

Artículo original

Validez de un modelo con un único factor en el síndrome metabólico en adultos jóvenes: análisis factorial confirmatorio

Montserrat Solera-Martínez^{a,*}, Sara López-Martínez^b, Mairena Sánchez-López^{a,c}, Pablo Moya-Martínez^a, Blanca Notario-Pacheco^a, Natalia Arias-Palencia^a, Pablo Franquelo-Morales^d y Vicente Martínez-Vizcaíno^a, Estudio de Cuenca Adultos[◇]

^a Centro de Estudios Sociosanitarios, Escuela Universitaria de Enfermería, Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, España

^b Laboratorio, Hospital Virgen de la Luz, Cuenca, España

^c Facultad de Educación, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España

^d Servicio de Urgencias, Hospital Virgen de la Luz, Cuenca, España

Historia del artículo:

Recibido el 18 de agosto de 2010

Aceptado el 24 de noviembre de 2010

On-line el 31 de marzo de 2011

Palabras clave:

Análisis factorial confirmatorio

Síndrome metabólico

Adulto joven

Actividad física

Capacidad aeróbica

Fuerza muscular

RESUMEN

Introducción y objetivos: Comparar mediante análisis factorial confirmatorio si un modelo de síndrome metabólico que como medida de adiposidad incluye la razón perímetro de cintura/estatura tiene mejor bondad de ajuste que el que incluye el perímetro de cintura y, a partir de los datos del modelo de mejor ajuste, desarrollar un índice de riesgo cardiometabólico global en adultos jóvenes.

Métodos: Estudio observacional transversal en el que participaron 683 estudiantes universitarios de 18 a 30 años de primer curso de la Universidad de Castilla-La Mancha durante el curso 2009/2010. Se comparó el mejor ajuste de dos modelos de síndrome metabólico; ambos incluían la razón triglicéridos/colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad, índice HOMA-IR, presión arterial media y uno de ellos incluía el perímetro de cintura y otro, la razón perímetro cintura/estatura. Se construyó un índice de síndrome metabólico (ISM) y se estimó su asociación con la capacidad aeróbica, con la actividad física diaria y con la fuerza muscular.

Resultados: El modelo unifactorial que incluía el perímetro de cintura mostró mejores indicadores de bondad de ajuste. El ISM se asoció inversamente con la capacidad aeróbica y la fuerza muscular.

Conclusiones: Nuestro estudio corrobora que un solo factor subyace al concepto síndrome metabólico; la razón perímetro de cintura/estatura no aporta mejoras sobre considerar el perímetro de cintura solamente, y el desarrollo de un ISM cuantitativo puede ser útil para la cuantificación del riesgo cardiometabólico en la práctica clínica.

© 2010 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Validity of a Single-Factor Model Underlying the Metabolic Syndrome in Young Adults: Confirmatory Factor Analysis

ABSTRACT

Introduction and objectives: To determine by confirmatory factor analysis whether a model of the metabolic syndrome including waist circumference-to-height ratio, as a measure of adiposity, has better goodness of fit than that based on waist circumference alone and, on the basis of the data of the best-fit model, to develop an index of global cardiometabolic risk in young adults.

Methods: Cross-sectional observational study involving 683 university students aged 18 to 30 years, in their first year at the University of Castilla-La Mancha in Spain, during the 2009-10 academic year. We compared the best fit of 2 models of the metabolic syndrome, both of which included the triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio, HOMA-IR index, and mean arterial blood pressure, but differed in that one of them used waist circumference, whereas the other used the waist circumference-to-height ratio. A metabolic syndrome index (MSI) was constructed and its association with aerobic capacity, daily physical activity and muscle strength was estimated.

Results: The single-factor model that included waist circumference was a better indicator of goodness of fit. The MSI was inversely associated with aerobic capacity and muscle strength.

Conclusions: This study confirms that a single factor underlies the concept of metabolic syndrome; including the waist circumference-to-height ratio does not result in improvements over the model in

Keywords:

Confirmatory factor analysis

Metabolic syndrome

Young adult

Physical activity

Aerobic capacity

Muscle strength

* Autor para correspondencia: Centro de Estudios Sociosanitarios, Universidad de Castilla-La Mancha, Edificio Melchor Cano, Santa Teresa Jornet s/n, 16071 Cuenca, España. Correo electrónico: Montserrat.Solera@uclm.es (M. Solera-Martínez).

◇ En el anexo 1 se expone la relación de participantes en el Estudio de Cuenca Adultos.

which waist circumference alone is considered, and the development of a quantitative MSI may be useful for the quantification of cardiometabolic risk in clinical practice.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

© 2010 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Abreviaturas

AFC: análisis factorial confirmatorio
 CFI: *comparative fit index* (índice de ajuste comparativo)
 cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad
 HOMA-IR: *homeostatic model assessment of insulin resistance*
 ISM: índice síndrome metabólico
 PAM: presión arterial media
 SRMR: *standardized root mean square residual* (raíz de los residuales cuadráticos de la media)

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico es un grupo de trastornos cardiometabólicos considerado como un predictor de enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus tipo 2 y mortalidad general¹⁻³. La definición de síndrome metabólico es objeto de controversia, si bien todas las definiciones vigentes incluyen resistencia a la insulina o intolerancia a la glucosa, hipertensión, dislipemia y obesidad central⁴.

