

La circunferencia de la cintura es la única variable antropométrica que predice el HOMA-IR: Estudio de una cohorte de mujeres jóvenes

The waist circumference is the solely anthropometric variable that HOMA-IR predicts: a study of a cohort of young women

Martha Imelda Maldonado-Cervantes¹, Jesús Ramón Castillo-Hernández^{1,2,*}, María Guadalupe Martel-Gallegos¹, Enrique Maldonado-Cervantes¹, Nuria Patiño-Marín², Minerva García-Rangel¹, Lucina Torres-Rodríguez³

1. Doctores en Ciencias, Laboratorio de Biomedicina de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P Rioverde, México
2. Doctora en Ciencias, Departamento de Investigación Clínica de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. San Luis Potosí, México.
3. Doctora en Ciencias, Laboratorio de Especialidades Médicas, de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P. San Luis Potosí, México.

***Autor de correspondencia:** Dr. Jesús Ramón Castillo-Hernández.
Carretera Rioverde-San Ciro, Km 4, El Carmen, CP.79615, Rioverde, S.L.P. México.
Móvil: 444 1156768. Correo: jesus.castillo@uaslp.mx

DOI <http://dx.doi.org/10.28960/revmeduas.2007-8013.v12.n3.003>

Recibido 11 de febrero 2022, aceptado 12 de junio 2022

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la capacidad de medidas antropométricas para predecir RI, en una cohorte de mujeres jóvenes sin diabetes.

Material y métodos. Estudio descriptivo, correlacional y cuantitativo de corte transversal. 60 mujeres universitarias de 17 a 20 años, sin diabetes, sin inflamación sistémica fueron estudiadas, todas las participantes firmaron consentimiento informado. Se obtuvieron 9 medidas antropométricas como: índice de masa corporal (IMC), circunferencia de la cintura (CC) y % de grasa corporal (%GC). Se determinaron las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en ayuno para calcular el HOMA-IR.

Resultados. El modelo de regresión lineal paso por paso retuvo solo CC como predictor del HOMA-IR; no retuvo al IMC ni al %GC. El modelo tuvo mayor fuerza predictiva entre los grupos de mujeres con sobrepeso/obesidad que en normopeso. Mediante ROC (receiver operating characteristic curve), mostramos que 81.5 cm de CC tuvo la mayor sensibilidad y especificidad, 80.0% y 82.2% respectivamente. **Conclusiones.** CC es una medida antropométrica poderosa y única para predecir RI, sobretodo, en los grupos de sobrepeso y obesidad; se propone como herramienta de escrutinio de RI.

Palabras clave: Antropometría, Obesidad abdominal, Resistencia a la insulina.

ABSTRACT

Objective. To evaluate the capacity of anthropometric measures to predict IR in a cohort of young women without diabetes.

Material and methods. Descriptive, correlational and quantitative cross-sectional study. 60 university women aged 17 to 20 years, without diabetes or systemic inflammation were studied, all participants signed an informed consent. Nine anthropometric measurements were obtained such as: body mass index (BMI), waist circumference (WC) and % body fat (% BC). Fasting plasma glucose and insulin concentrations were determined to calculate HOMA-IR. **Results.** The successive step linear regression model, retained only WC as a HOMA-IR predictor. Surprisingly, it did not retain BMI or % BF. The model had a greater predictive force among overweight and obese women than those with normal weight. Using ROC (receiver operating characteristic curve) we showed that, 81.5 cm of WC, had the highest sensitivity and specificity, 80.0% and 82.2% respectively. **Conclusions.** WC is a powerful and unique anthropometric measure to predict IR, especially in overweight and obesity groups. We propose that WC be included by primary care physicians as an IR scrutiny tool.

Keywords: Anthropometry, Abdominal obesity, Insulin resistance.

