

TÍTULO:

ÍNDICE DE ADIPOSIDAD CORPORAL COMO PREDICTOR DE OBESIDAD Y DE
SÍNDROME METABOLICO EN ADULTOS DE BOGOTÁ, COLOMBIA

TITULO CORTO:

Adiposidad y síndrome metabólico en adultos de Colombia

FT. Katherine González-Ruíz
Estudiante de Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Dr. Robinson Ramírez-Vélez FT, PhD
Director de Tesis
Investigador *Senior* Colciencias
Director de Grupo de Investigación GICAEDS
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación
Universidad Santo Tomas
Bogotá D.C, Colombia

Profesor Catedrático
Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)
Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

RESUMEN

Objetivo: Recientemente, Bergman et al. desarrollaron el índice de adiposidad corporal (IAC), como un marcador de obesidad por exceso de grasa corporal en la práctica clínica. En este estudio se evaluó la validez del IAC como marcador de obesidad por exceso de adiposidad, además de examinar la capacidad predictiva del IAC con componentes e índices metabólicos asociados al SM en adultos de Bogotá, Colombia.

Métodos: Estudio transversal en 690 hombres del sector administrativo y educativo de Bogotá, Colombia. El IAC se estimó con la ecuación de Bergman et al. $[(\text{circunferencia de cadera, en cm})/((\text{estatura, en m})^{1.5}) - 18]$. El %GC se determinó a través de bioimpedancia eléctrica tetrapolar (BIA) como la medida de referencia de la adiposidad. Los componentes del SM evaluados fueron circunferencia de cintura ≥ 90 cm; glucemia en ayunas ≥ 100 mg/dl; presión arterial $\geq 135/85$ mmHg; trigliceridemia ≥ 150 mg/dl, y c-HDL < 40 mg/dl. Se calcularon cocientes aterogénicos: colesterol/c-HDL, c-LDL/c-HDL, triglicéridos/c-HDL, índice lipídico-metabólico (ILM), score de SM y se obtuvieron marcadores antropométricos (índice de masa corporal [IMC] y relación cintura-estatura [RCE]). Se utilizó el análisis de Bland-Altman para evaluar el grado acuerdo entre ambos métodos (IAC y BIA). Un análisis de regresión logística se usó para examinar la predicción entre el IAC y los componentes asociados al SM.

Resultados: La prevalencia de obesidad por exceso de adiposidad (IAC $>26\%$) fue del 50,1% y de SM 19,1%. Respecto al grado de acuerdo el IAC sobreestimó el %GC (diferencia de medias: 12,5% [IC95%= -4,04% a -21.02%]), en especial en sujetos con niveles bajos de adiposidad (diferencia de medias: 10,2 \pm 3,3). La regresión logística, muestra que los participantes que presentaron valores del IAC por encima de 26%, muestran OR 3,51 veces (IC 95% 2,43-5,07) una RCE mayor a 0,50; OR 3,5 veces (IC 95% 2,49-4,93) la oportunidad de presentar obesidad y sobrepeso por IMC y OR 1,93 veces (IC 95% 1,42-2,62) obesidad abdominal. Respecto a los biomarcadores metabólicos, el IAC fue capaz de predecir en OR 1,78 (IC 95% 1,25-2,55); OR 1,46 (IC 95% 1,01-2,14); OR 1,97 (IC 95% 1,29-3,02); OR 2,04 (IC 95% 1,23-3,39), y OR 1,47 (IC 95% 1,03-2,11), la elevación en el c-LDL, el índice lipídico-metabólico, el score de SM y en la relación CT/c-HDL, y triglicéridos/c-HDL, respectivamente, (p $<0,05$).

Conclusión: Los resultados de esta investigación indican que el IAC sobrestima el %GC en la población estudiada. Los participantes con mayor valor de IAC presentan asociación positiva en varios de los componentes e índices metabólicos relacionados al SM. Este método puede ser una herramienta útil para predecir %GC en adultos, a pesar de las limitaciones descritas en este estudio.

Palabras clave: Obesidad, Adiposidad, Síndrome metabólico, Hombres, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico (SM) consiste en la agregación de varios factores de riesgo cardiometabólico (FRCM), entre los que habitualmente se considera la obesidad abdominal, la dislipemia aterogénica, la elevación de la presión arterial y la glucemia^{1,2}. Los individuos con SM tienen mayor riesgo de incrementar los depósitos de grasa corporal y por tanto mayor riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y enfermedad cardiovascular (ECV) y el conjunto de signos y síntomas que conforman el denominado SM son altamente frecuentes en América Latina y ocurren frecuentemente como condiciones asociadas³.

Actualmente, el comité internacional para el estudio del riesgo cardiovascular propuso en 2009 una definición armonizada de SM que facilita las comparaciones entre estudios⁴. Hasta ahora solo dos trabajos en Colombia han proporcionado estimaciones de la prevalencia de SM con esta nueva definición. En la investigación de Ruiz et al.⁵ se reportó una frecuencia de SM del 9%, mientras que el estudio de Fonseca-Camacho et al.⁶ la prevalencia fue del 23%. No obstante, en ambas investigaciones no fue explorada la relación entre los componentes del SM con alteraciones metabólicas, u otros indicadores antropométricos que estiman la obesidad por exceso de adiposidad.

Sobre este último, existe un acuerdo internacional para evaluar el incremento de la adiposidad a través de la estimación indirecta del tejido adiposo como marcador de exceso de grasa corporal⁴. Así pues, Bergman et al.⁷ han propuesto un sencillo marcador de la composición corporal denominado índice de adiposidad corporal (IAC), para contrarrestar la limitación de otros indicadores como el índice de masa corporal (IMC) o la circunferencia de cintura (CC) en sujetos americanos y afrodescendientes

mexicanos. Este índice ha mostrado una fuerte correlación ($r = 0,85$; $P < 0,001$) con el porcentaje de grasa corporal (%GC), estimado por Absorciometría de Rayos X de Doble Energía (DXA), que el IMC, en ambos sexos⁸. Sin embargo, el uso clínico del IAC ha sido criticado en varios estudios de validación, debido a que la correlación entre IAC y el %GC, no fue controlado por el sexo⁸, o los niveles de grasa corporal^{9,10}. Además, otras diferencias como los niveles de actividad física¹¹, la longitud relativa de los miembros inferiores¹², o la estatura corporal¹³ podrían afectar la estimación indirecta del %GC¹⁴.