Las técnicas de análisis factorial exploratorio sirven para analizar la interrelación entre un conjunto de variables determinadas en un grupo de individuos, y establecer un grupo reducido de variables latentes que conocemos como factores⁵. Numerosos estudios han examinado la relación entre los diferentes factores o rasgos fenotípicos que componen el síndrome metabólico utilizando técnicas de análisis factorial, principalmente análisis de componentes principales. La mayoría de los análisis incluían varias medidas de adiposidad, presión arterial y concentraciones plasmáticas en ayunas de triglicéridos, colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (cHDL), glucosa e insulina⁶⁻⁸. Hasta el momento, sin embargo, no hay acuerdo sobre el número de factores que subyacen al concepto (constructo) de síndrome metabólico, posiblemente debido a la naturaleza misma del análisis factorial exploratorio, ya que este está muy condicionado por el método de extracción de los factores, el tipo de rotación empleado y la carga factorial mínima elegida para adscribir una variable a un factor.

La técnica de análisis factorial confirmatorio (AFC) es un método estadístico multivariable para discernir si son uno o varios los factores causales latentes que subyacen a un concepto clínico⁹, en nuestro caso el síndrome metabólico. Tres estudios avalan que un modelo de cuatro factores en europeos, afroamericanos e hispanos explica la relación entre las variables del *cluster* cardiometabólico¹⁰⁻¹². Pladevall et al¹³ identifican un modelo de un único factor en el síndrome metabólico que incluye perímetro de cintura, razón triglicéridos/cHDL, índice HOMA-IR (*homeostatic model assessment of insulin resistance*) y presión arterial media (PAM).

Se ha señalado que la razón perímetro de cintura/estatura es el parámetro de adiposidad que mejor se asocia al síndrome metabólico¹⁴ y el de mayor capacidad de discriminación para hipertensión, diabetes mellitus y dislipemia tanto en varones como en mujeres¹⁵, y aunque el modelo de Pladevall et al ha mostrado un buen ajuste, no se ha probado si ese modelo, sustituyendo el perímetro de cintura por la razón perímetro de cintura/estatura, muestra mejor ajuste.

Este trabajo tiene los siguientes objetivos: a) verificar mediante AFC que tras el concepto síndrome metabólico hay un único factor; b) comparar la bondad de ajuste de un modelo de síndrome metabólico que como medida de adiposidad incluye el perímetro de cintura con la de otro que incluye la razón perímetro de cintura/estatura; c) a partir del modelo de mejor ajuste, desarrollar un índice de riesgo cardiometabólico global, tal y como ya se ha establecido en niños españoles¹⁶, y d) estimar la relación de este índice con la capacidad aeróbica, la fuerza muscular y la actividad física.

MÉTODOS

Sujetos y diseño experimental

Se trata de un estudio observacional transversal en el que se invitó a participar a todos los estudiantes universitarios de primer curso de carrera del Campus de Cuenca de la Universidad de Castilla-La Mancha. De los 770 estudiantes invitados, 683 (88,7%) aceptaron participar.

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Virgen de la Luz de Cuenca y se solicitó a todos los sujetos la firma del consentimiento para participar en el estudio tras presentárselo de forma oral y escrita.

Variables antropométricas

A todos los sujetos, y durante el curso académico 2009-2010, además de variables sociodemográficas (edad, sexo, tipo de estudios que cursaba, etc.), se les determinó:

- Peso: media de dos determinaciones realizadas con balanza Seca-770 homologada y de fácil calibración, con el sujeto descalzo y en ropa ligera.
- Talla: media de dos determinaciones con tallímetro de pared Seca-222, con el sujeto descalzo en posición erecta y haciendo coincidir su línea media sagital con la línea media del tallímetro.
- Índice de masa corporal: calculado como peso (en kg)/cuadrado de la talla (en m).
- Perímetro de cintura: media de dos mediciones con cinta métrica flexible en la cintura (en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca).
- Presión arterial sistólica y diastólica: media de dos determinaciones obtenidas con un intervalo de 5 min entre ellas, y tras un periodo de reposo de al menos 5 min antes de la primera determinación. El sujeto estaba en sedestación, en ambiente silencioso y tranquilo. La presión arterial se obtuvo por procedimiento automatizado mediante el monitor OMRON M5-I.

Las determinaciones antropométricas y las de presión arterial fueron realizadas por enfermeras tras unas sesiones de entrenamiento previo.

