

# PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS: CAPACIDAD PREDICTIVA Y UTILIDAD COMO PRUEBAS DIAGNÓSTICAS DE RESISTENCIA INSULÍNICA EN ADOLESCENTES

*Adaucio Ramón Morales, Lourdes Mariela Montilva.*

Unidad de Investigación en Salud Pública, Decanato de Ciencias de la Salud, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela.

Rev Venez Endocrinol Metab 2017;15(3): 195-205

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la capacidad del índice de masa corporal (IMC), índice circunferencia abdominal/talla (ICAT) y circunferencia abdominal (CA) para predecir resistencia insulínica (RI) según sitio de medición de la CA y determinar su eficacia para discernir entre sujetos sanos y sujetos con RI.

**Métodos:** Se estudiaron 798 adolescentes de ambos sexos (404 hombres), entre 15 y 19 años de edad, de 31 instituciones de educación media, diversificada y educación universitaria del Municipio Iribarren, Estado Lara, Venezuela. Los jóvenes firmaron el consentimiento informado. Se evaluó estrato socioeconómico, peso, talla y CA, éste último en tres sitios anatómicos: encima de crestas ilíacas, punto medio y debajo de reborde costal. Se calculó IMC e ICAT, para cada sitio de CA. Se determinó insulina basal y se calculó Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance (HOMA-IR). Se realizaron pruebas no paramétricas, regresión logística y curvas receiver operating characteristic (ROC).

**Resultados:** Se demostró que la RI es una función del ICAT, CA e IMC, siendo esta asociación más fuerte con el ICAT. La capacidad predictiva del ICAT fue mejor en segmento superior y medio del abdomen. Como pruebas diagnósticas, todas presentaron igual eficacia para discernir entre sujetos sanos y sujetos con RI, no obstante, en adolescentes permiten clasificar un mayor número de sujetos sanos.

**Conclusión:** Todos los parámetros antropométricos son eficaces, pero en adolescentes identifican un mayor número de sujetos sanos. Se propone unificar sitio de medición de la CA, inmediatamente debajo del reborde costal o punto medio del abdomen, por ser los sitios con mayor probabilidad de predecir RI.

**Palabras clave:** Parámetros antropométricos; prueba diagnóstica; predicción; resistencia insulínica; adolescente.

## ANTHROPOMETRIC PARAMETERS: PREDICTIVE CAPACITY AND UTILITY AS DIAGNOSTIC TESTS OF INSULIN RESISTANCE IN ADOLESCENTS

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the capacity of the body mass index (BMI), waist to height ratio (WHtR) and abdominal

---

Artículo recibido en: Marzo 2017. Aceptado para publicación en: Julio 2017.

Dirigir correspondencia a: Adaucio Morales. Email: [adauciom@ucla.edu.ve](mailto:adauciom@ucla.edu.ve) / [adauciucla@gmail.com](mailto:adauciucla@gmail.com)

circumference (AC) to predict insulin resistance (IR) according to the measurement site of the AC, and determine the effectiveness of such indicators to distinguish between healthy subjects and subjects with IR. .

**Methods:** In 31 institutions of secondary and university education at the Iribarren Municipality, Lara State, Venezuela, 798 adolescents of both sexes (404 men) between 15 and 19 years of age were enrolled. Adolescents signed informed consent. Socioeconomic stratum, weight, height and AC were evaluated in three anatomical sites: above the iliac crests, midpoint and below the costal margin. We calculated BMI and WHtR for each site. Basal insulin was determined and Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance (HOMA-IR) was calculated. Non-parametric tests, logistic regression and receiver operating characteristic (ROC) curves were performed.

**Results:** It was demonstrated that IR is a function of WHtR, AC and BMI, being this association stronger with WHtR. The predictive capacity of WHtR was better in the upper and middle segments of the abdomen. As diagnostic tests, all had equal efficacy to distinguish between healthy subjects and subjects with IR, however, in adolescents allow to classify a greater number of healthy subjects.

**Conclusion:** All anthropometric parameters are effective, but in adolescents, they identify a greater number of healthy subjects. It is proposed to unify AC measurement site, immediately below the costal ridge or midpoint of the abdomen, because they are the sites most likely to predict IR.

**Keywords:** Anthropometric parameters; diagnostic test; prediction; insulin resistance; adolescent.

---

## INTRODUCCIÓN

En el 2012 fallecieron 1,5 millones de personas por exceso de azúcar en sangre y más de 80% de estas muertes se registraron en países de ingresos bajos y medios. Para el año 2014, 422 millones de adultos en todo el mundo tenían diabetes mellitus tipo 2 (DMT2), siendo la prevalencia mundial de la enfermedad de 8,5%<sup>1</sup>. Una de las maneras de controlar esta pandemia pudiera ser a través del diagnóstico precoz de la prediabetes, estado caracterizado por glucemia alterada en ayunas (GAA) o intolerancia a los hidratos de carbono (IHC), condiciones que pueden ser asintomáticas, aparecen alrededor de 5 años antes del diagnóstico de la DMT2 y pueden ser combatidas con la práctica de actividad física y una alimentación sana y balanceada<sup>2</sup>. Asimismo, el diagnóstico precoz de alteraciones en la secreción de insulina y en la sensibilidad de los tejidos a la insulina puede ser otra medida importante en la prevención de la DMT2. Estas condiciones se presentan muy precozmente en la historia natural de la enfermedad, alrededor de cinco años antes de la aparición del estado prediabético, por tal motivo, su detección precoz y la instauración de medidas terapéuticas apropiadas pudieran detener más tempranamente la evolución natural de la DMT2,

la cual está causando estragos en la población mundial<sup>3</sup>.