INTRODUCCIÓN

La obesidad es uno de los desafíos más importantes en materia de salud a nivel mundial, tiene serias implicaciones para la salud, la calidad y

la esperanza de vida de los individuos. En América, la obesidad se ha incrementado al pasar de 12.9% en 1980 a 28.3% en 2015; y México tiene la tasa de prevalencia más alta en el continente¹.

La resistencia a la insulina (RI) asociada a la obesidad, parece ser el mecanismo subyacente de una gran variedad de enfermedades crónicas no transmisibles ECNT, particularmente la relación entre la obesidad, RI y diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es muy fuerte². El riesgo relativo de padecer DM2 es mayor en mujeres con obesidad que en hombres con obesidad comparados con sus contrapartes de peso normal, estas diferencias de sexo pueden ser atribuidas a la distribución de la adiposidad y la masa².

Por definición, RI es la disminución de la respuesta celular a una concentración dada de insulina, con hiperinsulinemia compensadora. El sobrepeso y la obesidad incrementan la probabilidad de desarrollar RI³ y la pérdida de peso puede revertir la RI. El estándar de oro para evaluar RI es el Clamp Euglicémico-hiperinsulinémico⁴, aunque es impráctico en la clínica. Un método sustituto es el HOMA-IR (Homeostasis Model Assessment), muy usado para estimar RI en poblaciones, solo requiere de determinaciones de glucosa e insulina plasmáticas en ayunas⁵. Otra manera práctica, sencilla, de bajo costo, son los métodos basados en la antropometría, aplicables desde el primer nivel de atención médica. El índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura (CC) han mostrado ser buenos marcadores de RI, sin embargo, estos indicadores de obesidad, aún son pocos claros para predecir RI^{6,7}, porque la relación entre las medidas de obesidad y los marcadores metabólicos pueden variar en función

de etnia, estatura y sexo⁸. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad de las medidas de obesidad para predecir RI en una cohorte de mujeres jóvenes sin DM.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio es una investigación descriptiva, correlacional y cuantitativa de corte transversal. El muestreo fue no probabilístico del tipo por conveniencia. Se llevó a cabo en el Centro universitario de promoción y prevención de la salud (CUPPS) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, bajo el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación de los Estados Unidos Mexicanos. Todos los participantes dieron su consentimiento informado. Incluyó 62 mujeres entre 17 y 20 años sin DM, enfermedad inflamatoria sistémica o tratamiento farmacológico; se eliminó 1 por muestra sanguínea insuficiente y 1 se descartó por embarazo. Finalmente, 60 mujeres fueron estudiadas.

La recolección de datos incluyó:

- a) Cuestionario para conocer sus características sociodemográficas y hábitos alimenticios, el cual incluía consumo de alcohol y tabaco. Encuesta Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) de la OMS, para evaluar la actividad física.
- b) Medidas antropométricas. peso, talla, IMC, perímetros (cm) de cintura, cadera, índice cintura/cadera (ICC), índice cintura/altura, pliegues subcutáneos bicipital, tricípital,

subescapular y supraíliaco (medidos con plicómetro Slim Guide). El %GC total se obtuvo de la fórmula de Faulkner⁹.

- c) Se determinaron los valores plasmáticos en ayunas de 12 horas, de glucosa por el método de la glucosa oxidasa y de insulina por quimioluminiscencia; para calcular con la siguiente ecuación: $HOMA-IR = [Glucosa \text{ mg/dl}] \times [Insulina \text{ } \mu\text{U/ml}] / 405$

Análisis estadístico:

En la estadística descriptiva de las variables, se estudiaron las medidas de tendencia central (media y mediana), de dispersión (EE) y los índices de confianza (IC). La normalidad de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro-Wilks. En la estadística analítica, se realizaron correlaciones y análisis de regresión lineal múltiple de variables antropométricas para determinar el mayor predictor del HOMA-IR. Mediante curvas ROC (receiver operating characteristic curve) se determinaron los valores con mayor sensibilidad y especificidad para los predictores. La significancia estadística se estableció cuando $p < 0.05$ y un IC del 95%.