Variables lipídicas y metabólicas

Las extracciones de sangre se realizaron por punción de la vena cubital en condiciones estandarizadas¹⁷ entre las 8.15 y las 9.00,

tras al menos 12 h de ayuno. Las muestras se procesaron en un sistema COBAS C711 de Roche Diagnostics, y se determinaron los siguientes parámetros bioquímicos: colesterol total (método enzimático CHOD-PAP), triglicéridos (método enzimático GPO-PAP), glucosa (método hexocinasa) y cHDL plus directo (método de segunda generación sin desproteinización). La concentración sanguínea de insulina se determinó mediante inmunoanálisis quimioluminiscente de micropartículas en un paso y procesamiento en una plataforma compuesta por dos sistemas ARCHITECT i2000SR de Abbott Laboratories. La sensibilidad a la insulina se determinó mediante el índice HOMA-IR¹⁸ mediante la fórmula: glucemia basal (mmol/l) × insulinemia basal (mU/ml)/22,5.

Variables de actividad física y de condición física

Dado que se ha descrito asociación entre la actividad física, la fuerza muscular y la capacidad aeróbica de forma independiente de la incidencia de síndrome metabólico^{19,20}, con el fin de examinar la relación entre el índice de riesgo cardiometabólico y estas variables, se determinaron:

Capacidad aeróbica

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx}) se determinó mediante test de esfuerzo submáximo en cicloergómetro (Ergoline Variobike 550; Ergometrix, Barcelona, España) según protocolo establecido por el dispositivo FitMate²¹. El O₂ se midió directamente mediante analizador de gases FitMate Pro (COSMED; Roma, Italia).

Fuerza muscular

Se evaluó mediante dos tests: el test de salto horizontal sin impulso y con pies separados a la altura de los hombros, y el test de dinamometría manual mediante dinamómetro digital Takei TKK 5101 (intervalo, 5-100 kg; precisión, 0,1 kg). Estos tests están validados y estandarizados y forman parte de la batería EUROFIT²². Se calculó un índice sintético de fuerza muscular compuesto por la suma de las puntuaciones z estandarizadas de la razón entre el test de dinamometría/ peso y del test de salto horizontal.

Actividad física

Una submuestra de 273 sujetos llevó en la cadera derecha durante 7 días consecutivos un acelerómetro MTI/CSA 7164 (Actigraph; Shalimar, Florida, Estados Unidos) programado para registrar movimiento minuto a minuto. La intensidad de la actividad física semanal se evaluó como el promedio de cuentas/min durante el tiempo de actividad.

Análisis estadístico

Se testaron dos modelos de agrupación de variables de síndrome metabólico en un factor: el propuesto por Pladevall et al¹³, que incluye perímetro de cintura, razón triglicéridos/cHDL, índice HOMA-IR y PAM (presión arterial diastólica + 1/3 [presión arterial sistólica - presión arterial diastólica]) y otro modelo sustituyendo la variable perímetro de cintura por la razón perímetro de cintura/estatura.

El índice HOMA-IR y la razón triglicéridos/cHDL fueron transformados logarítmicamente para ajustarlos a la distribución normal, y todas las variables del modelo fueron estandarizadas

(media = 0 y desviación estándar = 1) por edad y sexo. Los pesos factoriales (λ) de cada una de las variables medidas indican la fuerza de la asociación entre las variables y el concepto síndrome metabólico. Se utilizó un punto de corte de $\pm 0,3$ como el nivel mínimo de significación práctica de un coeficiente λ .

Las estimaciones de los parámetros se obtuvieron mediante métodos de máxima verosimilitud.

El ajuste de los modelos se analizó de diferentes maneras. Se utilizó prueba de la χ^2 para valorar el ajuste de los modelos hipotéticos a los datos de la muestra. Como el tamaño de la muestra era relativamente grande ($n = 683$), la bondad de ajuste se analizó utilizando los criterios de Hu et al²³, que incluyen el índice de ajuste comparativo (*comparative fit index* [CFI]) y la raíz de los residuales cuadráticos de la media (*standardized root mean square residual* [SRMR]). Un modelo se conceptualizaba como de buen ajuste si el valor del CFI era $> 0,96$ y el valor del SRMR era $< 0,08$.

Un análisis de múltiples grupos se realizó para examinar diferencias por sexo. Mediante el test de diferencias de χ^2 , se determinó si las diferencias en los pesos factoriales eran estadísticamente significativas.

Se calculó un nuevo índice de síndrome metabólico (ISM) compuesto por la suma de las puntuaciones estandarizadas de las cuatro variables que integran el modelo multiplicadas por sus pesos factoriales. Se ha desarrollado una aplicación web para el cálculo automatizado del ISM a partir de valores brutos individuales (disponible en: <http://www.cess.uclm.es/sm>). Mediante la prueba de la t de Student, se compararon las medias del ISM por sexo.