Por su parte, la GAA parece ser causada primariamente por una disfunción secretoria de insulina seguida de un descenso en la sensibilidad insulínica hepática. En contraste, el desarrollo de IHC parece estar asociado a un descenso en la sensibilidad músculo-esquelética a la insulina seguida de un declive progresivo de la función de las células  $\beta$ , lo que indica una pérdida de la función compensatoria de las células  $\beta$  del páncreas<sup>3-5</sup>.

Ahora bien, si el inicio de las alteraciones insulínicas ocurre precozmente, es de esperar que éstas ocurran desde temprana edad. En tal sentido, la adolescencia sería una etapa crucial para buscar y detectar la presencia de dichas alteraciones, sobre todo en jóvenes con exceso de peso u obesidad abdominal. Sin embargo, el elevado costo de la prueba de insulina plasmática, hace imperativo la búsqueda de alternativas de detección de estas alteraciones que abaraten los costos. Es así como todos los esfuerzos de esta investigación están dirigidos a determinar la capacidad del índice de masa corporal (IMC), del índice circunferencia abdominal/talla (ICAT) y de la circunferencia

abdominal (CA) para predecir resistencia insulínica (RI), según el sitio de medición de la CA, y determinar la eficacia de tales indicadores antropométricos para discernir entre sujetos sanos y sujetos con RI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sujetos:** Se realizó una investigación descriptiva de corte transversal para evaluar pruebas diagnósticas<sup>6</sup>, entre Mayo de 2011 y Diciembre de 2012. El número de sujetos a estudiar fue calculado con el interés de obtener un intervalo de confianza al 95% (IC95%) estrecho, alrededor de la razón de verosimilitud. En tal sentido, el tamaño de la muestra quedó establecido en 798 adolescentes (404 hombres y 394 mujeres) con edades comprendidas entre 15 y 19 años inscritos en instituciones urbanas de educación media, diversificada y en instituciones de educación universitaria del Municipio Iribarren, estado Lara, Venezuela. Los jóvenes fueron seleccionados de 31 instituciones educativas, número calculado siguiendo lineamientos de un muestreo aleatorio estratificado según el nivel académico impartido por cada institución<sup>7</sup>. Partiendo de la existencia de 115 establecimientos de educación media-diversificada y 10 de educación universitaria, se seleccionaron 28 instituciones del primer grupo y 3 del segundo grupo. Finalmente, la selección de los 798 adolescentes fue no probabilística y voluntaria.

Los criterios de inclusión fueron: adolescentes entre 15 y 19 años de edad, de ambos sexos, pertenecientes a todos los estratos socioeconómicos según Graffar modificado por Méndez Castellano<sup>8</sup>. Se consideraron los siguientes criterios de exclusión: presencia de distensión abdominal por exceso de gases, acumulación de líquido en el abdomen (ascitis), tumores intra-abdominales, escoliosis severa o deformante, además de la presencia de embarazo. Igualmente, se excluyeron aquellos adolescentes con enfermedades, tales como: diabetes mellitus tipo 1 y 2, enfermedad de Cushing, hipotiroidismo, síndrome nefrótico, uremia y colestasis. Asimismo, se excluyeron aquellos jóvenes en tratamientos con corticosteroides, estrógenos o

píldoras anticonceptivas y esteroides anabólicos. Un consentimiento informado fue firmado, en el caso de los menores de edad, por el voluntario y su representante legal y, en el caso de los mayores de edad, por el joven solamente. El proyecto fue revisado y aprobado por el Comité de Bioética del Hospital Universitario de Pediatría “Dr. Agustín Zubillaga” ubicado en Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela.

**Procedimiento:** Se realizaron las medidas de parámetros antropométricos, tales como: talla, peso y CA, según técnicas descritas por FUNDACREDESA<sup>9</sup>. La CA fue medida en tres sitios anatómicos: a) inmediatamente por encima de las crestas ilíacas, la cual fue denominada CA1; b) en el punto medio entre las últimas costillas y las crestas ilíacas (CA2) y c) inmediatamente por debajo de las costillas (CA3). Se calculó el IMC mediante la fórmula:  $\text{peso}/\text{talla}^2$ , resultado expresado en  $\text{kg}/\text{m}^2$ . El ICAT fue calculado dividiendo CA (cm) entre talla (cm), en los tres sitios de medición de la CA: ICAT1, ICAT2 e ICAT3, respectivamente. Para la recolección de las medidas se contó con el apoyo de dos asistentes de investigación, quienes fueron sometidas a un proceso de estandarización en conjunto con los investigadores responsables del proyecto.

