

ORIGINAL

Efecto metabólico del ejercicio físico regular en la población sana

Juan Caro^{a,*}, Inmaculada Navarro^a, Pedro Romero^c, Rosario I. Lorente^a, María Antonia Priego^{a,b}, Sergio Martínez-Hervás^{a,d}, Jose T. Real^{a,b,d} y Juan F. Ascaso^{a,b,d}

^a Servicio de Endocrinología y Nutrición, Hospital Clínico Universitario de Valencia, Valencia, España

^b Departamento de Medicina, Universitat de Valencia, Valencia, España

^c Centro de Atención Primaria, Agencia Valenciana de Salud, Valencia, España

^d Centro de Investigación Biomédica en Red de Diabetes y enfermedades metabólicas asociadas

Recibido el 24 de julio de 2012; aceptado el 10 de noviembre de 2012

Disponible en Internet el 18 de marzo de 2013

PALABRAS CLAVE

Ejercicio físico;
Resistencia a la
insulina;
Dislipidemia
aterogénica

Resumen

Objetivo: Estudiar el efecto del ejercicio físico aeróbico practicado de forma regular y habitual, no acompañado de cambios en el peso corporal, sobre la resistencia a la insulina y las alteraciones metabólicas acompañantes en la población general.

Sujetos y métodos: Estudio observacional y transversal en la población adulta, 101 sujetos (30-70 años), sin enfermedad conocida y sin cambios en su peso corporal en los 3 últimos meses. El grupo de ejercicio regular realizaba ejercicio moderado entre 30-60 minutos/día 5 días/semana (7,5-15 h MET/semana) y el grupo control no realizaba ejercicio físico de forma habitual y tenía un estilo de vida sedentario. Los sujetos estaban equiparados en edad y sexo. Se estudiaron parámetros lipídicos, HOMA y síndrome metabólico (SM).

Resultados: El grupo de ejercicio regular eran 48 sujetos (21 hombres/27 mujeres) y 53 (31 hombres/22 mujeres) el grupo sedentario. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos en edad, sexo, IMC, perímetro de cintura y presión arterial. Encontramos diferencias estadísticamente significativas en: TG, cHDL, c-No-HDL y apoB, no así en el CT y cLDL. También hubo diferencias significativas en la insulina plasmática basal ($12,1 \pm 4,13$ y $14,9 \pm 4,8$ mU/l; $p = 0,004$) y en el índice HOMA ($2,8 \pm 1,1$ y $3,5 \pm 4,1$; $p = 0,001$) en el grupo que realizaba ejercicio frente al grupo sedentario. Los sujetos con SM fueron un 20,7% y un 45,8% ($p = 0,01$) en el grupo con ejercicio y sedentario, respectivamente.

Conclusión: La realización de una vida activa con el ejercicio físico habitual y moderado conduce a un aumento de la sensibilidad a la insulina, un mejor perfil lipídico y una disminución de los componentes del SM sin modificar necesariamente el peso corporal.

© 2012 SEEN. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: juancaro84@gmail.com (J. Caro).

KEYWORDS

Physical activity;
Insulin resistance;
Atherogenic
dyslipidemia

Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population**Abstract**

Aim: To assess the effect of moderate regular aerobic physical activity not associated to body weight changes on insulin resistance and the associated metabolic changes in general population.

Subjects and methods: A cross-sectional, observational study in an adult population (n=101 subjects aged 30-70 years) with no personal history of disease and with stable weight in the three months prior to the study. The group with regular exercise performed 30-60 minutes of moderate regular physical exercise 5 days per week (7.5-15 hours MET per week), while a control group performed no regular physical exercise and had a sedentary lifestyle. Subjects were age- and sex-matched. Lipids, lipoproteins, and HOMA index were measured using standard methods.

Results: The group with regular physical activity consisted of 48 subjects (21 male/27 female), while the group with no regular physical activity included 53 subjects (31 male/22 female). No significant differences were found between the groups in age, sex, BMI, waist circumference, and blood pressure. Significant differences were found between the groups in fasting serum triglyceride, HDL-C, and apoB levels. Fasting plasma insulin levels (12.1 ± 4.13 vs 14.9 ± 4.8 mU/L, $P = .004$) and HOMA index (2.8 ± 1.1 vs 3.5 ± 4.1 , $P = .001$) were significantly lower in the group with regular physical activity as compared to the sedentary group. Prevalence rates of metabolic syndrome were 20.7% and 45.8% ($P = .01$) in the regular physical activity and sedentary groups respectively.

