -2.521$; $p = 0.012$; EI: $Z = -1.96$; $p = 0.05$), mientras que las HDL decrecieron significativamente en el grupo EI ($Z = -1.992$; $p = 0.046$). Al término de la intervención el 25% de las participantes del grupo EC ya no presentaba el SM, comparado

con el 62.5% del grupo EI. Los componentes que alcanzaron criterios de normalidad y excluyeron a las participantes del diagnóstico fueron, en orden de frecuencia: los TG, el perímetro de la cintura y la tensión arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) (Fig. 2).

RCV

La frecuencia cardíaca de reposo disminuyó en el grupo EC a las 16 semanas ($Z = -2.521$; $p = 0.012$), mientras que en el grupo EI mejoró la PBP3 ($Z = -2.380$; $p = 0.017$) y los Rec Min 2 ($Z = -2.384$; $p = 0.017$) (Tabla 3). El grupo EC mejoró en el $VO_{2\text{pico}}$ y los MET con respecto a sus valores iniciales ($Z = -2.333$; $p = 0.020$) (Tabla 3). El índice aterogénico permaneció con valores mayores a 4.5 en ambos grupos al término del estudio.

Evaluaciones adicionales

Ambas intervenciones favorecieron la disminución del peso (EC: $Z = -2.524$; $p = 0.012$; EI: $Z = -2.527$; $p = 0.012$) y el IMC (EC: $Z = -2.524$; $p = 0.012$; EI: $Z = -2.521$; $p = 0.012$) al final del estudio, mientras que el EC favoreció la disminución en el porcentaje de masa grasa ($Z = -2.240$; $p = 0.025$) y el aumento en la masa muscular ($Z = -2.173$; $p = 0.030$) (Tabla 3). El cambio en el índice TG/HDL fue más evidente en el

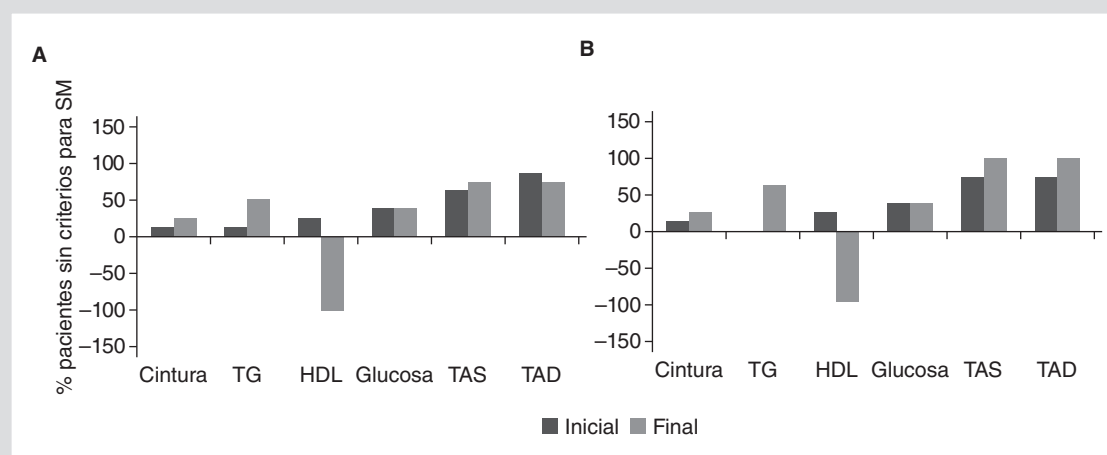


Figura 2. Modificación de los criterios del SM de acuerdo al ATP III posterior a los programas de ejercicio. **A:** grupo con EC. **B:** grupo con EI. Criterios ATP III: cintura > 88 cm, glucosa > 100 mg/dl, TG > 150 mg/dl, HDL < 50 mg/dl, TAS > 130 y TAD > 85 mmHg.