La glucosa sérica fue medida por el método enzimático colorimétrico y la insulina basal por el método de quimioluminiscencia (Architect Sistem Insulin. Abbott Laboratories, IL60064 USA). El coeficiente de variación total del ensayo es  $< 7\%$ . Para determinar RI, se calculó el HOMA-IR mediante la siguiente fórmula:  $[\text{Glucemia basal (mmol/L)} \times \text{Insulinemia basal (mU/mL)}] / 22,5$ . Donde valores mayores de 2,5 indicaron RI<sup>10,11</sup>. Aunque en la adolescencia se considera que el punto de corte debe ser 3,16, cabe resaltar que los valores de este indicador descienden cuando los jóvenes alcanzan su maduración sexual completa (Estadio 5 de Tanner), lo cual ocurre, generalmente, a partir de los 15 años de edad<sup>12</sup>, por tal motivo y considerando que la edad de los sujetos en estudio osciló entre 15 y 19 años, se tomó la decisión de considerar 2,5 como punto de corte para definir la RI, valor aplicado en adultos.

**Análisis Estadístico:** El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software SPSS versión 21 y el MedCalc versión 12.4.0.0. Se aplicó a todas las variables la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Se calcularon medianas e intervalos intercuartiles (P25-P75). Para comparar medianas se aplicó la U de Mann Whitney. Se desarrollaron modelos de regresión logística y curvas ROC. Se calculó el área bajo la curva (ABC), el cual traduce la probabilidad del parámetro antropométrico de clasificar correctamente un par de individuos, sano y enfermo, seleccionados al azar. Se consideró como un nivel aceptable de discriminación valores de 0,70 o más, con un intervalo de confianza que no incluyera el valor de 0,5<sup>13,14</sup>.

Para seleccionar los puntos de corte de los parámetros antropométricos se consideraron tres aspectos: a) la prevalencia de la enfermedad, en este caso de la RI. Si la prevalencia es menor de 50%, es más probable que el test sea normal, por tanto, más útil para clasificar sujetos sanos. Si la prevalencia es mayor de 50%, es más probable que el test sea anormal, entonces, más útil para clasificar sujetos enfermos; b) si clasifican mejor sujetos sanos, se recomienda seleccionar puntos de corte con elevada especificidad, sacrificando la sensibilidad. Si clasifican mejor sujetos enfermos, se deben seleccionar puntos de corte con elevada sensibilidad, sacrificando la especificidad; c) el costo para la salud de los falsos positivos y falsos negativos. En este caso, resultados falsos negativos pueden ser más costosos que la contraparte, ya que la no identificación de pacientes con verdadera RI puede impedir el tratamiento de dicha alteración, generando un elevado riesgo de DM2 y enfermedades cardiovasculares, mientras que resultados falsos positivos pueden llevar a tratamiento farmacológico innecesario, sin embargo, este riesgo ocurriría después del fracaso de medidas no farmacológicas como el ejercicio y la alimentación saludable, lo cual sería una práctica tardía que se podría evadir<sup>13,14</sup>. Junto a los puntos de corte se identificaron su sensibilidad, especificidad y valores predictivos. La sensibilidad es la proporción de enfermos con resultados positivos en el test; la especificidad es la proporción de sujetos sanos con resultados negativos en la prueba. El valor predictivo positivo es la probabilidad de que

una persona con resultado positivo presente la enfermedad y el valor predictivo negativo es la probabilidad de que una persona con resultado negativo no presente la enfermedad<sup>13,14</sup>.

## RESULTADOS

El promedio de edad fue  $17 \pm 1,4$  años. La muestra se distribuyó equitativamente en ambos sexos y en todos los grupos etarios. Los adolescentes quedaron distribuidos, en todos los estratos socioeconómicos, en porcentajes muy similares para ambos sexos. De acuerdo a la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ninguna de las variables estudiadas tuvo distribución normal. La prevalencia de RI en los adolescentes fue de 20,9% (datos no mostrados).

En la Tabla I se comparan las medianas de cada uno de los parámetros antropométricos según el sexo y el diagnóstico de RI, encontrándose medianas superiores para todas las variables antropométricas (con significancia estadística) en el grupo de jóvenes resistentes a la insulina, tanto en hombres como en mujeres.

En la Tabla II se muestran las características de los modelos de regresión logística para cada indicador antropométrico. Todos los modelos mostraron adecuada bondad de ajuste y mejor capacidad para clasificar correctamente adolescentes sanos que jóvenes con RI. Los modelos propuestos para el ICAT explican entre 17 y 19% de la varianza de la RI, mientras que los modelos de la CA explican entre 21 y 22% y el modelo del IMC el 21% de la varianza ( $R^2$  de Nagelkerke). En el bloque 1, de todos los modelos se observó una mejora significativa en la predicción de la RI con respecto al bloque 0 (prueba ROA). Los modelos para el ICAT2 e ICAT3 demostraron una mayor asociación con la RI (Odd Ratio=4,88 y 4,94, respectivamente) en comparación con el ICAT1 (Odd Ratio = 4,38). Esto quiere decir que por cada incremento de 0,1 unidades del ICAT2 o del ICAT3, la probabilidad de presentar RI es de aproximadamente 5 veces, mientras que por cada incremento de 0,1 unidades del ICAT1 la probabilidad de RI es de aproximadamente 4 veces.