Conclusion: Moderate regular physical activity is associated to higher insulin sensitivity, an improved lipid profile, and a decrease in components of metabolic syndrome with no change in weight or BMI.

© 2012 SEEN. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

En las sociedades desarrolladas la excesiva ingesta calórica y un estilo de vida sedentario han dado lugar, en los últimos años, a un incremento de la prevalencia de la obesidad, la dislipidemia, la resistencia a la insulina (RI) y la diabetes de tipo 2¹.

El sedentarismo o la inactividad física es un factor independiente de la RI y de las complicaciones metabólicas con ella relacionadas. La actividad física es un importante mecanismo para prevenir o mejorar la RI y sus complicaciones metabólicas. Esto tiene una gran importancia porque en los países desarrollados la RI y sus complicaciones son responsables de una alta morbilidad y de un elevado gasto sociosanitario².

El ejercicio físico reduce la RI, estimulando la migración de los glucotransportadores de tipo 4 o GLUT4 a la membrana celular de las células musculares esqueléticas por mecanismos independientes del receptor de insulina^{3,4}. Un programa de ejercicio físico aeróbico moderado aumenta la sensibilidad a la insulina en sujetos no obesos y no diabéticos en ausencia de cambios en el peso corporal⁵. Es importante valorar el efecto del ejercicio sobre otros factores de riesgo (presión arterial sistólica [PAS], presión arterial diastólica [PAD], factores lipídicos, etc.).

El ejercicio físico en sujetos con RI y síndrome metabólico (SM) produce un importante beneficio al modificar favorablemente el perfil lipídico con una reducción de los niveles de LDL y triglicéridos (TG) y un aumento de las HDL. En sujetos con tolerancia anormal a la glucosa el ejercicio físico moderado, solo o en combinación con una dieta hipocalórica, previene de forma significativa el inicio de la diabetes de tipo 2⁶.

La actividad o el ejercicio físico contribuyen también a la prevención de otras muchas enfermedades, incluyendo la enfermedad coronaria, algunos tipos de cáncer y enfermedades mentales como la demencia y la depresión⁷.

La cantidad de actividad física a realizar necesaria para prevenir las complicaciones metabólicas no es bien conocida. En 2008 las guías de la Asociación Americana del Corazón y del Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos recomiendan para mantener un buen estado de salud al menos 150 min/semana (7,5 h equivalentes metabólicos [MET]/semana) de actividad física de intensidad moderada^{8,9}.

Pocos estudios han analizado el efecto del ejercicio físico regular, no acompañado de dieta hipocalórica ni variación del peso corporal, sobre la sensibilidad a la insulina y el metabolismo lipídico en la población general.

Nuestro objetivo es estudiar en la población general el efecto sobre la RI y las alteraciones metabólicas acompañantes que produce el ejercicio físico aeróbico practicado de forma regular y habitual, no acompañado de dietas restrictivas ni cambios en el peso corporal. Con el diseño de nuestro estudio podremos, por tanto, establecer asociaciones entre el ejercicio y los parámetros metabólicos. Dado que se trata de un estudio transversal no podremos afirmar que estas relaciones sean causales.

Sujetos y métodos

Diseño

Estudio observacional y transversal en la población adulta (30-70 años) de ambos性es que por diversos motivos

acudieron durante todo un año a un Centro de Salud (en el área metropolitana de Valencia). Método de búsqueda oportunista. Este estudio ha sido aprobado y ha seguido las normas del Comité de Investigación y Ética del centro.

Criterios de inclusión

Participación voluntaria. No tener una enfermedad conocida, no ser fumador o ser exfumador de más de un año, no haber consumo de alcohol o ser un consumo moderado ($< 20 \text{ g/d}$), dieta libre y no seguir ningún tipo de dieta programada. Evaluación analítica dentro de la normalidad (función hepática y renal, hemograma, hormonas tiroideas y sistemático de orina).