Tabla 3. Parámetros relacionados al SM antes y después de la intervención

	EC		EI	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Parámetros antropométricos				
Edad (años)	48.5 (32.0-66.0)	49.5 (33.0-66.0)	40.0 (31.0-64.0)	40.5 (31.0-64.0)
Talla (m)	1.51 (1.49-1.57)	1.51 (1.49-1.57)	1.58 (1.43-1.71)	1.58 (1.43-1.71)
Peso (Kg)	71.3 (48.3-83.7)	66.4 (45.4-79.6)*	73.7 (63.8-101.1)	71.8 (61.6-98.5)*
IMC (kg/m ²)	29.9 (21.2-37.7)	28.3 (20.2-35.8)*	29.5 (27.0-39.0)	28.7 (26.3-37.5)*
Masa grasa (%)	37.9 (34.4-43.3)	36.6 (32.6-41.0)*	37.7 (24.9-42.2)	36.6 (21.7-41.8)
Masa muscular (%)	27.4 (22.6-31.5)	29.5 (25.2-31.9)*	27.8 (20.5-37.4)	30.0 (26.6-38.8)
Parámetros bioquímicos adicionales				
Colesterol (mg/dl)	235.6 (163.0-279.7)	203.0 (186.2-245.6)	204.2 (149.0-253.6)	198.5 (140.4-235.9)
LDL (mg/dl)	108.0 (87.7-161.5)	144.8 (131.3-186.9)	107.3 (63.3-136.7)	126.8 (92.2-178.1)
TG/HDL	5.1 (2.38-9.5)	2.9 (1.9-17.2)	4.4 (1.3-10.6)	3.7 (3.3-19.0)
CT/HDL	5.08 (2.30-6.96)	6.86 (3.92-15.09)	4.91 (2.03-6.32)	7.04 (5.35-11.73)
RCV				
VO _{2pico} (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	35.1 (16.5-35.1)	45.4 (24.5-45.4)*	35.1 (24.0-45.4)	35.1 (24.0-45.4)
MET	10.05 (4.7-10.0)	12.9 (7.0-12.9)*	10.0 (6.8-12.9)	10.0 (6.8-12.9)
FC _{reposo} (lpm)	90.0 (76.0-96.0)	72.0 (55.0-86.0)*	74.5 (53.0-100.0)	73.5 (54.0-87.0)
PBP3	0.8 (0.73-1.4)	0.63 (0.59-1.6)	0.78 (0.46-0.93)	0.63 (0.37-0.71)*
Rec Min 2 (lpm)	38.5 (22.0-52.0)	42.5 (27.0-65.0)	38.5 (31.0-60.0)	40.5 (33.0-62.0)*

Datos mostrados como medianas y límites (mínimo-máximo).

*Prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$).

grupo EC, que alcanzó valores sugerentes de sensibilidad a la insulina (2.9); sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas.

Discusión

En este estudio se evaluó la efectividad de dos programas aeróbicos sobre la disminución de los componentes que definen el SM y su influencia en el RCV. Los resultados demostraron que ambos programas propuestos fueron efectivos en la modificación de algunos componentes, lo cual coincide con los de otros estudios, donde no se encontró diferencia entre EC y EI²⁵; sin embargo, el EI tuvo un mayor porcentaje de participantes que dejaron de presentar el diagnóstico al término de la intervención.

El programa del grupo EI propuesto en este estudio fue efectivo aun con un volumen bajo de entrenamiento (105 min/semana) si se compara con otros programas donde se utilizaron volúmenes de al menos 120 min/semana e intensidades mayores al 90% del VO_{2pico} ^{14,26,27}, lo que favoreció el bajo porcentaje de eventos adversos durante el estudio, por lo que puede proponerse como una alternativa de tratamiento que implique menor inversión de tiempo y mayor seguridad para su ejecución.

Con respecto a la influencia de los programas sobre los componentes metabólicos del síndrome, se ha establecido que el ejercicio aeróbico mejora la sensibilidad a la insulina periférica a través de una mejor coordinación entre la liberación de glucosa (mayor perfusión capilar), el transporte de la superficie de membrana (actividad de receptores transportadores de glucosa-4 [GLUT-4]) y el flujo intracelular del sustrato debido a la glucólisis²⁸. Aunque la sensibilidad a la insulina no es un componente para el diagnóstico del síndrome, juega un papel importante en la predicción del desarrollo de diabetes *mellitus* tipo 2 y en el riesgo de enfermedades cardiovasculares. En este estudio, ninguno de los dos programas presentó una disminución significativa en los niveles de glucosa en ayuno; sin embargo, se observó un descenso en el índice TG/HDL, lo que indica que hubo una mejoría en la respuesta periférica.

