

# El ejercicio y el síndrome metabólico

Dres. Manuel Ángel Ramírez\*, Jesús María Rosety†, Juan Marcos-Becerro‡, Ignacio Rosety§, Francisco Ordóñez¶, Manuel Rosety-Rodríguez\*\*\*, María Rodríguez-Pareja††, Miguel Ángel Rosety††

## Resumen

El síndrome metabólico (SM) será la pandemia del siglo XXI. En Europa y en las Américas la prevalencia de obesidad alcanza a 17% de la población que padece SM, duplicándose el riesgo de ASCVD (enfermedad aterosclerótica cerebrovascular).

Se debe priorizar la reversión de la obesidad y de la inactividad física.

El SM se presenta como una secuencia de alteraciones metabólicas e inflamatorias a nivel molecular, celular o hemodinámico, compartiendo la resistencia a la insulina y la adiposidad de predominio abdominal.

La asociación SM y nuevos factores de riesgo independientes como la homocisteína plasmática (HC) y la proteína C reactiva (PCR), son considerados como predictores de riesgo cardiometabólico.

Entre los componentes del SM de mayor relevancia actualmente debe considerarse el estrés oxidativo y la influencia del ejercicio físico.

La obesidad central o abdominal es un importante elemento diagnóstico del SM, estrechamente relacionada con enferme-

dades cardiovasculares, no existiendo una clara y directa relación con cardiopatías isquémicas, siendo la edad un factor ligado a la relación entre SM y cardiopatías, llegando a 86% en mujeres de edad avanzada. El valor del riesgo cardiovascular es variable y depende de los factores de riesgo específico.

Nuestro objetivo es mostrar los beneficios que nos puede proporcionar el ejercicio físico frente al SM y, como consecuencia, reducir el riesgo de alteraciones vasculares, especialmente cardíacas.

Los apartados utilizados en esta revisión son los relacionados con componentes fundamentales como obesidad abdominal, alteración del metabolismo glucídico, dislipidemia e hipertensión, además de aquellos implicados como factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares como inflamación sistémica y estado protrombótico.

**Palabras clave:** SÍNDROME X METABÓLICO  
EJERCICIO

**Keywords:** METABOLIC SYNDROME X  
EXERCISE

\* Profesor. Escuela Medicina del Deporte. Universidad Cádiz. España.

† Investigador. Hospital Universitario Puerta del Mar. Cádiz. España.

‡ Presidente Instituto de Longevidad y Salud. España.

§ Profesor Contratado-Doctor. Departamento Anatomía. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España.

¶ Profesor Titular de Anatomía. Departamento Anatomía. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España.

\*\* Profesor Titular de Medicina. Departamento Medicina. Facultad de Medicina. Universidad Cádiz. España.

†† Investigadora Hospital Universitario de Jerez. Cádiz. España.

‡‡ Profesor Asociado. Departamento Anatomía Humana. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España.

Correspondencia: Dr. Manuel Rosety. Dirección: Paseo Marítimo 27. Esc. 2ª, 7º. Cádiz 11011. España.

Correo electrónico: manuel.rosety@uca.es

Recibido: 29/6/12

Aprobado: 30/11/12

## Introducción

Se atribuye a Hanefeld el concepto de síndrome metabólico (SM) caracterizado por obesidad troncular, dislipemia e intolerancia a la glucosa<sup>(1,2)</sup>. No existe acuerdo a la hora de establecer sus criterios diagnósticos, encontrándose propuestas como las publicadas por la WHO (World Health Organization), el grupo EGIR (European Group for the study of the Insulin Resistance) y el North American Program for the Detection, Evaluation and Treatment of the High Blood Cholesterol in Adults (ATP-III, Adult Treatment Panel III).

En base a que la prevalencia de obesidad ha aumentado en los últimos 20 años, llegándose a 19% de la población mundial que padece SM, se confirma que el SM se convertirá en la pandemia del siglo XXI.

Se han propuesto variados criterios, como los determinados por el National Cholesterol Education Program (NCEP), la Federación Internacional de Diabetes (FID) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el estudio de la prevalencia. La prevalencia del SM está afectada por una gran variabilidad, que depende de la definición utilizada y de las características de los grupos en los que se estudia, como edad y ubicación geográfica, entre otras<sup>(3)</sup>.

Aproximadamente una cuarta parte de la población europea adulta padece de SM. Así, en las Américas y en Europa al menos una cuarta parte de los adultos son portadores del síndrome.

Se conoce que el agrupamiento de factores de riesgo que constituyen el SM es común en la mayoría de los países.

La obesidad y el sedentarismo ya no son problemas exclusivos del primer mundo. Según un informe de la OMS, cerca de un tercio de los niños del planeta se pasan al menos tres horas al día delante del televisor o del ordenador, redundando en el sedentarismo. Ciertamente es por ello que la reversión de la epidemia mundial de la obesidad y la inactividad física debe ser una alta prioridad<sup>(4)</sup>.