El IAC ha sido validado en Suramericanos^{15,16,17,18}, aplicado en población Norteamericana con obesidad severa¹⁹, con FRCM²⁰, en mujeres caucásicas postmenopáusicas²¹ y población del Sur de Asia²². Hasta ahora, pocos estudios han evaluado la aplicabilidad del IAC en los componentes asociados al SM^{21,22}, a pesar del interés de tener más parámetros que permitan evaluar la adiposidad/obesidad como desenlace clínico relacionados al SM. Este estudio evaluó la validez del IAC como marcador de obesidad por exceso de adiposidad, además examinó la capacidad predictiva del IAC con criterios e índices metabólicos asociados al SM en adultos de Bogotá, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y población

Durante el primer semestre del 2014, se planteó un estudio descriptivo y transversal, en 690 hombres universitarios del área metropolitana de la ciudad Bogotá, D.C, Colombia. Mediante la ecuación $n = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 p_0 (1-p_0) / \delta^2$; $n = 33.3 (0.20) / 0.05$; se calculó un tamaño de muestra de 400 participantes, para obtener una prevalencia de obesidad por

exceso de grasa del 15% con un punto mayor a 27,5 %, según el reporte de García et al.¹⁸ La selección de la muestra se realizó mediante convocatoria voluntaria. Se excluyeron participantes con diagnóstico médico o clínico de enfermedad sistémica mayor como DM2, hipertensión arterial, hipo/hipertiroidismo, antecedentes de historia de abuso de drogas o alcohol, IMC ≥ 35 kg/m² y padecimiento de procesos inflamatorios o infecciosos.

Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante y el Comité de Ética en Humanos, el centro académico aprobó la intervención siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la normativa legal vigente colombiana que regula la investigación en humanos (Resolución 008430 del Ministerio de Salud de Colombia, acta de aprobación N° 01-1802-2013). Los participantes que aceptaron y firmaron el consentimiento informado se citaron para los siguientes procedimientos:

Evaluación antropométrica

Los participantes aportaron información acerca de su historia clínica, indicando antecedentes personales y familiares de enfermedad cardiovascular precoz y valoración antropométrica que comprendió: altura, peso, CC y perímetro de cadera (PC); mediante las técnicas estandarizadas de López et al.²³ en población Colombiana. La altura se registró en estiramiento con Estadímetro Portátil (SECA 206®; Hamburgo Alemania) (rango 0 – 220 cm) de 1 mm de precisión. El peso se midió con balanza de piso *Tanita* (modelo TBF-410GS™, Arlington Heights, IL 60005, USA) con capacidad máxima de 200 kg y mínima de 100 g. Con estas variables se calculó el IMC en kg/m²,

adoptándose los límites de corte recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1998²⁴. Posteriormente, con cinta métrica plástica con una precisión de 1 mm (*Holtain Ltd., Crymych Dyfed, RU*) se midió la CC y PC tomando los referentes anatómicos descritos por OMS²⁵. La Relación Cintura-Estatura (RCE) fue determinada por la división de la CC (cm) por la estatura (cm) y se tomó como punto de corte un resultado $\geq 0,50$ ²⁵.

Indicadores de adiposidad y composición corporal

El IAC se estimó con la ecuación propuesta por Bergman et al.⁷ $IAC = [(PC, \text{ en cm}) / ((\text{altura, en m})^{1,5} - 18)]$. El punto de corte tomado como exceso de grasa por adiposidad corporal fue 26%¹⁶. La composición corporal se estimó por bioimpedancia eléctrica (BIA) de 8 segmentos marca SECA mBCA 515[®] (HANS E. RÜTH S.A, Hamburgo Alemania) de acuerdo con las indicaciones y ecuaciones señaladas en el manual del usuario. La frecuencia de inducción se valoró a una intensidad de 50 kHz, con una sensibilidad de estimación de la masa de grasa de 0,1 kg (0,1%). Con este analizador se obtuvo la Grasa corporal (%), el IMC (Kg/m²), la Masa proteica (Kg), la Masa libre de grasa (Kg), el Agua intracelular y extracelular total (L), el Grado de hidratación (%), el Vector de reactancia (Xc) y resistencia (R), el Ángulo de Fase (Φ), la Tasa metabólica basal (Kcal/d) y el Consumo energético total (Kcal/d). Esta medición se realizó luego de 10-12 h de ayuno, con la vejiga vacía y sobre una superficie no conductora.

Biomarcadores en sangre

Las mediciones bioquímicas se realizaron tomando una muestra capilar (40µL) según las recomendaciones técnicas del fabricante para las concentraciones de glucosa en ayunas (GA), triglicéridos (TG), colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (c-HDL) y colesterol total (CT) por técnicas enzimáticas con equipo portátil Cardiocheck®. El colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (c-LDL) se calculó por la fórmula de *Friedewald*²⁶ cuando los valores de triglicéridos eran ≤ 400 mg/dL. Las extracciones de sangre se realizaron entre las 07:00 y las 09:00, tras 10-12 h de ayuno (Promedio \pm 11,2 h).

Medición de presión arterial

La presión arterial se determinó con esfigmomanómetro digital *Welch Allyn*® modelo OSZ 5 (*Illinois, EE.UU*®) en el brazo derecho en dos ocasiones, con un intervalo de cinco minutos entre sí, con los participantes en posición sedente y después de diez minutos de reposo. La tensión arterial media (TAM), se calculó mediante la fórmula: $(2 \cdot \text{Tensión arterial sistólica [TAS]} + \text{Tensión arterial diastólica [TAD]})/3$.

Componentes de SM

Se tomaron los criterios descritos por la Federación Internacional de Diabetes (por sus siglas en inglés, IDF)⁴: obesidad abdominal (CC ≥ 90 cm), TAS ≥ 135 mm Hg, TAD ≥ 85 mm Hg, CT ≥ 200 mg/dL, TG ≥ 150 mg/dL y c-HDL ≤ 40 mg/dL.