Mediante curvas ROC, se obtuvo el punto de corte óptimo del ISM teniendo en cuenta el índice de Youden²⁴ para la predicción de riesgo de síndrome metabólico en adultos universitarios. Se utilizó como criterio diagnóstico el de la *International Diabetes Federation*²⁵, en el que, además de la presencia de obesidad central (perímetro de cintura ≥ 94 cm en varones y ≥ 80 cm en mujeres), se requiere la presencia de al menos dos de los siguientes: triglicéridos ≥ 150 mg/dl, cHDL < 40 mg/dl en varones y < 50 mg/dl en mujeres, glucosa ≥ 100 mg/dl y presión arterial elevada (sistólica ≥ 130 y/o diastólica ≥ 85 mmHg).

Mediante análisis de la covarianza ajustando por edad y sexo, se testaron las diferencias en el promedio del ISM por categorías de capacidad aeróbica, actividad física (cuentas/min) e índice sintético de fuerza muscular. Estas variables se recodificaron a partir de los cuartiles en tres grupos (Q1, Q2-Q3 y Q4), y se realizó un análisis de tendencia lineal mediante contraste polinómico. El valor de p de los contrastes de hipótesis *post-hoc* se determinó mediante la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples. Como criterio de significación estadística bilateral, se utilizó $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el *software* SPSS 17.0, excepto el análisis factorial confirmatorio, que se realizó con el *software* AMOS 17.0 (SPSS Inc.)²⁶.

RESULTADOS

La muestra final incluyó a 683 estudiantes universitarios de primer curso, de edades comprendidas entre 18 y 30 (media, $20,19 \pm 4,36$) años. De ellos, 505 (73,9%) eran mujeres. La prevalencia de síndrome metabólico según criterios de la *International Diabetes Federation* fue del 2,2%.

La figura 1 muestra los dos modelos de un factor propuestos para el análisis de la estructura factorial del síndrome metabólico. Tanto el ajuste del modelo propuesto por Pladevall et al¹³ (fig. 1A) ($\chi^2 = 2,27$; $df = 2$; $p = 0,321$; CFI = 0,99; SRMR = 0,016) como el del mismo modelo sustituyendo el perímetro de cintura por el cociente entre este y la estatura (fig. 1B) ($\chi^2 = 2,76$; $df = 2$; $p = 0,251$; CFI = 0,99; SRMR = 0,018) fueron bastante buenos. Sin

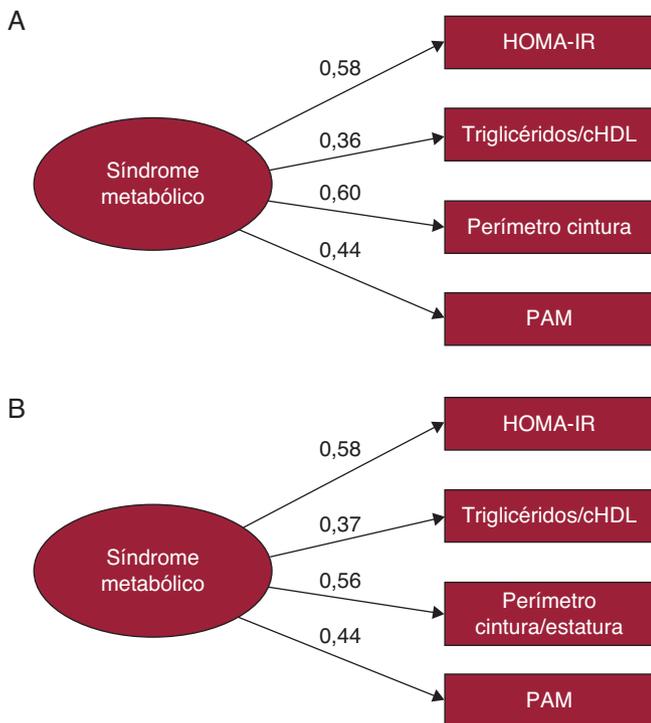


Figura 1. Pesos factoriales e índices de bondad del ajuste para los dos modelos de estructura de un factor de síndrome metabólico. A: modelo propuesto por Pladevall et al¹³. B: modelo propuesto por Pladevall con cociente perímetro de cintura/estatura. cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; HOMA-IR: *homeostatic model assessment of insulin resistance*; PAM: presión arterial media.

embargo, para el último el peso factorial para la variable perímetro de cintura/estatura ($\lambda = 0,56$) fue algo menor que para la variable perímetro de cintura del primer modelo ($\lambda = 0,6$). Por ello y porque el primer modelo era más parsimonioso, se decidió que este era más adecuado.

Posteriormente se probó la validez del modelo de un factor que incluye perímetro de cintura, índice HOMA-IR, razón triglicéridos/cHDL y PAM examinando si existían diferencias por sexo (fig. 2), y se comprobó que la estimación de los pesos factoriales de las cuatro medidas de síndrome metabólico fueron similares en varones y mujeres (χ^2 diferencias = 3,22; $df = 3$; $p = 0,359$). El intervalo de valores del ISM se encuentra entre $-3,24$ y $4,92$; la mediana fue $-0,02$ y los valores de los percentiles 85, 90 y 95 fueron 1,32, 1,6 y 2,08 respectivamente. Por sexo, no se encontraron diferencias significativas en la media del ISM entre varones (media, $-0,006 \pm 1,27$) y mujeres ($0,01 \pm 1,25$) ($p = 0,895$).