**Tabla I.** Parámetros antropométricos según sexo y diagnóstico de RI

Parámetro Antropométrico	Hombres		Mujeres	
	Con RI (n=75)	Sin RI (n=329)	Con RI (n=92)	Sin RI (n=302)
	Mediana (Intervalo Intercuartilar)	Mediana (Intervalo Intercuartilar)	Mediana (Intervalo Intercuartilar)	Mediana (Intervalo Intercuartilar)
CA1	90,30 (77,50 - 100,30)	76,00* (71,90 - 82,40)	84,15 (78,00 - 89,23)	77,00* (73,00 - 82,33)
CA2	86,30 (75,00 - 96,80)	73,20* (69,50 - 79,35)	78,30 (72,05 - 84,18)	71,45* (67,80 - 76,80)
CA3	83,50 (72,80 - 93,80)	71,70* (68,45 - 77,35)	73,65 (67,80 - 79,45)	67,30* (63,80 - 71,80)
ICAT1	0,52 (0,45 - 0,59)	0,44* (0,42 - 0,48)	0,53 (0,48 - 0,56)	0,48* (0,46 - 0,52)
ICAT2	0,50 (0,43 - 0,56)	0,43* (0,41 - 0,46)	0,49 (0,45 - 0,53)	0,45* (0,42 - 0,48)
ICAT3	0,48 (0,42 - 0,54)	0,42* (0,40 - 0,45)	0,46 (0,43 - 0,50)	0,43* (0,40 - 0,45)
IMC	26,03 (22,11 - 31,01)	20,97* (19,45 - 23,24)	23,61 (21,54 - 26,37)	21,02* (19,14 - 23,41)

\*Existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de los grupos con y sin resistencia insulínica en ambos sexo. Prueba U de Mann Whitney.

En estos modelos, la variable sexo no tuvo coeficientes de Wald significativos, por tanto fue excluida de los mismos. En los modelos de la CA e IMC, la variable sexo presentó coeficiente de Wald significativo por tanto fue incluida en la ecuación final de los mismos. Estos parámetros antropométricos (CA e IMC) demostraron la misma fuerza de asociación con la RI, aunque la probabilidad de este trastorno metabólico fue inferior a la demostrada por el ICAT, en todos los sitios anatómicos de medición de la CA (ver Tabla II).

Al evaluar la capacidad de cada uno de los parámetros antropométricos para discernir entre un sujeto sano y otro con RI, se encontró que el ABC alcanzó un valor satisfactorio, mayor de 0,70 (con significancia estadística) en todos los casos, sin diferencias entre IMC, ICAT y CA en cualquier nivel de medición de la CA y en cualquier sexo

(ver Tablas III y IV). Debido a que la prevalencia de la RI fue menor de 50%, se puede afirmar que la prueba clasifica mejor sujetos sanos. En tal sentido, la selección de los puntos de corte se hizo considerando una elevada especificidad, sacrificando la sensibilidad. En otras palabras, evitando al máximo los falsos negativos.

En la Tabla III se muestran los puntos de corte seleccionados para ICAT e IMC con la respectiva sensibilidad, especificidad y valores predictivos. Tales puntos de corte fueron: ICAT1  $\leq 0,52$ ; ICAT2  $\leq 0,48$ ; ICAT3  $\leq 0,46$  e IMC  $\leq 25$ . Los puntos de corte de la CA variaron según el sexo. En hombres fueron los siguientes: CA1  $\leq 87,0$ ; CA2  $\leq 83,5$  y CA3  $\leq 82,0$ . En Mujeres: CA1  $\leq 85,0$ ; CA2  $\leq 79,0$  y CA3  $\leq 74,7$  (ver Tabla IV). Para el ICAT y el IMC los puntos de corte no variaron según el sexo (datos no mostrados).