Índices aterogénicos

Con los valores de TG, c-LDL, c-HDL y GA se estableció el índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular como se sugiere en el trabajo de García-Artero et al.²⁷ Cada una

de estas variables sanguíneas fue tipificada como, $Z = ([\text{valor} - \text{media}] / \text{desviación estándar})$. La variable tipificada del c-HDL fue multiplicada por $[-1]$ debido a que su relación con el riesgo cardiovascular es contraria al resto de las variables. El índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular se calculó como la suma de las 4 variables tipificadas, de modo que los valores inferiores a este parámetro suponen un perfil lipídico-metabólico más cardiosaludable. Por la definición, su media es cero. Adicionalmente, se tomaron los componentes de SM en adultos y se calculó la puntuación de riesgo para SM de manera continua (score de SM), con la suma de los residuos tipificados (score-z) de las variables CC, colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y TAS. La razón de probabilidad de riesgo para SM, se obtuvo de los sujetos con valores $\geq 1 \pm \text{DE}$ para la edad media como lo reporta el trabajo de Artero et al.²⁸ Por último, se calculó el índice de Castelli (CT/c-HDL)²⁹, índice pro-aterogénico (c-LDL/c-HDL), y el cociente de triglicéridos/c-HDL como su expresión clínica³⁰.

Plan de análisis

El procesamiento y análisis de la información se realizó con el programa *Statistical Package for Social Science*® software, versión 22 (SPSS; Chicago, IL, USA). La distribución de la muestra se analizó con el test de normalidad de *Kolmogorov-Smirnov*. Los valores continuos se expresaron como media y desviación estándar. Un análisis de varianza a una vía fue usado para evaluar las diferencias entre los grupos del IAC y los componentes e índices aterogénicos de SM. Para validar el IAC, se utilizó como variable discriminadora la obesidad por exceso de %GC en las categorías saludable/adeecuado (porcentaje de grasa < 25.0%) y exceso de grasa (> 25.1%) a través de la BIA y las ecuaciones específicas de fabricante SECA mBCA 515® (HANS

E. RÜTH S.A, Hamburgo Alemania). La sensibilidad del IAC fue la probabilidad de que éstos clasifiquen a los sujetos con exceso de grasas cuando tienen verdadero exceso de peso por BIA. La especificidad es la probabilidad de que clasifiquen a los sujetos sin exceso de grasa cuando verdaderamente no tienen exceso de adiposidad según el IAC (verdaderos negativos). Con el análisis *Curva receiver operating* (ROC), se estimó los verdaderos positivos (sensibilidad) que se representaron gráficamente contra los falsos positivos (1-especificidad)³¹. Un índice que refleja la precisión total del test es la información que da el área bajo la curva (ABC). Posteriormente, se aplicó el método de Bland-Altman³², para evaluar el grado de acuerdo entre el IAC y la BIA. La capacidad predictiva se testeó mediante un análisis de regresión lineal calculando *odds ratio* (OR) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) ajustados por edad y peso, mediante métodos de selección por pasos de inclusión secuencial (*forward selection*) y de paso a paso (*step by step*). El procedimiento de incorporación de variables fue dado por finalizado cuando la significación de "p" aportada por una variable a su entrada en la regresión excedió 0,05 entre IAC y los componentes e índices aterogénicos asociados al SM. El nivel de significancia estadística se fijó a un valor $p < 0,05$.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

Constituyeron la muestra final 690 hombres con edad media de $27,9 \pm 10,5$ años, peso $68,4 \pm 13,6$ kg, estatura $1,69 \pm 0,08$ m, circunferencia de cintura $81,0 \pm 11,9$ cm, circunferencia de cadera $97,0 \pm 8,7$ cm e IMC de $23,9 \pm 3,8$ Kg/m². Un 32,9 % de la población presentó sobrepeso/obesidad (IMC ≥ 25 Kg/m²). El promedio del IAC fue de

22,3 ± 4,1 %, la RCE 0,48 ± 0,06, la masa grasa 13,7 ± 6,3 kg y la grasa corporal de 21,2 ± 8,5 %. Los biomarcadores metabólicos presentaron valores promedio de 165,9 ± 44,2 mg/dL para el colesterol total, 114,9 ± 80,7 mg/dL en triglicéridos, 47,5 ± 13,4 mg/dL en el colesterol c-HDL, 85,5 ± 26,6 mg/dL del colesterol c-LDL, 92,5 ± 34,4 mg/dL para glucosa en ayunas, 0,16 ± 1,33 en el índice lipídico-metabólico, y -1,07 ± 0,37 en el score de SM. El promedio de TAS fue 115,5 ± 13,3 mm Hg, TAD 71,1 ± 9,4 mm Hg y TAM 85,8 ± 9,6 mm Hg, **Tabla 1.**

<Insertar tabla 1>

Tabla 1. Características antropométricas, clínicas y bioquímicas de la población evaluada

Características	Media ± DE
<i>Antropometría</i>	
Edad (años)	27,9 ± 10,5
Peso (kg)	68,4 ± 13,6
Estatura (m)	1,69 ± 0,08
Circunferencia de cintura (cm)	81,0 ± 11,9
Circunferencia de cadera (cm)	97,0 ± 8,7
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	23,9 ± 3,8
<i>Estado nutricional</i>	
Normopeso n (%)	462 (67,1)
Sobrepeso n (%)	172 (24,8)
Obesidad n (%)	56 (8,1)
<i>Composición corporal</i>	
IAC (%)	22,3 ± 4,1
RCE	0,48 ± 0,06
Masa grasa (kg)	13,7 ± 6,3
Grasa corporal (%)	21,2 ± 8,5
Índice de masa grasa (Kg/m ²)	4,9 ± 2,3
Masa proteica (Kg)	17,7 ± 2,1
Masa libre de grasa (Kg)	24,9 ± 5,9
Agua intracelular total (L)	36,4 ± 7,4
Agua extracelular total (L)	14,6 ± 2,5
Grado de hidratación (%)	67,4 ± 6,2

Vector de reactancia (Xc)	67,1 ± 7,8
Vector de resistencia (R)	657,3 ± 101,7
Ángulo de Fase (Φ)	5,8 ± 0,7
Tasa metabólica basal (Kcal/d)	1559,5 ± 230,4
Consumo energético total (Kcal/d)	2708,3 ± 611,2
<i>Biomarcadores</i>	
Colesterol total (mg/dL)	165,9 ± 44,2
Triglicéridos (mg/dL)	114,9 ± 80,7
HDL (mg/dL)	47,5 ± 13,4
LDL (mg/dL)	92,5 ± 34,4
Glucosa (mg/dL)	80,3 ± 13,6
<i>Índices aterogénicos</i>	
Índice lipídico-metabólico	0,16 ± 1,33
Score de SM	-1,07 ± 0,37
CT/c-HDL	3,7 ± 2,0
c-LDL/c-HDL	2,1 ± 1,3
Triglicéridos/c-HDL	2,7 ± 2,9
<i>Presión arterial</i>	
TAS (mm Hg)	115,5 ± 13,3
TAD (mm Hg)	71,1 ± 9,4
TAM (mm Hg)	85,8 ± 9,6

Valores presentados en media ± desviación estándar

Curva receiver operating characteristics

El análisis de la curva ROC se muestra en la **Figura 1**. Los valores de la curva ROC y su índice ABC tuvieron un valor alto para el IAC (ABC = 0,896; IC95% 0,851-0,941). El punto de corte de 26,0 % del IAC, resultó poseer un 83 % de sensibilidad y un 76 % de especificidad, con un valor predictivo positivo (VPP) de 75 % y un valor predictivo negativo (VPN) de 84 %.