La obesidad ya no es una epidemia que afecte fundamentalmente a los norteamericanos<sup>(5)</sup> por su estilo de vida, sino que cada vez son más los estudios que nos revelan una situación similar en nuestro entorno más cercano<sup>(6,7)</sup>.

Epidemiológicamente la prevalencia del SM en Europa se estima en 23%, dependiendo de la edad y del sexo<sup>(8)</sup>. En Estados Unidos, el estudio NHANES III (The Third National Health and Nutrition Examination Survey) refirió una prevalencia general de 22,8% en 47 millones de personas<sup>(9)</sup>.

La prevalencia aumenta con la edad más que entre sexos<sup>(10-12)</sup>. Hay que destacar que la edad es un factor ligado a la relación entre SM y cardiopatías, llegando a

86%, predominantemente en mujeres de avanzada edad con SM que cursan con accidentes vasculares.

Las personas con SM tienen una probabilidad tres veces mayor de sufrir un ataque cardíaco o un accidente cerebrovascular y dos veces mayor de morir por estas causas que las personas que no lo padecen<sup>(13,14)</sup>.

El valor del riesgo cardiovascular es variable y depende de los factores de riesgo específico y que estén presentes. Ciertamente, la reversión de la epidemia mundial de la obesidad y la inactividad física debe ser una alta prioridad<sup>(4)</sup>. Comer en forma equilibrada, practicar algún deporte<sup>(15,16)</sup>, aumentar la calidad de las matrices alimentarias<sup>(17)</sup> y seguir un estilo de vida saludable<sup>(18)</sup>, constituyen la mejor receta para prevenir enfermedades. También hay que tener en cuenta la interacción gene-nutriente<sup>(19)</sup> que hará posible establecer tratamientos nutricionales adecuados que prevengan con décadas de antelación la pandemia de la obesidad.

Por otra parte, la dispersión de los conocimientos científicos que manejamos, junto a la necesidad imperiosa de una revisión permanente, hace que nuestro objetivo principal sea dar a conocer los beneficios que nos puede proporcionar el ejercicio físico frente al SM<sup>(20)</sup> y, como consecuencia, reducir el riesgo de alteraciones vasculares, en especial cardíacas.

En consonancia con las investigaciones que se están realizando en esta materia relacionadas con los componentes fundamentales, como la obesidad abdominal, la alteración del metabolismo de la glucosa, la dislipidemia y la hipertensión, además de aquellos implicados como factores de riesgo de la enfermedad cardiovascular (ECV) como la inflamación sistémica, el estrés oxidativo<sup>(21,22)</sup> y el estado protrombótico, proponemos, como base de estudio, estos apartados en nuestro trabajo de revisión. A la presencia conjunta de todos ellos se la conoce como riesgo cardiometabólico global<sup>(23)</sup>.

## Análisis

Se analizará por separado la acción del ejercicio en la prevención y el tratamiento del sobrepeso y la obesidad sobre la resistencia a la insulina, la diabetes tipo 2, la dislipidemia, la hipertensión y la inflamación sistémica, la trombosis y el estrés oxidativo.

### *La acción del ejercicio en la prevención y en el tratamiento del sobrepeso y la obesidad*

La actividad física (AF) promueve la pérdida de la masa grasa y preserva la magra. Aunque el descenso del peso conseguido con el ejercicio no es excesivo, sin embargo, a largo plazo, la AF ejerce una función más importante que la dieta en el mantenimiento del peso corporal.

Los trabajos aleatorios y controlados realizados en personas normales y en las afectadas por la obesidad ab-

dominal y la diabetes tipo 2 (DT2), muestran que el ejercicio disminuye la grasa total y la visceral, incluso sin producir pérdidas relevantes de peso, a la vez que aumenta la oxidación de los ácidos grasos libres (AGL), mejora la diabetes<sup>(24)</sup> y disminuye otros factores de riesgo metabólicos<sup>(25)</sup>. Según algunos autores<sup>(26)</sup>, la disminución de la grasa abdominal originada por el ejercicio es mayor que la causada por la dieta.

Otro aspecto interesante del ejercicio es el de mantener el peso conseguido con su intervención, ya que la recuperación del peso que se produce una vez finalizado el programa, es mucho menor que cuando no se utiliza el ejercicio<sup>(27)</sup>.

Para que el ejercicio produzca beneficios sustanciales sobre la salud debe ser realizado, al menos, durante 150 minutos a la semana, a una intensidad moderada, o, lo que es igual, originar un gasto de energía de 7,5 equivalentes metabólicos (METS) hora por semana. Algunos investigadores<sup>(28)</sup> señalan que para mantener un peso corporal normal y en 13 años aumentarlo menos de 2,3 kg, es necesario realizar 60 minutos al día de ejercicio, con la intensidad descripta.

Parece que el efecto del ejercicio sobre la grasa visceral es más importante que el realizado sobre los otros depósitos de la grasa<sup>(23)</sup>.