Criterios de exclusión

Edad fuera del rango descrito, estar realizando una dieta hipocalórica o haber experimentado una ganancia o pérdida ponderal mayor del 10% en los 3 meses previos, hipotiroidismo, incluido el hipotiroidismo subclínico ($\text{TSH} > 5$), insuficiencia hepática, renal o cardíaca, neoplasias, obesidad ($\text{IMC} \geq 30$), diabetes (glucemia $\geq 126 \text{ mg/dL}$ o diagnóstico previo), consumo de alcohol ($\geq 20 \text{ g/d}$), fumar e hipertensión diagnosticada o tratada.

Los sujetos que cumplían los criterios de inclusión y no tenían criterios de exclusión y que realizaban ejercicio moderado entre 30-60 min/d un mínimo de 5 d/semana (entre 7,5 y 15 h MET/semana) durante el último año fueron incluidos en el grupo de ejercicio regular, considerando ejercicio regular moderado caminar a paso rápido, hacer footing, correr, montar en bicicleta, incluida la estática, uso de máquinas para hacer ejercicio aeróbico, danza, tenis, squash y natación. La realización de ejercicio se basó en la encuesta personalizada.

Para el grupo control se buscaron sujetos equiparados por edad y sexo que cumplían criterios de inclusión y ninguno de exclusión y no realizaban ejercicio físico de forma habitual, con un estilo de vida sedentario o realizaban ejercicio menos de 150 min/semana (menor de 7,5 h MET/semana). Estos sujetos se incluyeron en el grupo de sedentarios.

Protocolo de estudio

Historia clínica recogiendo edad, sexo, antecedentes personales de toma de fármacos, hábitos tóxicos, cardiopatía isquémica, accidente vascular-cerebral o vasculopatía periférica, hipertensión arterial, diabetes, consumo de tabaco y alcohol y ejercicio físico. Antecedentes familiares de hipertensión arterial, diabetes, enfermedad cardiovascular y dislipidemia. Registro de peso 3 meses antes (por historia clínica o por aportación del propio paciente). Encuesta dietética cualitativa. Presión arterial, determinada tras un periodo de reposo de 10 min de duración, en decúbito supino y con 2 mediciones separadas por 5 min entre sí. Peso y talla actual, cálculo del índice de masa corporal (IMC) y del perímetro de la cintura.

Métodos

La extracción de sangre se realizó tras un ayuno nocturno de 12 h. El plasma se separó inmediatamente por centrifugación refrigerada a 2.500-3.000 rpm durante 10 min. Las muestras fueron procesadas inmediatamente o en la primera semana tras su conservación a -20°C .

Se determinó el colesterol total (CT) y los TG por métodos enzimáticos^{10,11} en un analizador Technicon RATM-1000. El colesterol de las lipoproteínas de alta densidad (cHDL) fue medido tras la separación por precipitación con ácido fosfotungstico-cloruro de magnesio¹². El colesterol de las LDL (cLDL) se calculó por la fórmula de Friedewald y el colesterol-No-HDL (c-No-HDL) por la diferencia entre el CT y el cHDL. La apoproteína B (apoB) se determinó por una inmunoturbidimetría¹³. La glucosa por un método enzimático¹⁴ y la insulina por un análisis inmunoenzimático¹⁵. El índice «*homeostasis model assessment*» (HOMA) con la fórmula descrita por Matthews et al.¹⁶: insulina ($\mu\text{U/mL}$) \times [glucosa (mmol/L) / 22,5]. La definición de RI con HOMA $\geq 3,2$ ¹⁷.

La presencia de SM fue definido de acuerdo con las recomendaciones de la «American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement». Para el diagnóstico de SM nos basamos, por tanto, en la presencia de 3 o más de las siguientes características: perímetro de cintura abdominal ($\geq 94 \text{ cm}$ en hombre y $\geq 80 \text{ cm}$ en mujeres), TG plasmáticos en ayunas ($\geq 150 \text{ mg/dL}$) o aquellos que recibían un tratamiento para la hipertrigliceridemia, colesterol HDL ($\leq 40 \text{ mg/dL}$ en hombres o $\leq 50 \text{ mg/dL}$ en mujeres) o si recibían un tratamiento para el cHDL bajo, presión arterial elevada (PAS $\geq 130 \text{ mmHg}$ o PAD $\geq 85 \text{ mmHg}$) o recibían un tratamiento hipotensor, glucemia en ayunas ($\geq 100 \text{ mg/dL}$) o con un tratamiento hipoglucemante¹⁸.