<Insertar Figura 1>

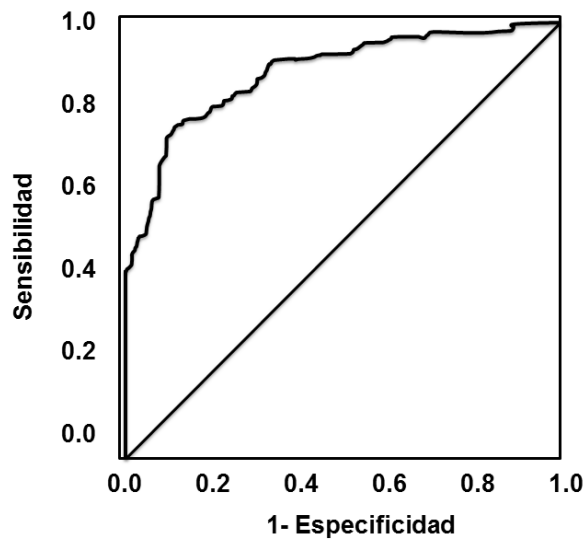


Figura 1. Curva receiver operating characteristics del porcentaje de adiposidad por el IAC y el porcentaje de grasa por BIA

Grado de acuerdo entre el porcentaje de grasa por IAC y el método BIA

El grado de acuerdo entre ambas mediciones por el método de Bland-Altman, muestra que el IAC sobrestima el %GC en 12,5 % (IC 95% -4,04 % a -21,02 %), **Figura 2.**

<Inserta Figura 2>

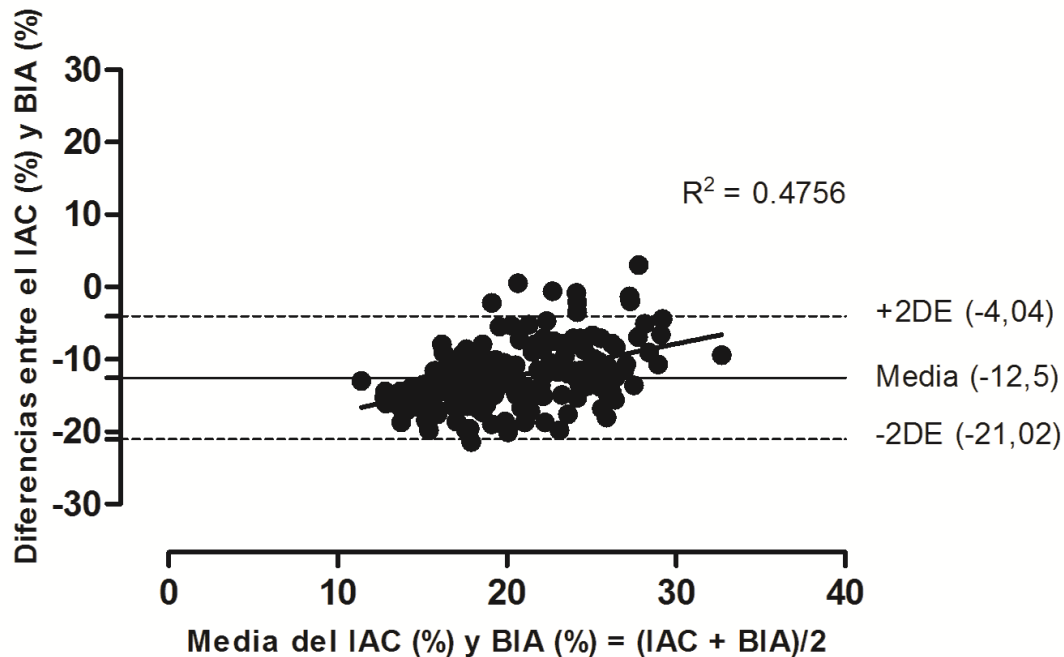


Figura 2. Grado de acuerdo entre el IAC (%GC) y BIA (%GC)

Por otro parte, al clasificar la muestra por %GC mediante la BIA, se corrobora que el IAC sobreestima en $10,2 \pm 3,3$ % los sujetos con 20% de GC ($p < 0,001$). En el grupo de 20 y 30% de GC, la diferencia fue de $2,2 \pm 3,1$ % ($p < 0,001$), mientras que en los sujetos con GC > 40%, el IAC subestima en $2,4 \pm 3,6$ (Tabla 2).

<Inserta Tabla 2>

Tabla 3. Diferencias entre el IAC y la BIA según niveles de adiposidad en adultos de Bogotá, Colombia

Porcentaje de grasa (%)	%GC BIA	%GC IAC	Valor P	Diferencia entre medidas
< 20	$13,4 \pm 3,9$	$23,6 \pm 2,4$	< 0,001	$10,2 \pm 3,3$
20-30	$24,7 \pm 2,8$	$26,9 \pm 2,8$	< 0,001	$2,2 \pm 3,1$
30-40	$33,4 \pm 3,2$	$31,1 \pm 3,3$	< 0,001	$-2,4 \pm 3,6$

Adiposidad, frecuencia y componentes de SM

El presente estudio detectó una prevalencia de SM del 19,1% según criterios del IDF. Los bajos niveles de c-HDL, la trigliceridemia y la obesidad abdominal fueron los criterios con mayor prevalencia con valores de 27,1 %, 20,6 % y 19,0 %, respectivamente, mientras que la hiperglucemia (1,9 %) y la hipertensión arterial (6,1%) obtuvieron la menor frecuencia. Al diferenciar por subgrupos de adiposidad, los sujetos con SM y con IAC > 26,1 %, presentaron menores niveles de c-HDL y mayores valores en los componentes del SM: triglicéridos séricos, colesterol total y CC, **Figura 3**.