Aunque el tipo de ejercicio más utilizado en el tratamiento de la obesidad es el de resistencia, sin embargo, también el de fuerza es muy efectivo. Para algunos investigadores, los efectos del entrenamiento de fuerza (EF) sobre la pérdida de la grasa son más importantes que los obtenidos por los de resistencia<sup>(29)</sup>. Cuando el EF se utiliza en el tratamiento de la obesidad, el peso corporal no disminuye, salvo en el caso de que su actividad se vea acompañada de una dieta hipocalórica. Esto es debido a que el aumento de la masa muscular originado por el EF contrarresta la pérdida de la grasa<sup>(30)</sup>. En los obesos, la combinación de los ejercicios de fuerza con los aerobios, además de ser bien tolerada, podría producir mejores resultados que el aerobio aislado<sup>(31)</sup>.

En los mayores sedentarios y obesos, el ejercicio realizado de forma aislada protege contra la resistencia a la insulina, contra la enfermedad cardiovascular y contra el SM<sup>(32)</sup>. En este último, el ejercicio moderado se correlaciona de forma inversa con el número de las afecciones que lo componen<sup>(33)</sup>.

El ejercicio es un buen procedimiento para disminuir la obesidad en todas las edades. En los niños obesos, los buenos efectos conseguidos con el entrenamiento sobre la adiposidad y los riesgos cardiovasculares persisten dos años después de finalizado el programa<sup>(34)</sup>.

En las mujeres posmenopáusicas afectadas por el sobrepeso o la obesidad, el ejercicio aerobio de intensidad

entre moderada y vigorosa, unido a la restricción calórica, disminuye el peso corporal<sup>(35)</sup>.

#### *La acción del ejercicio sobre la resistencia a la insulina*

Tanto el entrenamiento aerobio como el de fuerza, además de mejorar el perfil del riesgo cardiovascular en los pacientes afectados por la DT2 y el SM<sup>(36)</sup>, aumenta la sensibilidad a la insulina y optimiza la tolerancia a la glucosa<sup>(37)</sup>.

Del mismo modo, el entrenamiento de fuerza de larga duración mejora la intolerancia a la glucosa y a la sensibilidad a la insulina<sup>(38)</sup>. En estos efectos se encuentran involucrados: la disminución aguda de los depósitos intramiocelulares de glucógeno<sup>(39)</sup> y el aumento de la capacidad del músculo para utilizar la glucosa<sup>(40)</sup>. Ambos son debidos al aumento de la masa muscular originada por este tipo de entrenamiento.

En los diabéticos, el entrenamiento progresivo de fuerza produce disminuciones de los niveles de la hemoglobina glucosilada (HbA1c), en cantidades que oscilan entre 0,3%<sup>(19)</sup> y 18%<sup>(41)</sup>.

En las personas mayores con obesidad abdominal, el ejercicio aerobio y la combinación de este tipo de ejercicio con el de fuerza mejoran la sensibilidad a la insulina. La mejoría es mayor con el empleo conjunto de los tipos de ejercicio. Sin embargo, la pérdida de peso es mínima<sup>(42)</sup>.

#### *La acción del ejercicio sobre la diabetes de tipo 2*

La AF realizada con regularidad previene contra la aparición de la DT2, y en quienes sufren esta afección les protege contra la muerte prematura, con independencia del grado de obesidad presente<sup>(43)</sup>.

Varias instituciones americanas, como el American College of Sport Medicine, la American Diabetes Association (ADA) y el American College of Physicians (ACP), y una europea, la European Association for the Study of Diabetes (EASD), aconsejan el uso del ejercicio en la prevención y en el tratamiento de la DT2<sup>(44,45)</sup>.

El entrenamiento físico disminuye el peso corporal, mejora la sensibilidad a la insulina, aumenta los niveles circulatorios de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), disminuye los de los triglicéridos (TG) y normaliza la presión arterial (PA)<sup>(46)</sup>.

Para mejorar el control glucémico, ayudar al mantenimiento del peso corporal y disminuir el riesgo a sufrir ECV, tan frecuente en la DT2, la ADA recomienda realizar, al menos, 150 minutos a la semana de actividad física aerobia de intensidad entre moderada e intensa, o hacer 90 minutos semanales de ejercicio aerobio vigoroso distribuidos en tres días alternos. Para los diabéticos de tipo 2 carentes de complicaciones, la ADA propone, desde el año 2006, realizar ejercicios de fuerza tres ve-

ces a la semana, en los que deberían participar los grandes grupos musculares. Tres series de entre ocho y diez repeticiones con un peso que no se pueda levantar más de ocho o diez veces, sería la forma más apropiada de llevar a cabo el programa<sup>(47)</sup>.

Tanto una tanda de ejercicio de resistencia como de fuerza mejoran la sensibilidad a la insulina y la tolerancia a la glucosa oral. Por lo tanto, los dos tipos de ejercicio se pueden utilizar en la DT2<sup>(48)</sup>.