Análisis estadístico

Para el análisis descriptivo, y tras comprobar la normalidad de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se utilizaron las medidas centrales y de dispersión habituales: media y desviación estándar (DE). Para el análisis bivariante se utilizó, si las variables eran paramétricas, la prueba de diferencia de medias (t de Student) y, en el caso de variables no paramétricas, utilizamos la prueba U de Mann-Wihtney. Para comparar proporciones utilizamos la prueba de Ji-cuadrado. Los análisis se realizaron utilizando los programas estadísticos SPSS versión 15.

Resultados

Se estudiaron 101 sujetos, entre 30 y 70 años, de ambos性, elegidos aleatoriamente. Se incluyeron 48 sujetos en el grupo de ejercicio regular (21 hombres/27 mujeres) y 53 sujetos en el grupo sedentario (31 hombres/22 mujeres) sin diferencias significativas entre ambos grupos ($p = 0,139$).

Las características generales de los grupos estudiados (ejercicio regular y sedentarios) se muestran en la tabla 1.

No hubo diferencias al comparar el grupo que realizaba ejercicio y el sedentario en la edad, el IMC, el perímetro de la cintura, la PAS ni la PAD.

Tabla 1 Características generales de los grupos estudiados

	Grupo sedentario	Grupo ejercicio regular	p
N	53	48	
Sexo	31H/22M	21H/27M	Pearson Chi ² : 0,139 T. Fisher: 0,165
Edad (años)	50,7 ± 10,0	49,6 ± 9,9	0,16
IMC	24,9 ± 2,5	24,0 ± 2,4	0,59
Circunferencia abdominal (cm)	83,6 ± 6,3	81,6 ± 8,4	0,17
PAS (mmHg)	120,3 ± 11,1	116,1 ± 13,2	0,87
PAD (mmHg)	77,9 ± 7,1	75,9 ± 7,7	0,19
CT (mg/dl)	208,7 ± 39,6	194,2 ± 32,6	0,49
TG (mg/dl)	148,5 ± 67,8	110,1 ± 43,9	0,001
cHDL (mg/dl)	47,3 ± 10,2	51,6 ± 9,2	0,03
cLDL (mg/dl)	134,1 ± 34,5	121,9 ± 31,3	0,07
c-NO-HDL (mg/dl)	161,4 ± 38,6	143,2 ± 24,9	0,02
ApoB (mg/dl)	112,3 ± 25,5	96,7 ± 24,7	0,002
GB (mg/dl)	95,7 ± 12,1	92,4 ± 9,0	0,12
IB (mU/L)	14,9 ± 4,8	12,1 ± 4,13	0,003
HOMA	3,5 ± 4,1	2,8 ± 1,1	0,004
IR-HOMA ≥ 3,2 N (%)	27 (50,9%)	11 (22,9%)	0,004
SM N (%)	22 (45,8%)	11 (20,7%)	0,001

Apo B: apolipoproteína B; cHDL: colesterol de las lipoproteínas de alta densidad; cLDL: colesterol de las lipoproteínas de baja densidad; CT: colesterol total; c-NO-HDL: colesterol total - cHDL; GB: glucemia en ayunas; H/M: hombre/mujer; HOMA: «homeostasis model assessment»; IB: insulina en ayunas; IMC: índice de masa corporal; IR-HOMA ≥ 3,2: insulinorresistencia; N: número de sujetos; PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica; SM: síndrome metabólico; TG: triglicéridos plasmáticos.

Al estudiar los parámetros lipídicos encontramos diferencias significativas entre ambos grupos (ejercicio regular y sedentarios) en TG ($110,1 \pm 43,9$ vs. $148,5 \pm 67,8$ mg/dl; $p = 0,001$), cHDL ($51,6 \pm 9,2$ vs. $47,3 \pm 10,2$ mg/dl; $p = 0,03$), c-NO-HDL ($143,2 \pm 24,9$ vs. $161,4 \pm 38,6$ mg/dl; $p = 0,02$) y apoB ($96,7 \pm 24,7$ vs. $112,3 \pm 25,5$ mg/dl; $p = 0,002$), sin diferencias estadísticamente significativas en los valores de CT y cLDL (tabla 1).