<Inserta Figura 3>

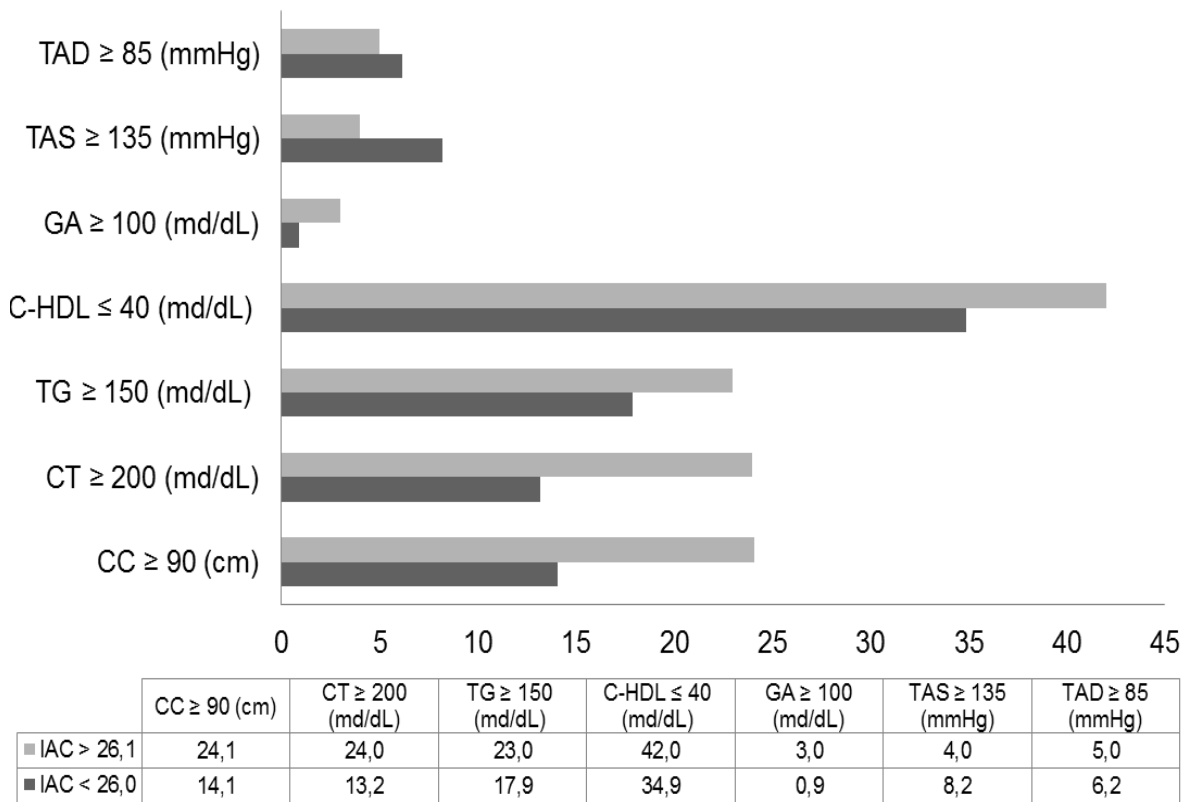


Figura 3. Porcentaje de casos y componentes del SM según subgrupo de adiposidad en adultos de Bogotá, Colombia

IAC como predictor de riesgo según componentes de SM

Los participantes que presentaron valores del IAC por encima de 26%, mostraron 1,93 veces (IC 95% 1,42-2,62) el riesgo de obesidad abdominal por CC. Respecto a los índices aterogénicos, el IAC fue capaz de predecir en 1,78 (IC 95% 1,25-2,55), 1,46 (IC 95% 1,01-2,14), 1,97 (IC 95% 1,29-3,02), 2,04 (IC 95% 1,23-3,39), y 1,47 (IC 95% 1,03-2,11), la elevación en el c-LDL, el índice lipídico-metabólico, el score de SM y en la relación CT/c-HDL, y triglicéridos/c-HDL, respectivamente, ($p < 0,05$). **Figura 4.**

<Insertar Figura 4>

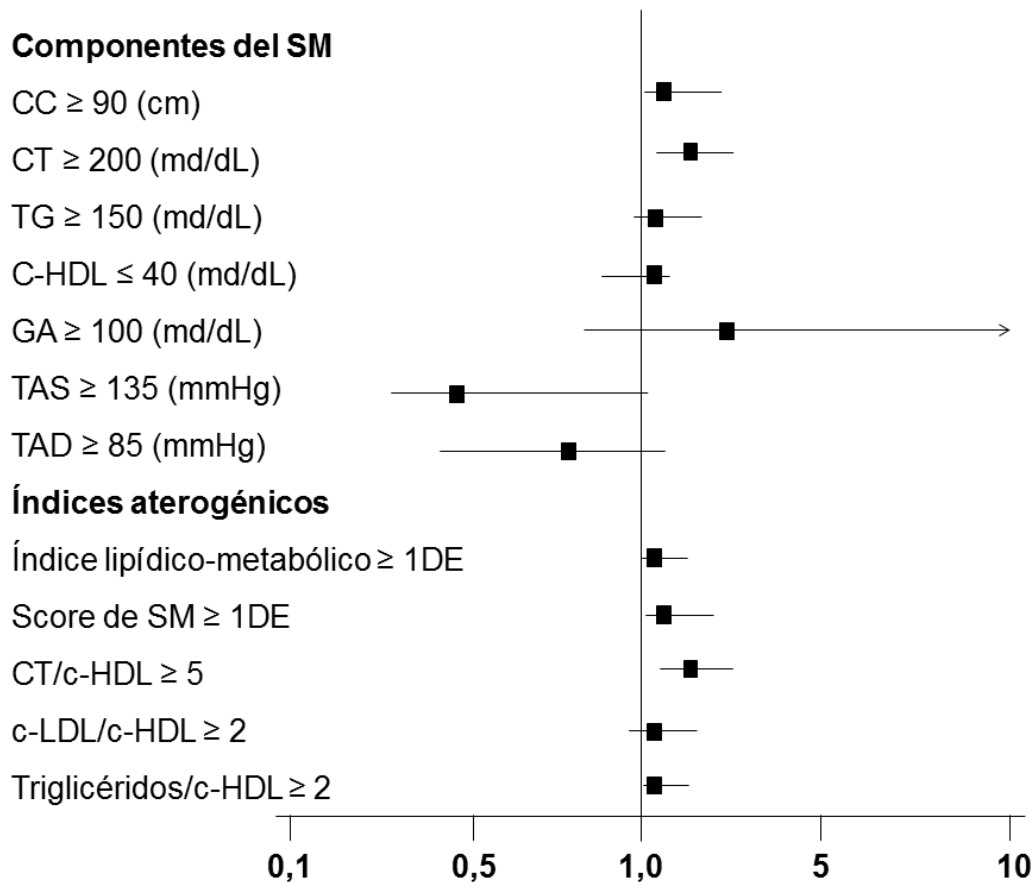


Figura 4. Capacidad predictiva del IAC en componentes e índices aterogénicos asociados al SM