**Tabla II.** Comparación de los modelos de regresión logística para predecir RI

Parámetros	Modelo ICAT1	Modelo ICAT2	Modelo ICAT3	Modelo CA1	Modelo CA2	Modelo CA3	Modelo IMC
Constante ± Error Estándar	-8,67 ± 0,81	-8,77 ± 0,82	-8,50 ± 0,82	-9,51 ± 0,85	-8,60 ± 0,86	-10,00 ± 0,92	-6,72 ± 0,58
<b>Coefficiente β del parámetro antropométrico ± ES</b>	14,77 ± 1,58	15,86 ± 1,70	15,98 ± 1,80	0,096 ± 0,01	0,102 ± 0,01	0,110 ± 0,01	0,223 ± 0,02
Significancia del Coef de Wald	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
<b>Odds Ratio del parámetro antropométrico</b>	4,38	4,88	4,94	1,10	1,11	1,12	1,25
Intervalo de Confianza al 95 %	(4,07 - 4,69)	(4,55 - 5,21)	(4,59 - 5,29)	(1,08 - 1,12)	(1,08 - 1,13)	(1,10 - 1,14)	(1,19 - 1,31)
<b>Coefficiente β de la variable sexo ± ES</b>	-	-	-	0,469 ± 0,19	0,738 ± 0,20	1,020 ± 0,21	0,412 ± 0,19
Significancia del Coef de Wald	-	-	-	0,015*	0,000*	0,000*	0,031*
<b>Odds Ratio de la variable sexo</b>	-	-	-	1,60	2,10	2,76	1,51
Intervalo de Confianza al 95 %	-	-	-	(1,10 - 2,33)	(1,42 - 3,10)	(1,83 - 4,16)	(1,04 - 2,20)
Prueba de eficiencia estadística de ROA (Chi <sup>2</sup> del bloque 1)	p < 0,05*	p < 0,05*	p < 0,05*	p < 0,05*	p < 0,05*	p < 0,05*	< 0,05*
<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke (varianza)</b>	0,19	0,19	0,17	0,22	0,22	0,21	0,21
Bondad de ajuste del modelo (Test de Hosmer - Lemeshow)	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
% Casos sanos correctamente clasificados	70,52	70,52	69,73	73,22	72,90	73,10	73,85
% Casos enfermos correctamente clasificados	66,50	64,10	62,30	62,87	63,47	65,90	63,47

\*Estadísticamente significativo

**Tabla III.** Comparación de curvas ROC según ICAT e IMC

Parámetros	Curva ROC ICAT1	Curva ROC ICAT2	Curva ROC ICAT3	Curva ROC IMC
<b>Área bajo la curva (IC95%)</b>	0,740 (0,696 - 0,784)	0,735 (0,703 - 0,765)	0,720 (0,686 - 0,750)	0,737 (0,705 - 0,768)
<b>Desviación Estándar</b>	0,023	0,023	0,023	0,023
<b>Nivel de Significancia</b>	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
<b>Punto de Corte</b>	≤ 0,52	≤ 0,48	≤ 0,46	≤ 25,00
<b>Sensibilidad (IC95%)</b>	50,30 (42,5 - 58,1)	53,90 (46,0 - 61,6)	48,50 (40,7 - 56,3)	46,11 (38,4 - 54,0)
<b>Especificidad (IC95%)</b>	85,42 (82,4 - 88,1)	80,82 (77,5 - 83,8)	83,36 (80,2 - 86,2)	86,37 (83,4 - 89,0)
<b>VP (+) (IC95%)</b>	47,80 (41,9 - 53,9)	42,80 (37,6 - 48,0)	43,70 (38,0 - 49,5)	47,30 (41,0 - 53,7)
<b>VP (-) (IC95%)</b>	86,60 (83,7 - 89,2)	86,80 (83,8 - 89,5)	85,90 (82,9 - 88,6)	85,80 (82,8 - 88,4)

VP (+): Valor predictivo positivo. VP (-): Valor predictivo negativo.

**Tabla IV.** Comparación de curvas ROC de la CA según sexo

Parámetros	Hombres			Mujeres		
	Curva ROC CA1	Curva ROC CA2	Curva ROC CA3	Curva ROC CA1	Curva ROC CA2	Curva ROC CA3
Área bajo la curva (IC95%)	0,777 (0,712 - 0,842)	0,772 (0,707 - 0,837)	0,757 (0,688 - 0,825)	0,727 (0,680 - 0,771)	0,726 (0,667 - 0,785)	0,729 (0,671 - 0,788)
Desviación Estándar	0,033	0,033	0,035	0,030	0,030	0,030
Nivel de Significancia	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Punto de Corte	≤ 87,0	≤ 83,5	≤ 82,0	≤ 85,0	≤ 79,0	≤ 74,7
Sensibilidad (IC95%)	58,67 (46,7 - 69,9)	54,67 (42,7 - 66,2)	54,67 (42,7 - 66,2)	45,65 (35,2 - 56,4)	43,48 (33,2 - 54,2)	40,22 (30,1 - 51,0)
Especificidad (IC95%)	86,63 (82,5 - 90,1)	85,41 (81,1 - 89,0)	86,63 (82,5 - 90,1)	85,43 (80,9 - 89,2)	85,43 (80,9 - 89,2)	85,43 (80,9 - 89,2)
VP (+) (IC95%)	53,80 (45,5 - 62,0)	49,90 (41,7 - 58,1)	52,10 (43,5 - 60,5)	45,40 (36,9 - 54,2)	44,20 (35,7 - 53,2)	42,30 (33,6 - 51,5)
VP (-) (IC95%)	88,70 (85,7 - 91,2)	87,60 (84,6 - 90,1)	87,80 (84,8 - 90,2)	85,50 (83,0 - 87,8)	85,00 (82,5 - 87,2)	84,30 (81,9 - 86,5)

VP (+): Valor predictivo positivo. VP (-): Valor predictivo negativo.