Respecto a los parámetros del metabolismo glucídico no encontramos diferencias en la glucosa plasmática en ayunas. Los valores obtenidos son de $92,4 \pm 9,0$ mg/dl en el grupo de ejercicio y $95,7 \pm 12,1$ mg/dl en el grupo sedentario ($p = 0,12$). Sí hubo diferencias significativas en la insulina plasmática basal ($12,1 \pm 4,13$ vs. $14,9 \pm 4,8$ mU/l) y en el índice HOMA ($2,8 \pm 1,1$ vs. $3,5 \pm 4,1$) en el grupo que realizaba ejercicio al compararlo con el grupo sedentario,

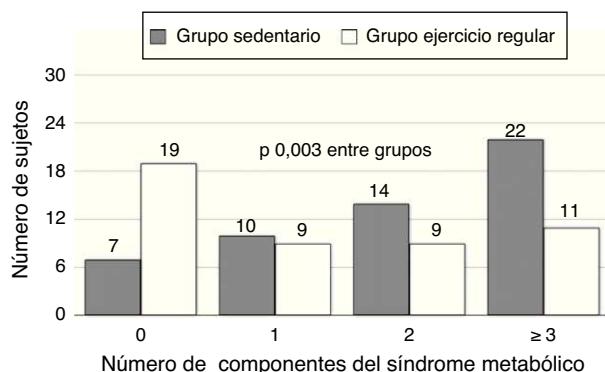
respectivamente ($p = 0,004$ para insulinemia y $p = 0,001$ para el índice HOMA) (tabla 1).

El porcentaje de sujetos con RI ($\text{HOMA} \geq 3,2$) fue del 50,9% en el grupo de sujetos sedentarios y del 22,9% en el grupo de sujetos con ejercicio, diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,004$). Los sujetos con SM fueron un 45,8 y 20,7% en los grupos sedentarios y con ejercicio, respectivamente, con $p < 0,001$ (tabla 1). Al estudiar el número de componentes del SM encontramos un mayor número de sujetos con 0 y un componente del SM en el grupo de ejercicio y un mayor número de sujetos con 2, 3 o 4 factores del SM en el grupo sedentario ($p = 0,003$) (fig. 1).

Discusión

El sobrepeso y la obesidad son un importante problema de salud en los países desarrollados. Actualmente en nuestra comunidad los sujetos con IMC ≥ 25 representan el 63% de la población adulta. La obesidad tiene una base genética y una importante relación con los factores ambientales entre los que destacan el exceso de calorías en la ingesta y el sedentarismo o la inactividad física.

La actividad física tiene un importante impacto en las alteraciones metabólicas relacionadas con la obesidad. Las guías para la actividad física se establecieron sobre la base de una revisión sistemática de los estudios realizados en los países occidentales¹⁹. En 2008 se recomendó, como adecuado para mantener un buen estado de salud, la realización de actividad física de intensidad moderada más de 150 min/semana (7,5 h MET/semana)^{8,9}, punto de corte seguido en nuestro trabajo para definir el grupo que

**Figura 1** Componentes del síndrome metabólico.

realizaba actividad física regular y el grupo de sujetos sedentarios.

La actividad física regular está relacionada con un mejor perfil metabólico. La dislipidemia aterogénica, característica de los sujetos con SM, la insulinorresistencia y la diabetes se caracterizan por un aumento de los TG, una disminución del cHDL y un aumento del c-No-HDL y de la apoB y se relaciona con un elevado riesgo cardiovascular^{20,21}. En nuestro estudio encontramos diferencias significativas en los parámetros lipídicos (dislipidemia aterogénica) entre los sujetos sedentarios y aquellos que realizaban ejercicio físico habitual, datos similares a los publicados por otros autores que encontraron con el ejercicio habitual y la actividad física baja y moderada grandes beneficios sobre el perfil lipídico con cambios significativos en los TG plasmáticos y el cHDL^{22,23}.