El índice TG/HDL se ha utilizado como marcador para determinar la resistencia a la insulina debido a la facilidad en su determinación y bajo costo; sin embargo, se ha cuestionado su utilidad en diferentes poblaciones debido a factores étnicos²⁹. A pesar de que el punto de corte de 3 en la población México-americana presenta valores de sensibilidad y especificidad

elevados (64.1 y 71.1%, respectivamente)³⁰, su aplicación en la población mexicana debe tomarse con reserva por las elevadas prevalencias de hipertrigliceridemia e hipoalfalipoproteinemia en el país³¹, lo cual sugiere que el punto de corte podría ser diferente.

Ambos programas influyeron en el metabolismo de los lípidos y son efectivos en la reducción de los niveles de TG; los niveles de colesterol total no presentaron cambios relevantes, y se observó un aumento en los niveles de LDL que no fue significativo. Contrario a lo esperado, no hubo un aumento en las concentraciones de las HDL, las cuales incluso disminuyeron de forma significativa en el grupo EI.

El aumento en los niveles de HDL ha sido asociado con un incremento en el VO_{2pico} , un mayor gasto calórico y la disminución de la masa grasa corporal³²⁻³⁴. En este estudio, el grupo EC mejoró significativamente el VO_{2pico} y disminuyó el porcentaje de masa grasa; sin embargo, estos cambios no favorecieron el aumento de las HDL. La disminución de los niveles de estas lipoproteínas posterior a las intervenciones puede explicarse como una modificación en su estructura y en sus propiedades inflamatorias/antiinflamatorias. Kraus, et al. observaron que el ejercicio aeróbico a diferentes volúmenes e intensidades modifica la concentración de HDL y favorece su conversión a partículas más largas con función cardioprotectora (subespecie HDL₂), aun en ausencia de la pérdida significativa de peso; y Roberts, et al. demostraron que, tras una intervención con dieta y ejercicio en sujetos con factores de RCV, la capacidad protectora de las HDL para prevenir la oxidación de las LDL aumenta aun cuando su concentración disminuye, sugiriendo que la función antiinflamatoria asociada a la modificación del estilo de vida debería ser más importante que los niveles de HDL cuando se evalúe el riesgo aterogénico^{35,36}.

En este estudio, el índice CT/HDL permaneció sin cambios significativos en ambos grupos, lo que indica la presencia de riesgo para enfermedades cardiovasculares. Es importante señalar que únicamente se determinó la concentración de HDL total, sin determinar las subespecies HDL₂ y HDL₃. Se ha demostrado que un programa de ejercicio aeróbico de 12 semanas, con un gasto calórico de al menos 1,500 kcal/semana, es suficiente para generar un cambio entre subespecies de HDL, lo cual da lugar a una distribución más saludable del colesterol sin un cambio aparente en su concentración³⁷. Los programas de ejercicio diseñados para este estudio promovieron un gasto calórico de 1,639 y 2,603 kcal/semana para el grupo EI y EC,

respectivamente, estímulo suficiente para lograr una mejor distribución del colesterol.

Los programas de ejercicio propuestos en el presente estudio no presentaron diferencias significativas en la reducción del RCV; sin embargo, el grupo EC mejoró los valores de $VO_{2\text{pico}}$ y MET con respecto a sus valores iniciales. Se ha establecido que por cada MET que se incrementa la capacidad funcional, se disminuye la mortalidad en un 15-19%^{38,39}, mientras que por cada $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ de incremento de capacidad aeróbica, existe una reducción del 9-10% de mortalidad cardiovascular⁴⁰. Por otra parte, el grupo EI disminuyó la PBP3 y mejoró la Rec Min 2, lo que puede indicar una disminución en el riesgo de enfermedad coronaria^{41,42}.

En este estudio se incluyó un programa de inducción al ejercicio de seis semanas previo a los programas aeróbicos específicos, lo que permitió a las pacientes apegar mejor al programa de entrenamiento y prevenir lesiones, ya que los ejercicios propuestos para esta etapa favorecen la propiocepción, la coordinación neuromotriz y mejoran la estabilidad del centro del cuerpo^{43,44}.