Tomando como criterio estándar de diagnóstico el de la *International Diabetes Federation*, el punto de corte del ISM que

mostraba mayor área bajo la curva ROC fue 1,48 (área = 0,95; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,91-0,99; sensibilidad, 92%; especificidad, 90%). Este mismo punto de corte es el que presentaba mayor valor del índice de Youden (índice = 0,876; IC del 95%, 0,66-0,92). La prevalencia de síndrome metabólico según el punto de corte establecido para el ISM fue de un 12%.

En la figura 3 se muestran las diferencias en la media del ISM entre los cuartiles de capacidad aeróbica e índice de fuerza muscular, por sexo y ajustando por edad. La media del ISM fue menor a medida que aumentaba la capacidad aeróbica, tanto en varones ($p = 0,001$) como en mujeres ($p = 0,009$), y a medida que aumentaba el índice de fuerza muscular, también en varones ($p = 0,001$) y en mujeres ($p < 0,001$). El ISM no mostró diferencias significativas entre los cuartiles de actividad física diaria total.

DISCUSIÓN

Nuestros datos confirman mediante AFC que, en adultos jóvenes, tras el concepto síndrome metabólico hay un único factor. Además, en nuestra población, el modelo que incluye como medida de adiposidad el perímetro de cintura muestra mejores indicadores de bondad de ajuste que el que incluye la razón perímetro de cintura/estatura. Por último, hemos desarrollado un índice para cuantificar el riesgo de síndrome metabólico que presenta mejores valores promedio a medida que la capacidad aeróbica aumenta y la fuerza muscular es mejor.

Diversos estudios han utilizado AFC para evaluar modelos de síndrome metabólico en niños¹⁶, adolescentes²⁷ y adultos¹⁰⁻¹². No hay acuerdo en la literatura respecto al número de factores que componen el concepto síndrome metabólico. Pladevall et al¹³ probaron la bondad de ajuste de un modelo con un único factor que incluía solamente una variable como medida representativa de cada uno de los cuatro componentes que incluyen las diferentes definiciones del síndrome metabólico. Este modelo de un único factor, pero con diferentes variables, también se ha probado en niños¹⁶ y adolescentes²⁷, y nuestro estudio confirma que el modelo propuesto por Pladevall también muestra un ajuste satisfactorio en adultos jóvenes de Castilla-La Mancha.

Se ha descrito que la razón perímetro de cintura/estatura se asocia más intensamente a factores de riesgo cardiovascular y metabólico que otros índices antropométricos, tanto en adultos^{28,29} como en niños^{30,31}. Por lo tanto, parece lógico pensar que un modelo conceptual de síndrome metabólico que incluyera la razón perímetro de cintura/estatura como medida de adiposidad debería mostrar mejor ajuste que uno que incluyera el perímetro de cintura. Sin embargo, en nuestra población, tanto los pesos factoriales como los indicadores de bondad de ajuste del modelo son algo mejores cuando utilizamos el perímetro de cintura. Este hecho podría atribuirse a que las variables que representan cada componente de nuestro modelo están ajustadas por edad y sexo y,

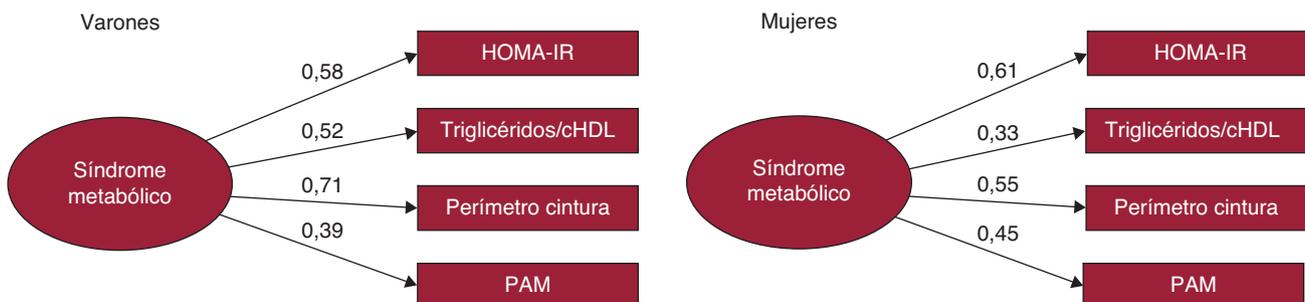


Figura 2. Pesos factoriales e índices de bondad del ajuste para los dos modelos de estructura de un factor de síndrome metabólico por sexo. cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; HOMA-IR: *homeostatic model assessment of insulin resistance*; PAM: presión arterial media.