Inicialmente, reseñar algunas limitaciones de nuestro estudio que se deben tener en cuenta para interpretar los resultados. El grupo de ejercicio tiene un 56% de mujeres y el grupo control solo un 41,5%. Esta diferencia no es estadísticamente significativa por el tamaño de la muestra pero debemos destacarla puesto que el sexo tiene un impacto bien conocido en los parámetros estudiados. En los datos recogidos no se determinó la presencia de menopausia en las mujeres incluidas, situación que podría haber modificado los resultados obtenidos. Finalmente, comentar que las diferencias en el IMC y la edad son de 0,9 kg/m² y 1,1 años, respectivamente. Obviamente las diferencias estadísticas entre estos parámetros no son significativas, ni siquiera las «p» (0,59 y 0,16, respectivamente) se sitúan cerca de la significación estadística. Es posible que si aumentáramos la N pueda aparecer algún parámetro con significación estadística pero también los cambios metabólicos serían mayores. Para el diseño utilizado pensamos que la no existencia de significación estadística en estos parámetros no resta valor a los hallazgos.

A pesar de que por el diseño de nuestro estudio solo podemos establecer asociaciones y no relaciones causales, encontramos diferencias significativas en los niveles de apoB inferiores en el grupo que realizaba ejercicio sin diferencias en el cLDL. Datos similares han sido encontrados por otros autores en sujetos sanos que realizaban ejercicio 3 veces por semana y tenían una disminución de apoB y del índice apoB/apoA1 respecto a los sujetos sedentarios²⁴. Otros autores²⁵ encuentran en jóvenes sanos, tras un entrenamiento corto con ejercicio moderado, efectos beneficiosos sobre los marcadores de riesgo cardiovascular. Estas modificaciones lipídicas fueron más importantes en el grupo que realizó ejercicio intenso.

La definición de insulinorresistencia basada en el índice HOMA ha sido ampliamente utilizada en estudios clínicos y epidemiológicos y validada con la técnica del «clamp» o pinza euglucémica hiperinsulinémica. En nuestro medio se define insulinorresistencia por el índice HOMA con valores ≥ 3,2^{17,26}. En personas sanas, no obesas y no diabéticas el ejercicio aeróbico ligero o moderado aumenta la sensibilidad a la insulina y los autores concluyen que un programa moderado de ejercicio físico «per se» es beneficioso para mejorar la sensibilidad a la insulina y prevenir sus consecuencias: el SM y la diabetes de tipo 2²⁷.

Numerosos estudios han demostrado que el ejercicio físico moderado disminuye el riesgo de SM^{28,29}. Los aumentos

en los niveles de actividad física en el tiempo libre, en términos de duración o intensidad, están linealmente asociados con una reducción del riesgo de SM³⁰.

Como conclusiones, la realización de una vida activa con ejercicio físico habitual y moderado, per se, sin intervención sobre la dieta ni en el peso corporal, se relaciona con un aumento de la sensibilidad a la insulina, un mejor perfil lipídico y una disminución de los componentes del SM. Además, probablemente con una disminución de la incidencia de diabetes y de enfermedad cardiovascular.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes*. 1988;37:1595–607.
2. Katzmarzyk PT, Janssen I. The economic costs associated with physical inactivity and obesity in Canada: an update. *Can J Appl Physiol*. 2004;29:90–115.
3. Ebeling P, Bourey R, Koranyi L, Tuominen JA, Groop LC, Henriksson J, et al. Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes. Increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. *J Clin Invest*. 1993;92:1623–31.
4. Shepherd PR, Kahn BB. Glucose transporters and insulin action—implications for insulin resistance and diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 1999;341:248–57.
5. Hasbun B, Real JT, Sánchez C, Priego MA, Díaz J, Viguer A, et al. Effects of a controlled programme of moderate physical exercise on insulin sensitivity in non-obese, non-diabetic subjects. *Clin J Sport Med*. 2006;16:46–50.
6. Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, Valle TT, Hääläinen H, Ilanne-Parikka P, et al., Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med*. 2001;344:1343–50.
7. Department of Health. At least five a week. Evidence on the impact of physical activity and its relationship to health. A report for the Chief Medical Officer. London, UK: Department of Health; 2004.
8. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al., American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116:1081–93.
9. Physical Activity Guidelines Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. Washington, DC: Department of Health and Human Services; 2008.
10. Allain CC, Poon LS, Chan CS, Richmod W, Fu PC. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem*. 1974;20:470–5.
11. Ter HF, Baarscheer T, Fiolet JWT. Influence of free glycerol on enzymatic of triglycerides. *Clin Chem*. 1984;30:1102–3.
12. Burstein M, Scholnick HR, Morfin R. Rapid method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polyanions. *J Lipid Res*. 1970;11:583–95.
13. Rosseneau M, Verchemst R, Steinberg KK, Cooper GR. Some considerations of methodology and standardization of apolipoprotein B immunoassays. *Clin Chem*. 1983;29:427–33.
14. Trinder P. Enzymatic colorimetric method for glucose determination. *Ann Clin Biochem*. 1969;6:24–7.