## DISCUSIÓN

Se encontró que, en ambos sexos, los sujetos con RI tienen medianas superiores en todos los parámetros antropométricos con respecto a los jóvenes sin RI. Resultados similares han sido reportados por otros autores, quienes corroboran que la RI está íntimamente asociada a la acumulación de grasa en el abdomen, independientemente del sexo<sup>15-17</sup>. Estos hallazgos sugieren que los parámetros antropométricos evaluados pueden predecir la existencia de RI. Ahora bien, ¿Cuál de ellos predice mejor la RI?

Según los modelos de regresión logística, el ICAT, independientemente del sexo, predijo mejor la RI en comparación con la CA y el IMC. Con respecto al mecanismo patogénico que explique este hallazgo, se conoce que el acúmulo de grasa abdominal está asociada a un riesgo de RI, en ambos sexos. Dicho riesgo ha sido establecido según la estatura del sujeto. En tal sentido, personas con idéntica CA pero diferentes estaturas tienen riesgos distintos para hiperglucemia, hipertensión

arterial e hígado graso<sup>18</sup>. En otras palabras, existe una correlación inversa entre la estatura y el riesgo cardiometabólico generado por la grasa abdominal<sup>19</sup>. Es por esta razón que surge el ICAT como un parámetro para medir la adiposidad central, sin diferencias en su aplicabilidad entre hombres y mujeres<sup>20</sup>.

Los ICAT calculados en la parte superior y media del abdomen (ICAT2 e ICAT3) demostraron una aparente mejor capacidad predictiva en comparación con el ICAT1, calculado en la parte baja del abdomen. Con respecto al mecanismo patogénico que pudiera explicar este segundo hallazgo, se presenta lo siguiente: se ha descrito que la grasa glútea – femoral y la masa muscular tienen un efecto protector contra la RI, mientras que el acúmulo de grasa abdominal está asociada a un riesgo de RI, en ambos sexos. Se sabe que esta asociación se incrementa cuando la misma es evaluada en cortes imagenológicos ubicados entre T12 y L2. También se ha reportado que el mayor riesgo cardiometabólico se presenta cuando la grasa visceral se ubica entre 4 a 15 centímetros

por encima de L4 - L5<sup>21-23</sup>. De acuerdo con estos hallazgos, parece claro que la mejor capacidad predictiva de RI demostrada por el ICAT en los segmentos superior y medio del abdomen, con respecto al segmento inferior del mismo, está asociada con la ubicación de una mayor cantidad de grasa visceral metabólicamente activa entre los epiplones y el mesenterio, es decir, entre T12 y L4. En contra de estas diferencias en la ubicación anatómica del riesgo de RI, se podría considerar un metaanálisis, el cual reportó que el sitio de medida de la CA no influye en la asociación entre la CA y la mortalidad por DMT2, enfermedad cardiovascular o todas las causas de mortalidad. Sin embargo, se puede afirmar que dicho estudio no es comparable con el presente, ya que el primero no consideró el ICAT como medida antropométrica, con sus particularidades ya descritas, y los desenlaces son distintos en ambos estudios<sup>24</sup>.

Al evaluar cada uno de los parámetros antropométricos como pruebas diagnósticas para discernir entre un adolescente sano y otro con RI, todos mostraron una eficacia aceptable, superior al 70%, sin diferencias entre ICAT, CA e IMC, resultados similares han sido reportados para discernir otros factores de riesgo cardio-metabólicos<sup>25,26</sup>. Dado que la prevalencia de RI fue menor de 50%, tal eficacia fue mayor para identificar adolescentes sanos, condición que fue independiente de la capacidad para predecir RI de cada uno de ellos.

Sobre este asunto, vale la pena aclarar que la predicción de la RI es un fenómeno con un mecanismo patogénico que ya fue explicado, mientras que la evaluación de una prueba diagnóstica es un proceso técnico basado en la sensibilidad, especificidad y valores predictivos que arroja la prueba, independientemente del proceso biológico involucrado en la predicción del fenómeno en cuestión. La selección de los puntos de corte se basó en tres factores: 1) el costo para la salud que tiene sobre los adolescentes un diagnóstico errado (falsos positivos o falsos negativos); 2) la prevalencia de la enfermedad y 3) la sensibilidad y especificidad de dichos puntos. En este orden de ideas, dado que la prevalencia de la RI fue menor de 50%, se pudo concluir que los parámetros antropométricos evaluados identifican

con mayor eficacia sujetos sanos, por tanto son más útiles para descartar RI que para identificarla. En tal sentido, los puntos de corte seleccionados representan el límite por debajo del cual existe una elevada certeza de la inexistencia de RI. Mientras que valores por encima de los puntos de corte seleccionados permiten identificar personas con sospecha de tener RI pero, por su baja sensibilidad, el nivel de certeza es bajo. En otras palabras, en jóvenes entre 15 y 19 años de edad, las pruebas evaluadas son útiles para el cribado a nivel poblacional de sujetos con probabilidades de presentar RI pero requieren de otras pruebas para confirmar dicha sospecha.