RESULTADOS

En general, se observó al grupo de mujeres con peso normal (60%), 26.7% sobrepeso, 8.3% obesidad periférica según la OMS; y 15% obesidad central (CC > 88cm) de acuerdo a los criterios de la National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III)

(datos no mostrados). Para describir a la cohorte, se formaron 4 grupos por rangos de IMC (< 18.5, 18.5-24.9, 25-27.5, >27.5 kg/m²); se decidió hacer un grupo >27.5/ kg/m² por dos razones: 1) bajo número de mujeres obesas, para formar un grupo de obesidad, 2) se ha reportado que 27.5 kg/m² puede definir obesidad en poblaciones similares a la nuestra¹⁰. En la comparación de medias entre grupos, glucosa no mostró diferencia estadística, HOMA-IR y los indicadores antropométricos se elevaron significativamente paralelo al aumento de IMC (Cuadro 1). El punto de corte del valor de HOMA-IR para RI en esta cohorte, se estableció en el percentil ≥ 75 : 4.3. Todos los marcadores antropométricos correlacionaron con el HOMA-IR (Cuadro 2), principalmente: CC e ICA que estiman la distribución intra-abdominal, IMC y PC estiman masa corporal y % de GC estima la grasa corporal total ($p = 0.001$).

Se analizaron las 5 principales variables antropométricas mediante modelos de regresión intro y jerárquico, en todos la CC explicó mejor el HOMA-IR (datos no mostrados). Con este antecedente, se realizó análisis de regresión lineal paso a paso ingresando solo 3 variables: IMC por ser la medida clínica más utilizada, la CC por ser el único predictor que explicó el HOMA-IR en análisis previo, y %GC por tener evidencia de ser un buen predictor de IR en niños y adolescentes¹¹. El modelo solo consideró a la CC como único predictor del HOMA-IR (Cuadro 3).

Se validó la capacidad predictiva de CC sobre el HOMA-IR, se observó que la capacidad predictiva de CC tiende a ser mayor entre los grupos de sobrepeso y obesidad (Cuadro 4 y Figura 1). Mediante las curvas ROC, se determinó que 81.5 cm de CC fue el valor con mayor sensibilidad y especificidad, 80.0% y 82.2% respectivamente (Figura 2).

Cuadro 1. Características bioquímicas y antropométricas de la población de estudio por rangos de IMC

	IMC kg/m ²				p
	< 18.5	18.5-24.9	25-27.5	>27.5	
n=60	3	36	11	10	
Edad (años) ^b	19 (18-20)	18 (17-20)	18.5 (17-20)	18 (17-19)	.343
Glucosa (mg/dl) ^a	102 ± 9.84	104.3 ± 2.87	105.4 ± 5.50	104.0 ± 4.77	.992
Insulina (μU/ml) ^a	5.79 ± 2.35	10.24 ± 0.97	13.24 ± 1.61	19.20 ± 2.87	.001
HOMA-IR ^a	1.56 ± 0.72	2.65 ± 0.28	3.57 ± 0.57	5.01 ± 0.80	.003
PC (kg) ^b	44.9 (31-45.7)	56.1 (44.6-70)	66.95 (61.6-75.4)	73.6 (62.7-84.90)	.0001
IMC (kg/m ²) ^b	17.6 (16.9-18)	22.4 (18.5-24.8)	26.4 (25.7-27.2)	29.4 (27.7-33.2)	.0001
CC (cm) ^b	64.0 (60 - 65)	73.5 (64 -89)	82.5 (78 - 89)	90 (82 - 100)	.0001
ICC (cm) ^b	.72(.72-.98)	.79 (.67-.93)	.79 (.73-.84)	.88 (.76-.91)	0.143
ICA (cm) ^b	.39 (.39-.40)	.46 (.41-.56)	.51 (.47-.55)	.57 (.52-.64)	.0001
% GC ^b	21.2 (18.4-21.8)	30.7 (21.1-39.3)	37.2 (33.1-40.9)	40.7 (35-46.7)	.0001
MM (kg) ^b	33.3 (31.8-42.5)	37.15 (21.6-42.5)	39.4 (36.4-45.5)	42.7 (36.6-45.4)	.0001
PB (mm) ^b	7(5-11)	9 (4-16)	11.5 (6-17)	16 (11-20)	.0001
PT (mm) ^b	11 (11-12)	18 (10-25)	20 (16-30)	22 (17-32)	.0001
PSE (mm) ^b	9 (9-10)	17.25 (11-25)	19 (11.5-26)	25 (15-38)	.0001
PSrl (mm) ^b	11 (9-21)	18 (6-26)	21.5 (16.5-29)	22 (15-40)	.001