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este trabajo es que los participantes con un IAC $\geq 26\%$, tienen mayor frecuencia en los componentes asociados al SM, a pesar que los análisis de concordancia muestran que el IAC sobreestima el porcentaje de grasa, en adultos Colombianos entre los 18 y 30 años. Hasta donde sabemos, este es el primer trabajo que evalúa el IAC en sujetos sin enfermedad cardiovascular conocida.

Frecuencia y relación de componentes asociados a SM por subgrupos de adiposidad

El presente estudio detecta una prevalencia de SM del 19,1% según criterios del IDF, resultado superior al encontrado en Colombia y España en el estudio de Ruiz et al.⁵ y León et al.³³ (9% y 13,4 %, respectivamente), e inferior a lo reportado por Villegas et al.³⁴ (23.6%), Fonseca-Camacho et al.⁶ (23%), y Ford et al.³⁵ (24 %) con sujetos con características similares a este estudio. Respecto a los componentes del SM, la trigliceridemia (20,6 %), la obesidad abdominal (19,0 %) y el c-HDL bajo (27,1 %) fueron los más prevalentes, hallazgo menor al descrito por Villegas et al.³³ (27,6 %) en el componente de CC y (38,8 %) en el c-HDL. Estos resultados son cercanos a la media ponderada publicada por el Consenso Latinoamericano de Hipertensión en pacientes con DM2 y SM (24,9% rango: 18.8-43.3 %), y menor a los componentes (c-HDL bajo 62,9%) y obesidad abdominal (45,8%)³.

IAC y su relación con criterios e índices aterogénicos asociados a SM

Los sujetos del subgrupo $< 26,0\%$, muestran una relación inversa en los componentes de SM (CC, colesterol total y triglicéridos) e índice lipídico-metabólico, score de SM y cociente triglicéridos/c-HDL. Esta misma observación ha sido descrita también previamente por Barreira et al.³⁶, Johnson et al.¹⁰ López et al.²³ y Zhang et al.¹⁴, en

sujetos pertenecientes a países de EE.UU, España, y China, respectivamente. Por ejemplo, López et al.²³ en población española, encontraron una correlación significativa entre el IAC con la CC ($r= 0,65$; $p<0,001$) y peso corporal ($r= 0,58$; $p<0,001$). En el trabajo de Bennasar-Veny et al.³⁷ con 1.474 hombres (edad media $39,2 \pm 10,8$ años) el IAC se correlaciona con el IMC ($r= 0,64$; $p<0,001$) y con el %GC por BIA ($r= 0,74$; $p<0,001$). En población con factores de riesgo cardio-metabólicos, Dhaliwal et al.²⁰ describen correlaciones entre el IAC y el IMC, la CC y la REC ($p<0,001$). Sin embargo, tras ajustar por edad, la CC y la RCE se asociaron significativamente como predictores de riesgo cardio-metabólico con OR 3,84 (IC95% 1,59-9,25) y OR 5,42 (IC95% 2,12-13,89), respectivamente.

Se ha identificado que las alteraciones del metabolismo lipoproteico son el principal factor y representan alrededor del 50% del riesgo atribuible poblacional para el desarrollo de la enfermedad cardiovascular, especialmente con aterosclerosis. Respecto a la dislipemia, *-componente de mayor prevalencia-* se ha determinado la influencia del metabolismo de grasas en la etiopatogenia y la expresión de diferentes procesos relacionados con aterosclerosis e inflamación. El incremento de riesgo cardiovascular podría estar sustentado en un aumento de radicales libres generados en reacciones donde participan los lípidos que podrían alterar la sensibilidad a la insulina y la reactividad vascular⁶. Una posible explicación a éste fenómeno fue reportado en trabajos que asocian una menor actividad de la enzima lipoproteín-lipasa en los músculos esqueléticos, inhibiendo el transporte de lípidos y lipoproteínas de la circulación periférica y de los tejidos para el hígado, contribuyendo así al incremento en los componentes relacionados al SM^{38,39}. En esta misma línea, Pou et al.³⁹, observaron que el aumento en la prevalencia del tejido adiposo visceral y de adiposidad se

relacionan con el incremento de obesidad por IMC y CC. Esta observación, ha sido recientemente incluida por la Asociación Americana del Corazón (en inglés *American Heart Association-AHA*)⁴⁰, quienes recomiendan la estimación de la obesidad con indicadores antropométricos como la CC o los niveles de grasa corporal para estratificar el riesgo cardiovascular en la población general, por lo que su medición en adultos jóvenes está claramente justificada.

Grado de acuerdo entre el porcentaje de grasa por IAC y el método BIA

Los hallazgos de este trabajo, muestran que el IAC sobrestima el contenido de grasa en un 12,5 % (IC 95% -4,04 % y -21,02 %), cuando se compara con el %GC por BIA (Gold estándar). De manera similar, otros autores han demostrado discrepancias en términos de concordancia entre el IAC con otras medidas consideradas también como “estándar de oro”. Al comparar el IAC con el DXA, Zhang et al.¹⁴ describen que el IAC sobreestima en 28% el %GC en adultos hipertensos mayores a 60 años. En pacientes diabéticos, Schulze et al.⁴¹ muestran que el IAC sobreestima en 3% la adiposidad, mientras que en el trabajo de Johnson et al.¹⁰ este valor alcanza el 4%. Otros trabajos también describen bajos valores de concordancia entre el IAC con el estándar de BIA tetrapolar^{10,14,30}. Por ejemplo, Kunh et al.⁴² describen que el IAC sobreestima en 4,1% la adiposidad en sujetos de 42,7±19,3 años procedentes de Brasil. A pesar del bajo grado de acuerdo entre el IAC con las clásicas herramientas para la medición de la adiposidad, nuestros hallazgos han demostrado que el IAC puede ser una herramienta útil para estimar %GC en esta población, a pesar de las limitaciones, especialmente en las personas con bajo grado de adiposidad. Al igual que en otros estudios^{8,10,14,19,28,31}, no se comprueba que el IAC sea mejor predictor de %GC como previamente ha sido

descrito con otras herramientas usadas en el ámbito clínico como son la CC o el IMC^{8,10,20}.