#### *La acción del ejercicio sobre la dislipidemia*

La dislipidemia es una alteración patológica del metabolismo de los lípidos, a consecuencia de la cual se modifican sus niveles y los de las lipoproteínas en la sangre. En la clínica se incluyen en el perfil lipídico aterogénico: la hipertrigliceridemia, los bajos niveles de las lipoproteínas de alta densidad (HDL-colesterol), y las altas concentraciones de las lipoproteínas de baja densidad (LDL-colesterol). Los niveles de la apolipoproteína-B predicen la presentación de la ECV y los problemas relacionados con ella, de forma independiente a como lo hacen los factores tradicionales de riesgo<sup>(23)</sup>.

Muchos autores<sup>(49,50)</sup> están convencidos de que el entrenamiento físico ejerce efectos favorables sobre el perfil lipídico, aunque algunos creen que los logros son modestos sobre las LDL y las HDL<sup>(51)</sup>.

En los diabéticos del tipo 2, el ejercicio de larga duración mejora el perfil de los lípidos sanguíneos en ayunas, aunque los pacientes no realicen dieta hipocalórica<sup>(52)</sup>.

La mayor parte de los trabajos publicados únicamente incluyen el ejercicio de resistencia. Se ha observado que<sup>(53)</sup> el ejercicio aerobio disminuye los niveles de los TG posprandiales en 8%, y el de fuerza desciende los de la insulina en 30%. Sin embargo, la combinación de ambos tipos de ejercicio no produce las mejorías citadas.

Los efectos beneficiosos originados por la actividad física crónica sobre los lípidos son importantes en los casos de las HDL-colesterol y de los TG<sup>(54)</sup>. El ejercicio de moderada intensidad puede ser más efectivo para disminuir los TG<sup>(55)</sup> que el vigoroso en los dos sexos. El moderado suele mantener dicha disminución entre cinco y catorce días después de finalizado<sup>(56)</sup>. Es posible que una pequeña cantidad de actividad física sea suficiente para producir mejorías clínicas significativas del HDL-colesterol y de los TG.

A diferencia de lo que sucede con la utilización del ejercicio agudo, el crónico no modifica de forma significativa los niveles de LDL-colesterol<sup>(35)</sup>, aunque algunos<sup>(57)</sup> autores dicen que el EF disminuye los niveles de estas lipoproteínas entre 5% y 23%.

#### *La acción del ejercicio sobre la hipertensión*

Desde hace muchos años se viene utilizando el ejercicio en la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de la hipertensión.

En el caso de la prehipertensión (cuando los niveles de la PA alcanzan en la sistólica 130-139 mmHg y en la diastólica 80-89 mmHg), el tratamiento solamente requiere la modificación del estilo de vida, pero en los diabéticos del tipo 2 y en quienes padecen el SM, la utilización de los fármacos es obligatoria<sup>(58)</sup>.

En los prehipertensos diabéticos, la Asociación Americana de Diabetes recomienda realizar la terapia del estilo de vida solo durante tres meses, y después, si los objetivos no se han conseguido, al tratamiento habría que añadirle los fármacos<sup>(59)</sup>.

Sin embargo, las guías de actualización de la Sociedad Europea de la Hipertensión (ESH) y de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) recomiendan las modificaciones del estilo de vida, más los fármacos, desde el comienzo del tratamiento<sup>(60)</sup>. Para algunos autores<sup>(61)</sup>, en los adultos con prehipertensión sin tratamiento o con hipertensión discreta, un programa compuesto por el ejercicio aerobio y el de fuerza disminuye la presión sistólica (PS).

Tanto el ejercicio aerobio como el de fuerza se utilizan en el tratamiento de la hipertensión, aunque el primero es el preferido por los médicos.

Numerosos trabajos están de acuerdo en que el ejercicio aerobio de intensidad entre ligera y moderada es efectivo en el tratamiento de la hipertensión, sea aislado o asociado a otras medidas terapéuticas como la dieta y los fármacos<sup>(62)</sup>.

Los descensos de la PA con su uso varían según los autores, pero suelen oscilar entre 13,0 y 4,7 mmHg para la PS y entre 9,0 y 3,1 mmHg para la presión diastólica (PD). En los hipertensos obesos o con sobrepeso, el ejercicio aerobio, junto al de fuerza, disminuye la PA sin que se produzcan modificaciones del peso corporal<sup>(63)</sup>.

La Asociación Americana del Corazón, junto al Colegio Americano de Medicina Deportiva, han promulgado las directrices para el EF en los individuos con o sin ECV<sup>(64)</sup>. Para quienes carecen de ECV, se recomienda hacerlo dos veces a la semana y después aumentar a tres. El programa típico incluye la realización de ocho a diez ejercicios hechos con los grandes grupos musculares. La intensidad debe oscilar entre 30% y 40% de 1 RM para los ejercicios de la parte superior del cuerpo, y entre 50% y 60% de 1 RM para los de la inferior. Emplear cargas moderadas y aumentarlas progresivamente disminuye el riesgo de padecer lesiones musculares, lo que a largo plazo mantiene la efectividad del programa<sup>(65)</sup>.