Por otro lado, es bien conocido que el punto de corte recomendado internacionalmente para el ICAT es 0,50 para cualquier edad, sexo, grupo étnico, independientemente del sitio de medición de la CA<sup>27</sup>, sin embargo, los puntos de corte seleccionados en este estudio no coincidieron exactamente con ese valor (0,52 para ICAT1, 0,48 para ICAT2 y 0,46 para ICAT3). Aunque, por aproximación matemática, estos puntos pudieran llevarse a 0,50, tal procedimiento no es recomendable para el ICAT2 y ICAT3, ya que un importante número de sujetos con valores de 0,47, 0,48 y 0,49 serían considerados como normales teniendo, posiblemente, un riesgo de RI. Aunque esto no ocurre para el ICAT1, no es conveniente una aproximación a 0,50 de los puntos de corte menores a dicho valor.

Por otro lado, se observó que los puntos de corte de ICAT o CA variaron según el sitio de medición de la CA, siendo mayor en el segmento inferior del abdomen, donde la circunferencia es mayor. En el segmento medio, el punto de corte tuvo un valor intermedio y en el segmento superior un valor menor. Estas diferencias fueron demostradas también por otros autores, quienes sugirieron, además, que las comparaciones entre diferentes investigaciones, solamente son válidas cuando se usa el mismo lugar anatómico para medir la CA, el cual tiene su propio valor de referencia<sup>28,29</sup>.

Otro asunto a resaltar es que, aunque los puntos de corte de los ICAT son distintos según el sitio anatómico de medición de la CA, los mismos son

similares para ambos sexos, lo cual se ha dicho que representa una ventaja desde el punto de vista práctico. Por otro lado, los puntos de corte de la CA son también distintos según el sitio anatómico de medición de la CA, pero diferentes según el sexo, esto último debido a diferencias en la composición corporal entre hombres y mujeres y debido a que la CA no es corregida por la estatura.

Las principales debilidades de este estudio fueron: 1) el carácter transversal del diseño, 2) el pequeño tamaño de la muestra de jóvenes con RI y 3) el bajo porcentaje de explicación de la varianza, lo que sugiere la participación de otros factores en la predicción de la RI, los cuales deberían ser identificados en futuras investigaciones.

A pesar de lo anterior, las regresiones logísticas permitieron modelar la RI como una función del ICAT, la CA y el IMC. No obstante, la fuerza de asociación de la RI con el ICAT parece ser mayor en comparación con la CA y el IMC. Por otro lado, según el sitio de medición de la CA, la predicción fue mejor en los segmentos superior y medio del abdomen. Ahora bien, como pruebas diagnósticas, todos los parámetros antropométricos presentaron igual eficacia para discernir entre sujetos sanos y sujetos con RI, no obstante, en adolescentes permiten clasificar un mayor número de sujetos sanos.

Desde el punto de vista de la salud pública, estos hallazgos podrían tener una gran importancia para unificar el sitio de medición de la CA, proponiéndose inmediatamente debajo del reborde costal o en el punto medio del abdomen, por tratarse de los sitios con mayor probabilidad de predecir RI. Igualmente, desde el punto de vista de la práctica clínica, se corrobora la gran utilidad del ICAT sobre la CA y el IMC para predecir la presencia de RI.

## AGRADECIMIENTOS

Sirva la presente sección para agradecer a las siguientes personas: Licenciadas en Bioanálisis Elena Tirado y Ana Lucía Castrillo del Laboratorio Clínico Bacteriológico Tirado-Castrillo de Barquisimeto, Estado Lara, por su apoyo en el

procesamiento de las muestras de sangre para la determinación de glucemia e insulina; a la Licenciada en enfermería Ycnan Torrealba por su participación en la toma de dichas muestras. A todas las instituciones educativas que participaron en el estudio por su apoyo logístico. A las siguientes instituciones por el apoyo financiero prestado: Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” ubicada en Barquisimeto - Venezuela; Fundación Seguros Caracas; Laboratorio Abbott de Venezuela y Miguel S. Cordero, CA.

El proyecto de esta investigación fue registrado en el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, bajo el código 006-RCS-2015.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial sobre la Diabetes. 2016. [Consultado el 14/09/2016] Disponible desde: <http://www.who.int/diabetes/global-report/es/>
2. Jarrett RJ. Duration of non-insulin-dependent diabetes and development of retinopathy: analysis of possible risk factors. *Diabet Med* 1986;3:261-263.
3. Færch K, Vaag A, Holst JJ, Hansen T, Jørgensen T, Borch-Johnsen K. Natural history of insulin sensitivity and insulin secretion in the progression from normal glucose tolerance to impaired fasting glycemia and impaired glucose tolerance: The Inter99 Study. *Diabetes Care* 2009;32:439-444.
4. Abdul – Ghani MA, Jenkinson CP, Richardson DK, Tripathy D, De Fronzo RA. Insulin secretion and action in subjects with impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance. Results from the Veterans Administration Genetic Epidemiology Study. *Diabetes* 2006;55:1430-1435.
5. Abdul – Ghani MA, Jenkinson CP, De Fronzo RA. Contributions of  $\beta$  – Cell dysfunction and insulin resistance to the pathogenesis of impaired glucose tolerance and impaired fasting glucose. *Diabetes Care* 2006;29:1130-1139.