Adiposidad como predictor de riesgo en los componentes e índices aterogénicos relacionados al SM

Los resultados de este estudio, muestran que mayores niveles de la adiposidad incrementa el riesgo de presentar obesidad abdominal y elevación en los índices aterogénicos ($p < 0,05$) asociados al SM. Sobre este hallazgo, el trabajo de Lichtash et al.⁴³, demostró una correlación significativa entre el IAC con alteraciones del metabolismo lipídico, justificando que la medición de la adiposidad, podría representar una medida adicional en la predicción del riesgo para SM. Además el estado subyacente de resistencia a la insulina es, probablemente, el mecanismo que origina las alteraciones en el metabolismo lipídico detectado en estos sujetos, que presentan, como característica antropométrica frecuente, una distribución adiposa de predominio abdominal, aunque la patogénesis no se ha establecido definitivamente³¹.

Limitaciones y fortalezas

Algunos aspectos deben ser tenidos en cuenta como limitantes del presente estudio. Por ejemplo, el tamaño de la muestra, las características propias de la población, el diseño del trabajo y el tipo de muestreo, pueden ser consideradas fuentes potenciales de sesgos. Tampoco fueron incluidas otras variables que pueden modular el perfil de riesgo cardio-metabólico, tales como la etnia, aspectos socio-económicos, nutricionales, y niveles de actividad física. Sin embargo, no existen argumentos para creer que las relaciones descritas ocurran exclusivamente en la población de la que procede nuestra

muestra, pues se observó convergencia de los resultados con datos descritos en otros estudios nacionales e internacionales^{8,10,14,19,28,31}. En este estudio se utilizó la BIA tetrapolar como la medida de referencia de la adiposidad. Este método de campo, estima la composición corporal de manera no invasiva, con ventajas como la practicidad y el bajo costo en la medición. Este método se considera “prueba de oro” y ha sido validado con otros estándares como el DXA⁴⁴.

En conclusión, los resultados de esta investigación indican que los participantes con elevados niveles de IAC presentan mayor frecuencia y asociación positiva con los componentes relacionados al SM. Adicionalmente, se encontró que el IAC sobrestima el %GC en la población estudiada. No obstante, este método puede ser una herramienta útil para predecir el exceso de adiposidad en adultos, a pesar de las limitaciones descritas en este estudio. Se requieren estudios observacionales con un mayor tamaño de muestra con otras poblaciones y grupos étnicos, y especialmente estudios longitudinales y prospectivos, para constatar los resultados obtenidos en este trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del estudio declaran no tener conflicto de interés.

FINANCIACIÓN

El siguiente trabajo recibió fondos económicos de la Unidad de Investigaciones de la Universidad Santo Tomás, Convocatoria FODEIN-USTA 2014 N° 2013004 Proyecto “Asociación de la fuerza prensil con manifestaciones tempranas de riesgo cardiovascular en adultos jóvenes colombianos” y apoyo técnico del Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA), de la Universidad del Rosario.

REFERENCIAS

-
- 1 Oda E. Metabolic syndrome: its history, mechanisms, and limitations. *Acta Diabetol.* 2012; 49:89-95.
 - 2 Guallar-Castillón P, Pérez RF, López García E, León-Muñoz LM, Aguilera MT, Graciani A, Gutiérrez-Fisac JL, et al. Magnitude and management of metabolic syndrome in Spain in 2008-2010: the ENRICA study. *Rev Esp Cardiol.* 2014 ;67(5):367-73.
 - 3 López-Jaramillo P, Sánchez RA, Díaz M, Cobos L, Bryce A, Parra-Carrillo JZ; Nombre del Grupo de Expertos de Latinoamérica. Latin American consensus on hypertension in patients with diabetes type 2 and metabolic syndrome. *Clin Investig Arterioscler.* 2014;26(2):85-103.
 - 4 Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, 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.
 - 5 Ruiz ÁJ, Aschner PJ, Puerta MF, Cristancho RA. IDEA study (International Day for the Evaluation of Abdominal Obesity): primary care study of the prevalence of abdominal obesity and associated risk factors in Colombia. *Biomédica.* 2012;32(4):610-6.

6 Fonseca-Camacho DF, Hernández-Fonseca JM, González-Ruíz K, Tordecilla-Sanders A, Ramírez-Vélez R. A better self-perception of physical fitness is associated with lower prevalence of metabolic syndrome and its components among university students. *Nutr Hosp.* 2014;31(3):1254-63.

7 Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, et al. A better index of body adiposity. *Obesity (Silver Spring)*. 2011;19:1083-1089.

8 Barreira TV, Harrington DM, Staiano AE, Heymsfield S, Katzmarzyk P. Body adiposity index, body mass index, and body fat in white and black adults. *JAMA*. 2011; 306, 828-830.

9 Freedman DS, Thornton JC, Pi-Sunyer FX, Heymsfield S, Wang J, Pierson RN, et al. The Body Adiposity Index (Hip Circumference / Height^{1.5}) Is Not a More Accurate Measure of Adiposity Than Is BMI, Waist Circumference, or Hip Circumference. *Obesity (Silver Spring)*. 2012; 20, 2438-2444.

10 Johnson W, Chumlea WC, Czerwinski SA, Demerath EW. Concordance of the recently published body adiposity index with measured body fat percent in European-American adults. *Obesity (Silver Spring)*. 2012; 20, 900-903.

11 Luke A, Durazo-Arvizu R, Rotimi C, Prewitt TE, Forrester T, Wilks R, et al. Relation between body mass index and body fat in black population samples from Nigeria, Jamaica, and the United States. *Am J Epidemiol*. 1997; 145, 620-628.

12 Norgan NG. Population differences in body composition in relation to the body mass index. *Eur J Clin Nutr*. 1994; 48 Suppl 3, S10-25; discussion S26-17.

13 Deurenberg P, Yap M, Van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta-analysis among different ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998; 22, 1164-1171.