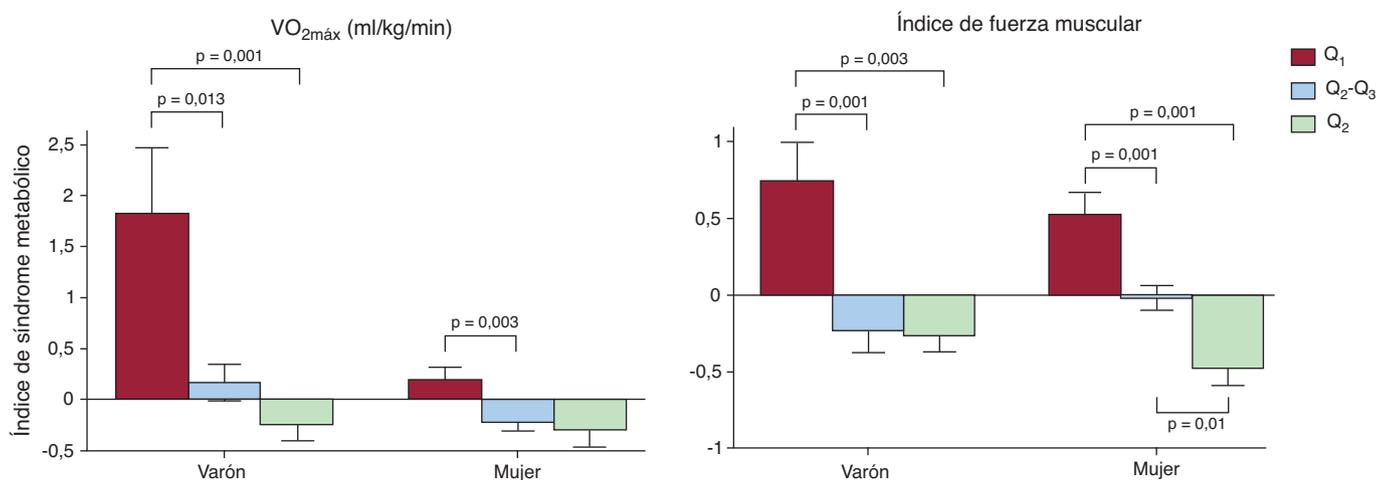


Figura 3. Diferencia en el promedio del índice de síndrome metabólico por categorías de capacidad aeróbica y de fuerza muscular, por sexo. Q1: primer cuartil; Q2-Q3: segundo-tercer cuartil; Q4: cuarto cuartil; VO₂máx: volumen de oxígeno máximo (capacidad aeróbica). El índice de fuerza muscular se ha calculado como la suma de las puntuaciones z estandarizadas de la razón dinamometría/peso y del test de salto horizontal. Las barras de error representan el error típico de la media.

por lo tanto, podrían estar ajustadas por estatura indirectamente, dada la estrecha relación que esta variable muestra con las anteriores.

Establecer dos categorías diagnósticas de síndrome metabólico es muy útil en la práctica clínica; sin embargo, dada la relativamente baja prevalencia en adultos jóvenes, es difícil encontrar potencia suficiente para establecer asociaciones entre este síndrome y diversos factores ligados al estilo de vida. Por eso numerosos estudios que tenían por objetivo relacionar el riesgo cardiometabólico con diferentes factores ligados al estilo de vida han utilizado índices sumatorios a partir de variables representativas de cada uno de los componentes del síndrome metabólico³²⁻³⁵. Incluso la Asociación Europea para el Estudio de la Diabetes y la Asociación Americana de Diabetes han recomendado desarrollar estudios que justifiquen el uso de una escala basada en variables continuas para medir el riesgo de síndrome metabólico³⁶, de manera similar a como la escala de Framingham³⁷ cuantifica el riesgo de eventos cardiovasculares.

Recientemente, un grupo de expertos de la Organización Mundial de la Salud señalaba como una limitación en la utilidad clínica del diagnóstico de síndrome metabólico su carácter dicotómico³⁸. La aportación clínica del ISM quizá deba interpretarse, por la novedad que supone para el futuro cuantificar la medición de un síndrome definido por variables cuantitativas, en un índice que considera esas variables en su esencia. Y eso supone una ventaja en la práctica, de tal manera que un individuo que no presenta ninguno de los factores de riesgo que constituyen el síndrome por no llegar a los puntos de corte establecidos, puede que alcance un ISM de valores superiores a su punto de corte; por la misma razón, intervenciones multifactoriales (cambios en el estilo de vida, polipíldora), que no resultan eficaces contra un síndrome metabólico definido dicotómicamente, podrán serlo frente a un síndrome metabólico definido con una escala cuantitativa.