Los valores descriptivos son expresados según se indica: ^amedia ± error estándar; ^bmediana (min-max). La comparación de medias y medianas entre grupos para cada variable fue hecha con ANOVA de 1 vía, nivel de significancia p<0.05. PC: peso corporal; IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de la cintura; ICA: índice cintura/altura; ICC: índice cintura/cadera; %GC: % de grasa corporal; MM: masa muscular; PB: pliegue bicipital; PT: pliegue tricípital; PSE: pliegue subescapular; PSrl: pliegue supraíliaco. n=60

Cuadro 2. Correlación de las variables antropométricas con el HOMA-IR

Marcadores antropométricos	Correlación de Pearson	Significancia bilateral, p
PC	.474	.0001
IMC	.448	.0001
CC	.571	.0001
ICA	.516	.0001
ICC	.328	.01
% GC	.483	.0001
MM	.316	.014
PB	.431	.001
PT	.441	.000
PSE	.405	.001
PSrl	.281	.001

Correlación de Pearson bilateral. PC: peso corporal; IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de la cintura; ICA: índice cintura/altura; ICC: índice cintura/cadera; %GC: % de grasa corporal; MM: masa muscular; PB: pliegue bicipital; PT: pliegue tricípital; PSE: pliegue subescapular; PSrl: pliegue supraíliaco. La significancia se estableció cuando $p \leq 0.05$.

Cuadro 3. Coeficientes de la Regresión lineal múltiple paso a paso.

Modelo	F	R ²	ΔR ²	error estándar	β	p	1-β	f
1	28.006	0.326	0.314	1.75	.571	.001	0.96	0.48
CC	(1,58)							

El modelo excluye a las variables antropométricas IMC y %GC como variables predictivas de HOMA-IR, toda vez que CC es ingresada al modelo. Todos los índices de significancia, potencia estadística y tamaño del efecto son adecuados. La ecuación resultante del modelo: HOMA-IR = -7.281 + 0.134(CC). IMC: índice de masa corporal, %GC: % de grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura.

Cuadro 4. Validación de la capacidad de la CC para predecir el HOMA-IR en los diferentes rangos y categorías de IMC.

Rangos de IMC	Modelados HOMA-IR media ± EE	Observados HOMA-IR media ± EE	p	Rho de Spearman	p
18.5-24.9	2.61 ± .11	2.65 ± .28	0.131	.308	.033
25-27.5	3.78 ± .16	3.57 ± 0.57	0.472	.372	.144
>27.5	4.85 ± .25	5.01 ± 0.80	0.9476	.300	.188
Cohorte completa	3.14 ± .155	3.18 ± .273	0.868	.380	.001
Categorías de IMC					
NP	2.61 ± .11	2.65 ± .28	0.88	.308	.033
SP	4.0 ± .16	4.26 ± .66	0.97	.461	.036
OB	5.42 ± .27	4.54 ± .54	0.30	.812	.094