### *Los efectos del ejercicio sobre la inflamación sistémica, la trombosis y el estrés oxidativo*

La inflamación sistémica interviene en la resistencia a la insulina, en la obesidad y en la dislipidemia<sup>(66)</sup>. Para limitar la extensión y la duración de la respuesta inflamatoria se suele producir el aumento simultáneo de los mediadores antiinflamatorios<sup>(67)</sup>.

Tanto el ejercicio crónico de intensidad vigorosa como el de moderada o baja, disminuyen el grado de inflamación, aunque los mejores efectos los produce el primero<sup>(68)</sup>.

Algunos trabajos muestran que el ejercicio agudo de moderada intensidad (entre 55% y 65% de la cantidad máxima de oxígeno [VO<sub>2</sub> máx], puede mejorar la fibrinólisis y atenuar la adhesividad y la agregación de las plaquetas, mientras el de alta intensidad (80% de la VO<sub>2</sub> máx) es capaz de originar el efecto contrario<sup>(69)</sup>.

La actividad física crónica (entrenamiento) produce el aumento del activador del plasminógeno tisular (un estimulador de la fibrinólisis) y la disminución de su inhibidor (inhibidor-1 del activador del plasminógeno)<sup>(70)</sup>. El entrenamiento de moderada intensidad también parece suprimir la adhesividad y la agregación de las plaquetas durante el estado de reposo y tras el ejercicio intenso<sup>(71)</sup>, y de esta forma puede atenuar el riesgo cardiovascular asociado con una tanda de ejercicio agudo de gran intensidad.

Por otra parte, la actividad física crónica es capaz de aumentar los niveles de la adiponectina<sup>(72)</sup>, y, por lo tanto, disminuir la trombosis y la agregación de las plaquetas<sup>(73,74)</sup>.

En relación con el estrés oxidativo, el entrenamiento de intensidad moderada disminuye los niveles basales del daño originado por los agentes oxidantes y aumenta la resistencia al citado estrés<sup>(75)</sup>.

El entrenamiento altera el metabolismo de las purinas al disminuir la disponibilidad del sustrato para la xantina oxidasa en el músculo entrenado y el contenido de la hipoxantina y del ácido úrico en el plasma<sup>(44)</sup>.

### **Abstract**

The metabolic syndrome (MS) will be the 21st Century syndrome. In Europe and the Americas, prevalence of obesity accounts for 17% of the population suffering from metabolic syndrome, doubling the risk for atherosclerotic cardiovascular disease (ASCVD). The metabolic syndrome will be the 21st Century pandemic.

We need to prioritize reversing obesity and the lack of exercise

The metabolic syndrome is characterized by a series of hemodynamic, molecular or cellular metabolic and

inflammatory alterations. It also includes insulin resistance and localized adiposity in the abdominal area.

The association of the MS and new, independent risk factors such as plasma homocysteine and C-reactive protein are considered risk predictors of cardiometabolic risk factors.

Among the most relevant components of MS today, we need to consider oxidative stress and the impact of exercise.

Central or abdominal obesity is an important diagnostic element for MS, closely related to cardiovascular diseases, there being no clear and direct relation with ischemic heart disease. Also, age is associated to the relation between MS and heart disease, accounting for 86% of women of old age. The rate of cardiovascular risk is variable and it depends on specific risk factors.

We aim to show the positive impact of exercise on the MS and as a consequence, how it reduces the risk of vascular alterations, in particular heart alterations.

This review examined the main components of abdominal obesity, alterations the glucidic metabolism, dyslipidemia and high blood pressure, apart from those that have to do with heart disease risk factors, such as systemic inflammatory response syndrome and prothrombotic state.

### **Resumo**

A síndrome metabólica (SM) será a pandemia do século XXI. Na Europa e nas Américas, a prevalência de obesidade alcança 17% da população que com SM, duplica o risco de ASCVD (doença aterosclerótica cardiovascular).

Deve-se priorizar a reversão da obesidade e da falta de atividade física.

A SM se apresenta como uma sequência de alterações metabólicas e inflamatórias a nível molecular, celular ou hemodinâmico tendo como elemento comum a resistência à insulina e a adiposidade predominantemente abdominal.

A associação SM e novos fatores de risco independentes, como a homocisteína plasmática (HC) e a proteína C reativa (PCR), são considerados como preditores de risco cardiometabólico.

Entre os componentes da SM de maior relevância, atualmente se deve considerar o estresse oxidativo e a influência do exercício físico.

A obesidade central ou abdominal é um elemento importante no diagnóstico da SM, fortemente relacionada com doenças cardiovasculares, não existindo uma relação clara e direta com cardiopatias isquêmicas, sendo a idade um fator ligado à relação entre SM e cardiopatias, alcançando 86% em mulheres de idade avançada. O

valor do risco cardiovascular é variável e depende dos fatores de risco específico.