14 Zhang ZQ, Liu YH, Xu Y, Dai XW, Ling WH, Su YX, et al. The validity of the body adiposity index in predicting percentage body fat and cardiovascular risk factors among Chinese. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2014;81(3):356-62.

15 Cerqueira M, Amorim P, Magalhães F, Castro E, Franco F, Franceschini S, et al. Validity of adiposity index in predicting body fat in a sample of Brazilian women. *Obesity (Silver Spring)*. 2013;21(12): E696-9.

16 Ramírez-Vélez R, González-Ruíz K, Correa-Bautista JE. Evaluación del índice de adiposidad corporal en la predicción del porcentaje de grasa en adultos de Bogotá, Colombia. *Nutr Hosp*. 2015. [Epub ahead of print] <http://dx.doi.org/10.3305%2Fnutr+hosp.v32in01.9087>.

17 Ramírez-Vélez R, González-Ruíz K. Body adiposity index in Colombian elite athletes: A comparison between the body mass index and other measures. *Rev Colomb Cardiol*. 2015;22(1):22-26.

18 García AI, Niño-Silva LA, González-Ruíz K, Ramírez-Vélez R. Body adiposity index as marker of obesity and cardiovascular risk in adults from Bogotá, Colombia. *Endocrinol Nutr*. 2015;62(3):130-137.

-
- 19 Geliebter A, Atalayer D, Flancbaum L, Gibson CD. Comparison of body adiposity index (BAI) and BMI with estimations of % body fat in clinically severe obese women. *Obesity (Silver Spring)*. 2013;21:493-8.
- 20 Dhaliwal SS, Welborn TA, Goh LG, Howat PA. Obesity as assessed by body adiposity index and multivariable cardiovascular disease risk. *PLoS One*. 2014;9(4):e94560.
- 21 Djibo DA, Araneta MR, Kritz-Silverstein D, Barrett-Connor E, Wooten W. Body adiposity index as a risk factor for the metabolic syndrome in postmenopausal Caucasian, AfricanAmerican, and Filipina women *Diabetes Metab Syndr*. 2014. doi: 10.1016/j.dsx.2014.04.011. [Epub ahead of print]
- 22 Almas A, Gowda VMN. Body adiposity index in metabolic syndrome. *International Journal of Recent Trends in Science And Technology*. 2015; 14(2): 316-321.
- 23 López CA, Ramírez-Vélez R, Gallardo CEG, Marmolejo LC. Características morfofuncionales de individuos físicamente activos. *Iatreia*. 2008;21;121-28
- 24 World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation . *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894:i-xii, 1-255.
- 25 Browning LM, Hsieh SD, Ashwell M. A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value. *Nutr Res Rev*. 2010; 23(2):247-69.

26 Friedewald WT, Levy IR, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 1972;18:499-502.

27 García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study). *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:581-58.

28 Artero EG, Ruiz JR, Ortega FB, Espana-Romero V, Vicente-Rodriguez G, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. *Pediatric Diabetes*. 2011;12: 704–12.

29 Millán J, Pintó X, Muñoz A, Zúñiga M, Rubiés-Prat J, Pallardo LF, et al. Lipoprotein ratios: Physiological significance and clinical usefulness in cardiovascular prevention. *Vasc Health Risk Manag*. 2009;5:757-65.

30 Cordero A, Andres E, Ordonez B, Leon M, Laclaustra M, Grima A, et-al. Usefulness of triglycerides-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio for predicting the first coronary event in men. *Am J Cardiol*. 2009;104:1393-7.

31 Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)*. 2006;14(11):2064-70.

32 Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1: 307-310.

-
- 33 León Latre M, Andrés EM, Cordero A, Pascual I, Vispe C, Laclaustra M, et al. Relación entre el síndrome metabólico y la mortalidad por cardiopatía isquémica en España. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:1469-72.
- 34 Villegas A, Botero J, Arango I, Arias S, Toro M. Prevalencia del síndrome metabólico en El Retiro, Colombia. *Iatreia* 2003;(4):291-7.
- 35 Ford ES, Giles WH, Dietz WH. Prevalence of the metabolic syndrome among US adults: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA*. 2002;287:356-9.
- 36 Barreira TV, Harrington DM, Staiano AE, Heymsfield S, Katzmarzyk P. Body adiposity index, body mass index, and body fat in white and black adults. *JAMA*. 2011; 306:828-30.
- 37 Bennasar-Veny M, López-González AA, Tauler P, Cespedes ML, Vicente-Herrero T, Yañez A, et al. Body Adiposity Index and Cardiovascular Health Risk Factors in Caucasians: A Comparison with the Body Mass Index and Others. *PLoS ONE*. 2013;8(5):e63999.
- 38 Dosman V, Triviño LP, Uribe Y, Agredo RA, Jerez AM, Ramírez-Vélez R. Asociación entre la aptitud física y los factores de riesgo de síndrome metabólico en trabajadores de una institución universitaria. *Rev Colomb Cardiol*. 2009;16:153-8.
- 39 Pou KM, Massaro JM, Hoffmann U, Lieb K, Vasan R, O'Donnell CJ, et al. Patterns of abdominal fat distribution. *Diabetes Care*. 2009;32:481-5.
- 40 Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, Lamarche B; American Heart Association Obesity Committee of the Council on Nutrition; Physical Activity and

Metabolism; Council on Arteriosclerosis; Thrombosis and Vascular Biology; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; Council on Cardiovascular Nursing, Council on Epidemiology and Prevention; Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Stroke Council. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;124:1996-2019.

41 Schulze MB, Thorand B, Fritsche A, Häring HU, Schick F, Zierer A, et al. Body adiposity index, body fat content and incidence of type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2012; 55, 1660-1667.

42 Kuhn PC, Vieira Filho JP, Franco L, Dal Fabbro A, Franco LJ, Moisés RS. Evaluation of body adiposity index (BAI) to estimate percent body fat in an indigenous population. *Clin Nutr*. 2014;33(2):287-90.

43 Lichtash CT, Cui J, Guo X, Chen Y-DI, Hsueh WA, Rotter JL, et al. Body Adiposity Index versus Body Mass Index and Other Anthropometric Traits as Correlates of Cardiometabolic Risk Factors. *PLoS ONE*. 2013;8(6):e65954.

44 Kother DP, Burastero S, Wang J, Pierson Jr RN. Prediction of body cell mass, fat free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex and disease. *Am J Clin Nutr*. 1996;64:489Se97S.