Para validar la capacidad predictiva de la CC, sus valores fueron sustituidos en la ecuación obtenida por el modelo, así se obtuvieron los valores modelados de HOMA-IR. La comparación de medias de los valores modelados y observados por rango y categoría de IMC, no mostraron diferencia estadística (prueba de Mann-Whitney). Las correlaciones entre los HOMA-IR modelados vs observados, por rango y categoría de IMC, se realizaron a través de Rho de Spearman, se observó que los coeficientes de correlación tienden a elevarse en función de la categoría de IMC, pero no en el rango >27.5. NP: normopeso, SP: sobrepeso; OB: obesidad; IMC: índice de masa corporal, CC: circunferencia de la cintura. Los valores de HOMA-IR están expresados como media ± error estándar: EE. La significancia estadística se estableció, cuando $p \leq 0.05$.

Figura 1. Los puntos corresponden a los coeficientes de correlación entre los valores de HOMA-IR modelados (usando los valores de la CC) y los valores de HOMA-IR observados, separados por rangos (círculos) y categorías (cuadros) de IMC. Por categorías se observa que la relación es menor en NP y se fortalece en el grupo de OB. NP: normopeso, SP: sobrepeso; OB: obesidad; CC: circunferencia de la cintura; IMC: índice de masa corporal.

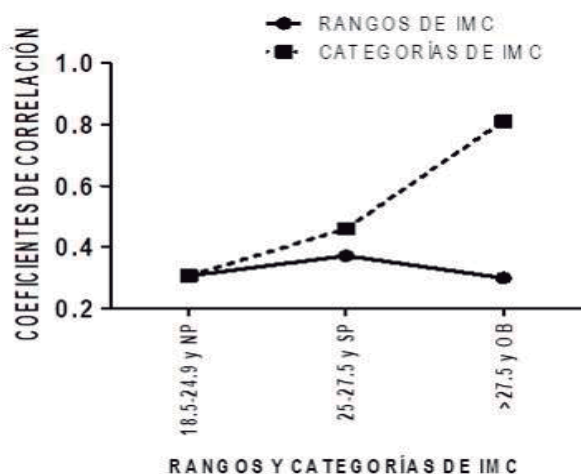
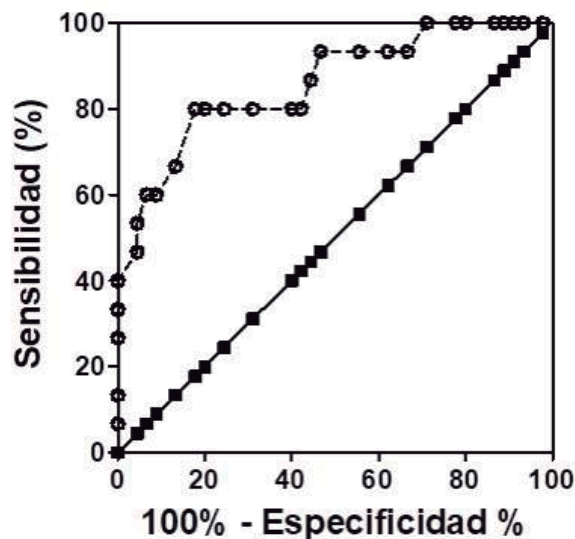


Figura 2. Curva ROC de CC para el diagnóstico de RI. 81.5 cm de CC fue el punto que mostró la mayor sensibilidad y especificidad, 80.0% y 82.2% respectivamente. El área bajo la curva fue de 0.858. CC: circunferencia de la cintura; RI: resistencia a la insulina.