Nosso objetivo é mostrar os benefícios que o exercício físico pode proporcionar com relação a SM e, como consequência, reduzir o risco de alterações vasculares, especialmente cardíacas.

Os artigos utilizados nesta revisão são os relacionados com componentes fundamentais como obesidade abdominal, alteração do metabolismo glicosídico, dislipidemia e hipertensão, além daqueles implicados como fatores de risco de doenças cardiovasculares como inflamação sistêmica e estado pro trombótico.

### Bibliografía

- Hanefeld M.** The metabolic syndrome: roots, myths, and facts. En: Hanefeld M, Leonhardt W, eds. *The metabolic syndrome*. Jena: Gustav Fischer, 1997. p.13-24.
- Chandola T, Brunner E, Marmot M.** Chronic stress at work and the metabolic syndrome: prospective study. *BMJ* 2006; 332(7540):521-5.
- Romero CE.** El síndrome metabólico. *Rev Med Urug* 2006; 22(3):108-21.
- Gami AS, Witt BJ, Howard DE, Erwin PJ, Gami LA, Somers VK, et al.** Metabolic syndrome and risk of incident cardiovascular events and death: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49(4):403-14.
- Lucas JW, Schiller JS, Benson V.** Summary health statistics for U.S. adults: National Health Interview Survey, 2001. *Vital Health Stat* 10 2004; 218:1-134.
- Martínez JA, Moreno B, Martínez-González MA.** Prevalence of obesity in Spain. *Obes Rev* 2004; 5(3):171-2.
- Hayes M, Chustek M, Heshka S, Wang Z, Pietrobelli A, Heymsfield SB.** Low physical activity levels of modern Homo sapiens among free-ranging mammals. *Int J Obes (Lond)* 2005; 29(1):151-6.
- Balkau B, Charles MA, Drivsholm T, Borch-Johnsen K, Wareham N, Yudkin JS, et al.** European Group for the Study of Insulin Resistance. Frequency of the WHO metabolic syndrome in European cohorts and an alternative definition of an insulin resistance syndrome. *Diabetes Metab* 2002; 28(5):364-76.
- Ford ES.** The metabolic syndrome and C-reactive protein, fibrinogen, and leukocyte count: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Atherosclerosis* 2003; 168(2):351-8.
- Alegria E, Cordero E, Laclaustra M, Grima A, León M, Casanovas JA, et al.** Prevalencia del síndrome metabólico en población laboral española: registro MESYAS. *Rev Esp Cardiol* 2005; 58(7):797-806.
- Álvarez-León EE, Ribas Barba L, Serra Majem L.** Prevalencia del síndrome metabólico en la población de la Comunidad Canaria. *Med Clin (Barc)* 2003; 120(5):172-4.
- Serrano Ríos M.** El síndrome metabólico: ¿una versión moderna de la enfermedad ligada al estrés? *Rev Esp Cardiol* 2005; 58(7):768-71.
- Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsén B, Lahti K, Nissén M, et al.** Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2001; 24(4):683-9.
- Dunstan DW, Zimmet PZ, Welborn TA, Cameron AJ, Shaw J, de Courten M, et al.** The Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab) methods and response rates. *Diabetes Res Clin Pract* 2002; 57(2):119-29.
- Cameron I, Alam MA, Wang J, Brown L.** Endurance exercise in a rat model of metabolic syndrome. *Can J Physiol Pharmacol* 2012; 90(11):1490-7.
- Hagnäs MP, Cederberg H, Mikkola I, Ikäheimo TM, Jokelainen J, Laakso M, et al.** Reduction in metabolic syndrome among obese young men is associated with exercise-induced body composition changes during military service. *Diabetes Res Clin Pract*. 2012; 98(2):312-9.
- Carson JA, Michalsky L, Latson B, Banks K, Tong L, Gimpel N, et al.** The Cardiovascular Health of Urban African Americans: diet-related results from the genes, nutrition, exercise, wellness, and spiritual growth (GoodNEWS) Trial. *J Acad Nutr Diet* 2012; 112(11):1852-8.
- Pritchett AM, Deswal A, Aguilar D, Foreyt JP, Chan W, Mann DL, et al.** Lifestyle modification with diet and exercise in obese patients with heart failure: a pilot study. *J Obes Weight Loss Ther* 2012; 2(2):1-8.
- Pisabarro R.** Nutrigenética y nutrigenómica: la revolución sanitaria del nuevo milenio. Implicancias clínicas en síndrome metabólico y diabetes tipo II. *Rev Méd Urug* 2006; 22(2):100-7.
- Churilla JR, Johnson TM, Magyari PM, Crouter SE.** Descriptive analysis of resistance exercise and metabolic syndrome. *Diabetes Metab Syndr* 2012; 6(1):42-7.
- Golbidi S, Mesdaghinia A, Laher I.** Exercise in the metabolic syndrome. *Oxid Med Cell Longev* 2012; 2012:349710.
- Onat A, Can G, Yüksel H.** Dysfunction of high-density lipoprotein and its apolipoproteins: new mechanisms underlying cardiometabolic risk in the population at large. *Turk Kardiyol Dern Ars* 2012; 40(4):368-85.
- Janiszewski PM, Ross R.** The utility of physical activity in the management of global cardiometabolic risk. *Obesity* 2009; 17(Suppl 3):S3-14.
- Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al.** Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycaemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007; 147(6):357-69.
- Maffioletti NA, Agosti F, Marinone PG, Silvestri G, Lafortuna CL, Sartorio A.** Changes in body composition, physical performance and cardiovascular risk factors after a 3-week integrated body weight reduction program and after 1-y follow-up in severely obese men and women. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59(5):685-94.
- Fang J, Wylie-Rosett J, Cohen HW, Kaplan RC, Alderman MH.** Exercise, body mass index, caloric intake, and cardiovascular mortality. *Am J Prev Med* 2003; 25(4):283-9.
- Weiss EC, Galuska DA, Khan LK, Gillespie C, Serdula MD.** Weight regain in U.S. adults who experienced substantial weight loss, 1999–2002. *Am J Prev Med* 2007; 33(1):34-40.