6. Argimon Pallás JM, Jiménez Villa J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 2da edición. Barcelona, España: Ediciones Harcourt, SA. 2000.
7. Scheaffer R, Mendenhall W, Ott L. Elementos del muestreo. México: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. 1987.
8. Méndez Castellano H, Méndez MC de. Estratificación social y biología humana. Arch Venez Puericultura Pediatr 1986;49:93-104.
9. FUNDACREDESA. Crecimiento, maduración física, estado nutricional y variables clínicas de la población venezolana: Manual de procedimientos. Material Mimeografiado. 2010.
10. Souki-Rincón A, Cano Ponce C, García Camacho D, Mengual E, González C, Torres D, León L, Chávez Z, Molero E, Almao L, Angarita L, Sánchez L, Hernández M, Amell A. Variaciones por edad y sexo en el HOMA IR en los niveles de insulina y glucosa séricas en niños y adolescentes de Maracaibo-Estado Zulia. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica 2007;26:135-141.
11. 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. Diabetología 1985;28:412-419.
12. Ball GD, Huang TT, Gower BA, Cruz ML, Shaibi GQ, Weigensberg MJ, Goran MI. Longitudinal changes in insulin sensitivity, insulin secretion, and beta-cell function during puberty. J Pediatr 2006;148:16-22.
13. Medcalc Manual [Documento en línea] Belgium 2012 [Citado el 09 de Octubre de 2016] Disponible desde URL: <http://www.medcalc.org/download.php>
14. Burgueño MJ, García-Bastos JL, González Buitrago JM. Las curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas. Med Clin (Barc) 1995;104:661-670.
15. Gómez-García A, Nieto-Alcantar E, Gómez-Alonso C, Figueroa-Nuñez B, Álvarez-Aguilar C. Parámetros antropométricos como predictores de resistencia a la insulina en adultos con sobrepeso y obesidad. Aten Primaria 2010;42:364-371.
16. Barrios Y, Carías D, Sánchez Jaeger A, Barón MA, Curiel S, Fernández M. Variables antropométricas que estiman adiposidad como predictores de resistencia a la insulina en mujeres posmenopáusicas con exceso de peso. Rev Venez Endocrinol Metab 2013;11:9-17.
17. Lim SM, Choi DP, RheeY, Kim HC. Association between obesity indices and insulin resistance among healthy Korean Adolescents: The JS High School Study. PLoS ONE 2015;10:e0125238. Doi: 10.1371/journal.pone.0125238.
18. Hsieh SD, Yoshinaga H. Do people with similar waist circumference share similar health risks irrespective of height? Tohoku J Exp Med 1999;188:55-60.
19. Ashwell M, Gunn P, Gibson S. Waist-to-height ratio is better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. Obes Rev 2012;13:275-86.
20. Parikh RM, Joshi SR, Menon PS, Shah NS. Index of central obesity – A novel parameter. Medical Hypotheses 2007;68:1272-1275.
21. Kuk JL, Church TS, Blair SN, Ross R. Does measurement site for visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue alter associations with the metabolic syndrome? Diabetes Care 2006;29:679-684.
22. Carr DB, Utzschneider KM, Hull RL, Kodama K, Retzlaff BM, Brunzell JD, Shofer JB, Fish BE, Knopp RH, Kahn SE. Intra-abdominal fat is a major determinant of the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria for the metabolic syndrome. Diabetes 2004;53:2087-2094.
23. Shen W, Punyanitya M, Chen J, Gallagher D, Albu J, Pi – Sunyer X, Lewis CE, Grundfeld C, Heymsfield SB, Heshka S. Visceral adipose tissue: relationships between single slice areas at different locations and obesity-related health risks. Int J Obes (Lond) 2007;31:763-769.
24. Ross R, Berentzen T, Bradshaw AJ, Janssen I, Kahn HS, Katzmarzyk PT, Kuk JL, Seidell JC, Snijder MB, Sørensen TI, Després JP. Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference? Obes Rev 2008;9:312-325.
25. Choi D.H, Hur Y-I, Kang J-H, Kim K, Cho YG, Hong S-M and Cho EB. Usefulness of the waist circumference-to-height ratio in screening for obesity and metabolic syndrome among Korean children and adolescents: Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2010 – 2014. Nutrients 2017;9:256. doi:10.3390/nu9030256.
26. Zhao M, Bovet P, Ma C, Xi B. Performance of different adiposity measures for predicting cardiovascular risk in adolescents. Sci Rep 2017;7:43686. doi: 10.1038/srep43686.
27. Browning LM, Hsieh SD and 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;23:247-269.

28. Wang J, Thornton JC, Bari S, Williamson B, Gallagher D, Heymsfield SB, Horlick M, Kotler D, Laferrère B, Mayer L, Pi-Sunyer FX, Pierson RN Jr. Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. *Am J Clin Nutr* 2003;77:379-384.
29. Morales A, Balza M, González M, Piña M, Zeman P, García D. Primeras curvas de percentiles de la circunferencia de cintura en un grupo de adolescentes del estado Lara, Venezuela. *Medicina Interna* 2010;26:174-181.