Este estudio presenta varias limitaciones: el número de participantes que cumplieron con la intervención fue pequeño considerando el número inicial de pacientes que aceptaron participar y la prevalencia del SM en nuestro país; la falta de adherencia al programa fue significativa, por lo que resulta importante realizar estudios que evalúen la causa de este comportamiento; no se controló la dieta, lo que pudo haber influido en la ausencia de cambios en algunas variables, aunque el objetivo del estudio fue evaluar el efecto del ejercicio *per se*; y no fue posible evaluar las subespecies de HDL con la finalidad de confirmar que los cambios observados en ambos programas promovieron el estatus antiinflamatorio. Por otra parte, las principales fortalezas fueron: la supervisión de las pacientes durante la ejecución de los programas de ejercicio para asegurar que el trabajo realizado fuera en las intensidades y volúmenes establecidos, y el seguimiento de eventos adversos durante la realización de los programas para determinar las dificultades de las pacientes para realizar el ejercicio, lo que contribuyó a promover la seguridad del estudio.

Un programa de ejercicio aeróbico que requiera menor inversión de tiempo y con intensidades que permitan al paciente su práctica regular puede influir en la prevención de la progresión de los componentes del SM hacia desórdenes específicos, como enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2⁴⁵. El programa

de EI propuesto en este estudio podría ser una alternativa de tratamiento efectiva con respecto a la inversión de tiempo para su ejecución, con efectos similares a los programas de EC que implican grandes volúmenes; sin embargo, es necesario continuar con estudios que incluyan un mayor número de participantes, lo que permitirá fortalecer la conclusión.

Bibliografía

1. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009;120(16):1640-5.
2. Mottillo S, Filion KB, Genest J, et al. The metabolic syndrome and cardiovascular risk. A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(14):1113-32.
3. Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet*. 2005;365(9468):1415-28.
4. Rojas R, Aguilar-Salinas CA, Jiménez-Corona A, et al. Metabolic syndrome in Mexican adults. Results from the National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex*. 2006;52(Suppl I):S11-8.
5. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Instituto Nacional de Salud Pública (MX). Cuernavaca, México; 2012.
6. Olaiz G, Rojas R, Barquera S, et al. Encuesta Nacional de Salud 2000. Tomo 2. La salud de los adultos. Instituto Nacional de Salud Pública (MX). Cuernavaca, México; 2003.
7. Nocon M, Hiemann T, Müller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2008;15(3):239-46.
8. Yamaoka K, Tango T. Effects of lifestyle modification on metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2012;10:138-48.
9. Stutts WC. Physical activity determinants in adults. Perceived benefits, barriers, and self efficacy. *AAOHN J*. 2002;50(11):499-507.
10. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adult's participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(12):1996-2001.
11. Haram PM, Kemi OJ, Lee SJ, et al. Aerobic interval training vs continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. *Cardiovasc Res*. 2009;81(4):723-32.
12. Johnson JL, Slentz CA, Houmard JA, et al. Exercise training amount and intensity effects on metabolic syndrome (from studies of a targeted risk reduction intervention through defined exercise). *Am J Cardiol*. 2007;100(12):1759-66.
13. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med*. 2012;42(6):489-509.
14. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, et al. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118(4):346-54.
15. American Heart Association. Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report. *Circulation*. 2002;106(25):3143-421.
16. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
17. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther*. 2000;80(8):782-807.
18. Lauer M, Froelicher S, Williams M, Kliffeld P. Exercise testing in asymptomatic adults: a statement from professionals from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation and Prevention. *Circulation*. 2005;112(5):771-6.
19. Heyward VH, Wagner DR. Body composition and metabolic diseases. En: *Applied body composition assessment*. Heyward VH, Wagner DR, editores. 2.ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004. pp. 185-93.
20. Norton K, Old T. *Anthropometric: A textbook of body measurement for sports and health courses*. Adelaide, Australia: New South Publishing; 1994.
21. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK). *Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica*. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría. Adelaide, Australia, 2001.