28. **Lee IM, Djoussé L, Sesso HD, Wang L, Buring JE.** Physical activity and weight gain prevention. *JAMA* 2010; 303(12):1173-9.
29. **Ormsbee MJ, Thyfault JP, Johnson EA, Kraus RM, Choi MD, Hickner RC.** Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. *J Appl Physiol* 2007; 102(5):1767-72.
30. **Sundell J.** Resistance Training Is an Effective Tool against Metabolic and Frailty Syndromes. *Adv Prev Med* 2011; 2011:984683. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3168930/>. [Consulta: 6 de marzo de 2012].
31. **Fett CA, Fett WC, Marchini JS.** Circuit weight training vs jogging in metabolic risk factors of overweight/obese women. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93(5):519-25.
32. **Yassine HN, Marchetti CM, Krishnan RK, Vrobel TR, Gonzalez F, Kirwan JP.** Effects of exercise and caloric restriction on insulin resistance and cardiometabolic risk factors in older obese adults—a randomized clinical trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2009; 64(1):90-5.
33. **Katano S, Nakamura Y, Nakamura A, Murakami Y, Tanaka T, Nakagawa H, et al.** Relationship among Physical Activity, Smoking, Drinking and Clustering of the Metabolic Syndrome Diagnostic Components. *J Atheroscler Thromb* 2010; 17(6):644-50.
34. **Maggio AB, Aggoun Y, Martin XE, Marchand LM, Beghetti M, Farpour-Lambert NJ.** Long-term follow-up of cardiovascular risk factors after exercise training in obese children. *Int J Pediatr Obes* 2011; 6(2-2):e603-10.
35. **Nicklas BJ, Wang X, You T, Lyles MF, Demons J, Easter L, et al.** Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2009; 89(4):1043-52.
36. **Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, De Feo P, Cavallo S, Cardelli P, et al; Italian Diabetes Exercise Study (IDES) Investigators.** Effect of an intensive exercise intervention strategy on modifiable cardiovascular risk factors in subjects with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial: the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). *Arch Intern Med* 2010; 170(20):1794-803.
37. **Treserras MA, Balady GJ.** Resistance training in the treatment of diabetes and obesity: mechanisms and outcomes. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2009; 29(2):67-75.
38. **Ho SS, Dhaliwal SS, Hills A, Pal S.** Acute exercise improves postprandial cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals. *Atherosclerosis* 2011; 214(1):178-84.
39. **Koopman R, Manders RJ, Jonkers RA, Hul GB, Kuipers H, van Loon LJ.** Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96(5):525-34.
40. **Koopman R, Manders RJ, Zorenc AH, Hul GB, Kuipers H, Keizer HA, et al.** A single session of resistance exercise enhances insulin sensitivity for at least 24 h in healthy men. *Eur J Appl Physiol* 2005; 94(1-2):180-7.
41. **Irvine C, Taylor NF.** Progressive resistance exercise improves glycaemic control in people with type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Aust J Physiother* 2009; 55(4):237-46.
42. **Bweir S, Al-Jarrah M, Almalty AM, Maayah M, Smimova IV, Novikova L, et al.** Resistance exercise training lowers HbA1c more than aerobic training in adults with type 2 diabetes. *Diabetol Metab Syndr* 2009; 1:27.
43. **Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Kuk JL, McMillan K, Janiszewski PM, et al.** Effects of exercise modality on insulin resistance and functional limitation in older adults: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 2009; 169(2):122-31.
44. **Teixeira-Lemos E, Nunes S, Teixeira F, Reis F.** Regular physical exercise training assists in preventing type 2 diabetes development: focus on its antioxidant and anti-inflammatory properties. *Cardiovasc Diabetol* 2011; 10:12.
45. **Colberg SR, Albright AL, Blissmer BJ, Braun B, Chasan-Taber L, Fernhall B, et al.** American College of Sports Medicine; American Diabetes Association. Exercise and type 2 diabetes. American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(12):2282-303.
46. **American Diabetes Association.** Standards of medical care in diabetes 2009. *Diabetes Care* 2009; 32(Suppl 1):S13-61.
47. **Li G, Zhang P, Wang J, Gregg EW, Yang W, Gong Q, et al.** The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. *Lancet* 1989; 371(9626):1783-9.
48. **Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD.** Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2006; 29(6):1433-8.
49. **Snowling NJ, Hopkins WG.** Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care* 2006; 29(11):2518-27.
50. **Teixeira de Lemos E, Reis F, Baptista S, Pinto R, Sepodes B, Vala H, et al.** Exercise training decreases proinflammatory profile in Zucker diabetic (type 2) fatty rats. *Nutrition* 2009; 25(3):330-9.
51. **Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Martins E Jr, et al.** Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. *Diabetol Metab Syndr* 2010; 2:31.
52. **Green DJ, O'Driscoll G, Joyner MJ, Cable NT.** Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise? *J Appl Physiol* 2008; 105(2):766-8.
53. **Look AHEAD Research Group, Pi-Sunyer X, Blackburn G, Brancati FL, Bray GA, Bright R, Clark JM, et al.** Reduction in weight and cardiovascular disease risk factors in individuals with type 2 diabetes: one-year results of the look AHEAD trial. *Diabetes Care* 2007; 30(6):1374-83.
54. **Ho SS, Dhaliwal SS, Hills A, Pal S.** Acute exercise improves postprandial cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals. *Atherosclerosis* 2011; 214(1):178-84.
55. **Carroll S, Duffield M.** What is the relationship between exercise and metabolic abnormalities? A review of the metabolic syndrome. *Sports Med* 2004; 34(6):371-418.
56. **Johnson JL, Slentz CA, Houmard JA, Samsa GP, Duscha BD, Aiken LB, 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.