Tanto la capacidad aeróbica como la fuerza muscular se han asociado de forma inversa con el riesgo cardiometabólico^{32-34,39}. Sin embargo, los estudios acerca de la relación entre actividad física y riesgo cardiometabólico muestran resultados contradictorios^{33,35}. El ISM que desarrollamos a partir de los datos del análisis factorial muestra mejores valores a medida que mejoran la capacidad aeróbica o la fuerza muscular. La ausencia de asociación de la actividad física con el ISM podría alinearse con estudios de resultados similares^{33,35} o también podría deberse a que el riesgo cardiometabólico sólo se modifique con determinados niveles de intensidad de actividad física⁴⁰.

Nuestros resultados deben ser interpretados con cautela, ya que proceden de un estudio transversal y, por lo tanto, no establecen una relación temporal entre los componentes del síndrome metabólico. Otra posible limitación es que el ISM se ha calculado a partir de una muestra específica de sujetos universitarios de menos de 30 años y, a menos que las características sociodemográficas y el perfil de riesgo cardiovascular sean similares a los de nuestra población de estudio, no se puede comparar con los otros índices cardiometabólicos utilizados hasta el momento.

Quizá la mayor fortaleza del ISM que proponemos sea que frente a otros índices^{33,35,41}, el nuestro pondera por los pesos factoriales asociados a cada una de las variables que componen el modelo en el AFC. Además, el desarrollo de una aplicación informática para el cálculo del riesgo metabólico en adultos jóvenes puede ayudar a su difusión en la práctica clínica.

CONCLUSIONES

Nuestro estudio corrobora que un solo factor subyace al concepto síndrome metabólico y que incorporar el perímetro de cintura/estatura no mejora la bondad del ajuste del modelo y lo hace menos parsimonioso. Además aporta un nuevo índice para la cuantificación del riesgo cardiometabólico y un desarrollo *web* para su cálculo.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que han participado en el Estudio de Cuenca Adultos.

FINANCIACIÓN

Este estudio ha sido financiado por la Fundación para la Investigación Sanitaria en Castilla-La Mancha (FISCAM) (Ref.-AN/2008/31) y el Ministerio de Sanidad y Consumo, Instituto de Salud Carlos III, Red de Investigación en Actividades Preventivas y de Promoción de Salud (Ref.- RD06/0018/0038).

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

ANEXO 1

Investigadores participantes en el Estudio de Cuenca Adultos
Investigador principal: V. Martínez Vizcaíno. Universidad Castilla-La Mancha.

Cuenca: M. Solera Martínez, M. Sánchez López, B. Notario Pacheco, P. Moya Martínez, N. Arias Palencia, R.M. Fuentes Chacón, M.V. Ungría Cañete, R. Olmo Gascón. Universidad de Castilla-La Mancha
 P. Franquelo Morales, P. Franquelo Gutiérrez, S. López Martínez. Hospital Virgen de la Luz. SESCAM.

Salamanca: L. García Ortíz, M.A. Gómez Marcos. Centros de Salud La Alamedilla y Garrido Sur.

Madrid: F. Rodríguez Artalejo. Universidad Autónoma de Madrid.

Bilbao: Gonzalo Grandes. Unidad de Investigación de Atención Primaria. Osakidetza.

Estocolmo: J.R. Ruiz, F.B. Ortega. Instituto Karolinska.