22. McLaughlin T, Abbasi F, Cheal K, Chu J, Lamendola C, Reaven G. Use of metabolic markers to identify overweight individual who are insulin resistant. *Ann Intern Med.* 2003;139(10):802-9.
23. Shishehbor MH, Hoogwerf BJ, Lauer MS. Association of triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with heart rate recovery. *Diabetes Care.* 2004;27(4):936-41.
24. Millán J, Pintó X, Muñoz A, et al. Lipoprotein ratios: physiological significance and clinical usefulness in cardiovascular prevention. *Vasc Health Risk Manag.* 2009;5:757-65.
25. Hwang CL, Wu YT, Chou CH. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardio-metabolic disorders. A meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011;31(6):378-85.
26. Wallman K, Plant LA, Rakimov B, Maiorana AJ. The effects of two modes of exercise on aerobic fitness and fat mass in an overweight population. *Res Sports Med.* 2009;17(3):156-70.
27. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007;115(24):3086-94.
28. Rose AJ, Richter EA. Skeletal muscle glucose uptake during exercise: how is it regulated? *Physiology.* 2005;20:260-70.
29. Sumner AE, Harman JL, Buxbaum SG, et al. The triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio fails to predict insulin resistance in African-American women: an analysis of Jackson Heart Study. *Metab Syndr Relat Disord.* 2010;8(6):511-4.
30. Li C, Ford ES, Meng YX, Mokdad AH, Reaven GM. Does the association of the triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio with fasting serum insulin differ by race/ethnicity? *Cardiovasc Diabetol.* 2008;7:4 doi: 10.1186/1475-2840-7-4.
31. Aguilar-Salinas CA, Gómez-Pérez FJ, Rull J, Villalpando S, Barquera S, Rojas R. Prevalence of dyslipidemias in the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex.* 2010;52 Suppl 1:S44-53.
32. Ferguson MA, Alderson NL, Trost SG, Essig DA, Burke JR, Durstine JL. Effects of four different single exercise sessions on lipids, lipoproteins, and lipoprotein lipase. *J Appl Physiol.* 1998;85(3):1169-74.
33. Katzmarzyk PT, Leon AS, Rankinen T, et al. Changes in blood lipids consequent to aerobic exercise training related to changes in body fatness and aerobic fitness. *Metabolism.* 2001;50(7):841-8.
34. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Aerobic exercise, lipids and lipoproteins in overweight and obese adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes (Lond).* 2005;29(8):881-93.
35. Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med.* 2002;347(19):1483-92.
36. Roberts CK, Ng C, Hama S, Eliseo AJ, Barnard RJ. Effect of a short-term diet and exercise intervention on inflammatory/anti-inflammatory properties of HDL in overweight/obese men with cardiovascular risk factors. *J Appl Physiol (1985).* 2006;101(6):1727-32.
37. Greene NP, Martin SE, Crouse SF. Acute exercise and training alter blood lipid and lipoprotein profiles differently in overweight and obese men and women. *Obesity Silver Spring.* 2012;20(8):1618-27.
38. Lee DC, Sui X, Artero EG, et al. Long-term effects of changes in cardio-respiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Circulation.* 2011;124(23):2483-90.
39. Lysterly GW, Sui X, Lavie CJ, Church TS, Hand GA, Blair SN. The association between cardiorespiratory fitness and risk of all-cause mortality among women with impaired fasting glucose or undiagnosed diabetes mellitus. *Mayo Clin Proc.* 2009;84(9):780-6.
40. Antúnez de la Rosa MR, Jiménez y Villegas MC, Cortés Villarreal G. Valoración inicial con prueba de esfuerzo al paciente cardiopata para ingresar al programa de rehabilitación cardiaca. *Rev Mex Enf Cardiol.* 2004;12(1):34-7.
41. Mora S, Redberg RF, Cui Y, et al. Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women. A 20-year follow-up of the lipid research clinics prevalence study. *JAMA.* 2003;290(12):1600-7.
42. Michaelides AP, Liakos CI, Vysoulis GP, et al. The interplay of exercise heart rate and blood pressure as a predictor of coronary artery disease and arterial hypertension. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2013;15(3):162-70.
43. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med.* 2007;41 Suppl 1:i52-9.
44. Finnoff JT. Preventive exercise in sports. *PM R.* 2012;4(11):862-6.
45. Dagogo-Jack S, Egbunu N, Edeoga Ch. Principles and practice of nonpharmacological interventions to reduce cardiometabolic risk. *Med Princ Pract.* 2010;19(3):167-75.