57. **Leon AS, Sanchez OA.** Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(6 Suppl):S502-15.
58. **Tambalis K, Panagiotakos DB, Kavouras SA, Sidossis LS.** Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence. *Angiology* 2009; 60(5):614-32.
59. **Leibowitz A, Grossman E.** How to define prehypertension in diabetes/metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2009; 32(Suppl 2):S275-9.
60. **American Diabetes Association.** Executive summary: standards of medical care in diabetes 2008. *Diabetes Care* 2008; 31( Suppl 1):S5-11.
61. **Mancia G, De Backer G, Dominiczak A, Cifkova R, Fagard R, Germano G, et al.** Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension; European Society of Cardiology. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens* 2007; 25(6):1105-87.
62. **Barone BB, Wang NY, Bacher AC, Stewart KJ.** Decreased exercise blood pressure in older adults after exercise training: contributions of increased fitness and decreased fatness. *Br J Sports Med* 2008; 43(1):52-6.
63. **Cardoso CG Jr, Gomides RS, Queiroz AC, Pinto LG, da Silveira Lobo F, Tinucci T, et al.** Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics (Sao Paulo)* 2010; 65(3):317-25.
64. **Bündchen DC, Panigas CF, Dipp T, Panigas TF, Richter CM, Belli KC, et al.** Ausência de influência da massa corporal na redução da pressão arterial após exercício físico. *Arq Bras Cardiol* 2010; 94(5):678-83.
65. **American College of Sports Medicine.** ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
66. **Braith RW, Stewart KJ.** Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* 2006; 113(22):2642-50.
67. **Das UN.** Obesity, metabolic syndrome X, and inflammation. *Nutrition* 2002; 18(5):430-2.
68. **Kasapis C, Thompson PD.** The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45(10):1563-9.
69. **Ford ES.** Does exercise reduce inflammation? Physical activity and C-reactive protein among U.S. adults. *Epidemiology* 2002; 13(5):561-8.
70. **Weiss C, Welsch B, Albert M, Friedmann B, Strobel G, Jost J, et al.** Coagulation and thrombomodulin in response to exercise of different type and duration. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(8):1205-10.
71. **Coppola L, Grassia A, Coppola A, Tondi G, Peluso G, Mordente S, et al.** Effects of a moderate-intensity aerobic program on blood viscosity, platelet aggregation and fibrinolytic balance in young and middle-aged sedentary subjects. *Blood Coagul Fibrinolysis* 2004; 15(1):31-7.
72. **Wang JS, Jen CJ, Chen HI.** Effects of chronic exercise and deconditioning on platelet function in women. *J Appl Physiol* 1997; 83(6):2080-5.
73. **Simpson KA, Singh MA.** Effects of exercise on adiponectin: a systematic review. *Obesity (Silver Spring)* 2008; 16(2): 241-56.
74. **Kato H, Kashiwagi H, Shiraga M, Tadokoro S, Kamae T, Ujiie H, et al.** Adiponectin acts as an endogenous antithrombotic factor. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006; 26(1):224-30.
75. **Cooper CE, Vollaard NB, Choueiri T, Wilson MT.** Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochem Soc Trans* 2002; 30(2):280-5.