BIBLIOGRAFÍA

- Rutter MK, Meigs JB, Sullivan LM, D'Agostino RB Sr, Wilson PW. Insulin resistance, the metabolic syndrome, and incident cardiovascular events in The Framingham Offspring Study. *Diabetes*. 2005;54:3252-7.
- Wilson PW, D'Agostino RB, Parise H, Sullivan L, Meigs JB. Metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus. *Circulation*. 2005;112:666-73.
- Eberly LE, Prineas R, Cohen JD, Vazquez G, Zhi X, Neaton JD, et al. Metabolic syndrome: risk factors distribution and 18-year mortality in The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Diabetes Care*. 2006;29:123-30.
- Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman Jr, 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.
- Kline RB. Principles and practice of structural equation modelling. 2.^a ed., New York: Guilford Press; 2005.
- Goodman E, Dolan LM, Morrison JA, Daniels SR. Factor analysis of clustered cardiovascular risk in adolescence. *Circulation*. 2005;111:1970-7.
- Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med*. 2004;350:2362-74.
- Retnakaran R, Zinman B, Connelly PW, Harris SB, Hanley AJ. Nontraditional cardiovascular risk factors in pediatric metabolic syndrome. *J Pediatr*. 2006;148:176-82.
- Langer DA, Wood JJ, Bergman RL, Piacentini JC. A multitrait-multimethod analysis of the construct validity of child anxiety disorders in a clinical sample. *Child Psychiatry Hum Dev*. 2010;41:549-61.
- Shen BJ, Goldberg RB, Llabre MM, Schneiderman N. Is the factor structure of the metabolic syndrome comparable between men and women and across three ethnic groups: the Miami Community Health Study. *Ann Epidemiol*. 2006;16:131-7.
- Novak S, Stapleton LM, Litaker JR, Lawson KA. A confirmatory factor analysis evaluation of the coronary heart disease risk factors of metabolic syndrome with emphasis on the insulin resistance factor. *Diabetes Obes Metab*. 2003;5:388-96.
- Shah S, Novak S, Stapleton LM. Evaluation and comparison of models of metabolic syndrome using confirmatory factor analysis. *Eur J Epidemiol*. 2006;21:343-9.
- Pladevall M, Singal B, Williams LK, Brotons C, Guyer H, Sadurni J, et al. A single factor underlies the metabolic syndrome: a confirmatory factor analysis. *Diabetes Care*. 2006;29:113-22.
- Soto González A, Bellido D, Buño MM, Pértiga S, De Luis D, Martínez-Olmos M, et al. Predictors of the metabolic syndrome and correlation with computed axial tomography. *Nutrition*. 2007;23:36-45.
- Lee CM, Huxley RR, Wildman RP, Woodward M. Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *J Clin Epidemiol*. 2008;61:646-53.
- Martínez-Vizcaíno V, Martínez MS, Aguilar FS, Martínez SS, Gutiérrez RF, López MS, et al. Validity of a single-factor model underlying the metabolic syndrome in children: a confirmatory factor analysis. *Diabetes Care*. 2010;33:1370-2.
- Comisión de lípidos y lipoproteínas de la Sociedad Española de Química Clínica. Protocolo para la obtención de especímenes en las determinaciones de lípidos y lipoproteínas. *Quim Clin*. 1989;8:349-51.
- Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412-9.
- Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1849-55.
- LaMonte MJ, Barlow CE, Jurca R, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation*. 2005;112:505-12.
- Lee Jungmin, Bassett David R, Thompson Dixie L, Fitzhugh Eugene C. Validation of the Cosmed FitMate for predicting maximal oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:260.
- Committee of Experts on Sports Research EUROFIT. Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. Strassberg: Council of Europe; 1993.
- Hu L, Bentler PM. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modelling, A Multidisciplinary Journal*. 1999;6:1-55.
- Youden WJ. Index for rating diagnostic test. *Cancer*. 1950;3:32-5.
- Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366:1059-62.
- Byrne BM. Structural Equation Modeling with AMOS: basic concepts, applications and programming, 2.^a ed., New York: Taylor and Francis Group; 2010.
- Li C, Ford ES. Is there a single underlying factor for the metabolic syndrome in adolescents? A confirmatory factor analysis. *Diabetes Care*. 2007;30:1556-61.
- Hsieh SD, Yoshinaga H, Muto T. Waist-to-height ratio, a simple and practical index for assessing central fat distribution and metabolic risk in Japanese men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27:610-6.
- Ho SY, Lam TH, Janus ED. Waist to stature ratio is more strongly associated with cardiovascular risk factors than other simple anthropometrics indices. *Ann Epidemiol*. 2003;13:683-91.
- Savva SC, Tornaritis M, Savva ME, Kourides Y, Panagi A, Silikiotou N, et al. Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24:1453-8.
- McCarthy HD, Ashwell M. A study of central fatness using waist-to-height ratio in UK children and adolescents over two decades supports the simple message: "Keep your waist circumference to less than half your height". *Int J Obes (London)*. 2006;30:988-92.
- Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Kolle E, Andersen LB. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:1361-7.
- García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:581-8.
- Wijnndaele K, Duvigneaud N, Matton L, Duquet W, Thomis M, Beunen G, et al. Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic syndrome risk in Flemish adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:233-40.
- Martínez-Gómez D, Eisenmann JC, Moya JM, Gómez-Martínez S, Marcos A, Veiga OL. The role of physical activity and fitness on the metabolic syndrome in adolescents: effect of different scores. The AFINOS Study. *J Physiol Biochem*. 2009;65:277-89.
- Kahn R, Buse J, Ferrannini E, Stern M. The metabolic syndrome: time for a critical appraisal: joint statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:2289-304.
- Kannel WB, McGee D, Gordon T. A general cardiovascular risk profile: The Framingham Study. *Am J Cardiol*. 1976;38:46-51.
- Simmons RK, Alberti KG, Gale EA, Colagiuri S, Tuomilehto J, Qiao Q, et al. The metabolic syndrome: useful concept or clinical tool? Report of a WHO Expert Consultation. *Diabetologia*. 2010;53:600-5.
- Ekelund U, Anderssen SA, Froberg K, Sardinha LB, Andersen LB, Brage S. Independent associations of physical activity and cardiorespiratory fitness with metabolic risk factors in children: the European youth heart study. *Diabetologia*. 2007;50:1832-40.
- Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, Niskanen LK, Rauramaa R, Lakka TA. Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care*. 2002;25:1612-8.
- Eisenmann JC, Laurson KR, DuBose KD, Smith BK, Donnelly JE. Construct validity of a continuous metabolic syndrome score in children. *Diabetol Metab Syndr*. 2010;28:2-8.