15. Alpha B, Cox L, Crowther N, Clark PM, Hales CN. Sensitive amplified immunoenzymometric assays (IEMA) for human insulin and intact proinsulin. *Eur J Clin Chem Clin Biochem.* 1992;30:27–32.
16. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Teacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentration in man. *Diabetologia.* 1985;28:412–9.
17. Ascaso JF, Romero P, Real JT, Priego A, Valdecabres C, Carmena R. Cuantificación de insulinorresistencia con los valores de insulina basal e índice HOMA en una población no diabética. *Med Clin (Barc).* 2001;117:530–3.
18. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JL, Donato KA, 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;120:1640–5.
19. Shephard RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med.* 2003;37:197–206.
20. Real JT, Romero P, Martínez Hervas S, Pedro T, Carmena R, Ascaso JF. La dislipemia aterogénica es un componente esencial del síndrome metabólico. *Med Clin (Barc).* 2006;127:321–4.
21. Arca M, Montali A, Valiante S, Campagna F, Pigna G, Paoletti V, et al. Usefulness of atherogenic dyslipidemia for predicting cardiovascular risk in patients with angiographically defined coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2007;100:1511–6.
22. Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Martins Jr E, et al. Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. *Diabetol Metab Syndr.* 2010;2:31.
23. Casella-Filho A, Chagas AC, Maranhão RC, Trombetta IC, Cesena FH, Silva VM, et al. Effect of exercise training on plasma levels and functional properties of high-density lipoprotein cholesterol in the metabolic syndrome. *Am J Cardiol.* 2011;107:1168–72.
24. Holme I, Høstmark AT, Anderssen SA. ApoB but not LDL-cholesterol is reduced by exercise training in overweight healthy men. Results from the 1-year randomized Oslo Diet and Exercise Study. *J Intern Med.* 2007;262:235–43.
25. Sheikholeslami Vatani D, Ahmadi S, Ahmadi Dehrashid K, Ghareibi F. Changes in cardiovascular risk factors and inflammatory markers of young, healthy, men after six weeks of moderate or high intensity resistance training. *J Sports Med Phys Fitness.* 2011;51:695–700.
26. Goday A, Gabriel R, Ascaso JF, Franch J, Ortega R, Martínez O, et al. Riesgo cardiovascular en sujetos con alta probabilidad de síndrome metabólico y resistencia a la insulina. Estudio DESIRE. *Rev Clin Esp.* 2008;208:377–85.
27. Lindström J, Louheranta A, Mannelin M, Rastas M, Salminen V, Eriksson J, et al., Finnish Diabetes Prevention Study Group. The Finnish Diabetes Prevention Study (DPS): Lifestyle intervention and 3-year results on diet and physical activity. *Diabetes Care.* 2003;26:3230–6.
28. Yang X, Telama R, Hirvensalo M, Mattsson N, Viikari JS, Raitakari OT. The longitudinal effects of physical activity history on metabolic syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:1424–31.
29. Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, Zempo H, Kuno S. Association between physical activity and metabolic syndrome in middle-aged Japanese: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2011;11:624.
30. Cho ER, Shin A, Kim J, Jee SH, Sung J. Leisure-time physical activity is associated with a reduced risk for metabolic syndrome. *Ann Epidemiol.* 2009;19:784–92.