DISCUSIÓN

En este estudio, se encontró a la CC como la única medida antropométrica que explica la variabilidad del HOMA-IR. Este estudio se realizó en una cohorte de 60 mujeres de 17- 20 años, sanas y sin ningún tratamiento farmacológico. El estrecho rango de edad de las participantes permitió, una observación más clara de la relación que existe entre las variables antropométricas y la RI, sin que la edad fuera un factor de confusión, como sucede en otros estudios. La edad como un factor independiente que explica la variabilidad de la RI ha sido abordada ampliamente y es controversial, como lo muestra el grupo europeo para el estudio de la resistencia a la insulina (EGIR); que analizó a 1146 hombres y mujeres de entre 18 y 85 años, con tolerancia normal a la glucosa; ellos encontraron

que solo en el subgrupo de mujeres delgadas, la acción de insulina ajustada por IMC disminuía significativamente con la edad; aunque ellos argumentan que esta disminución, parece estar asociada a cambios en la composición corporal¹². Sin embargo, una desventaja en nuestro estudio, es que las observaciones se circunscriben a esta cohorte, e impide su extrapolación a otros grupos. Además, el tamaño de la cohorte fue pequeño, estudios poblacionales son necesarios para validar los resultados de este estudio. En contraparte, ni la edad, sexo o ejercicio (datos no mostrados), fueron variables de confusión en este estudio.

La relación entre obesidad y muchas ECNT está ampliamente documentada; y que es la RI asociada a obesidad, el vínculo que promueve la fisiopatología de estas enfermedades^{2,3}. Además, la obesidad presente desde la infancia y la adolescencia, es un elemento común en la historia natural de algunas ECNT¹³. En contrasentido, la pérdida de tejido adiposo mejora el perfil de riesgo para la enfermedad en niños y adolescentes con obesidad¹⁴.

Aunque la capacidad de la insulina para mediar sus acciones anabólicas varía sustancialmente en sujetos sanos, por factores como la edad y el nivel de ejercicio, la obesidad y el sobrepeso son los principales factores de riesgo para desarrollar RI. En nuestro estudio confirmamos lo anterior, los valores de HOMA-IR e insulina se incrementaron en función del IMC (Cuadro 1).

Utilizamos el HOMA-IR de Mathews, porque es un procedimiento que correlaciona bien ($r=0.87$) con el Clamp⁵, en adolescentes es el método más confiable comparado con otras medidas para estimar la RI¹⁵. Y establecimos los valores normales del HOMA-IR para esta cohorte, con el criterio más usado para diagnosticar RI, el percentil ≥ 75 de la distribución de los valores, resultando de 4.3, este punto de corte fue ligeramente mayor al establecido en 4.0 para una población de niños y adolescentes con obesidad y rango de edad de 4-15 años¹⁴, a diferencia de nuestra población con un rango más estrecho de 17-20 años. Aparentemente, el punto de corte del HOMA-IR es mayor en niños y adolescentes que en población adulta, como lo sugieren algunos estudios. Por ejemplo, Keskin M y col, establecen este valor en adolescentes con obesidad en ≥ 3.16 ; ellos argumentan que, para este grupo de edad, el punto de corte de HOMA-IR debe ser mayor que en adultos¹⁵. Por supuesto, esto último debe estudiarse con mayor profundidad. Establecer puntos de corte es necesario, porque existen factores como el envejecimiento, la distribución de la grasa visceral, la actividad física, diferencias étnicas y factores dietéticos que pueden producir variabilidad entre las distintas poblaciones¹⁶.

Dada la relación que existe entre adiposidad corporal y RI, resulta extremadamente útil estimar la RI mediante los métodos basados en la antropometría, es una técnica sencilla, de bajo costo, y portátil; según la OMS es un método

que está subutilizado en la orientación de las políticas de salud pública y las decisiones clínicas, que puede ayudar a predecir la salud. El IMC ha sido ampliamente usado en el primer nivel de atención en México, como una herramienta de tamizaje en la detección temprana de sujetos de riesgo para ECNT; correlaciona con el HOMA-IR en sujetos sanos y enfermos¹⁷ y esta relación se fortalece entre los que muestran alteración metabólica¹⁸. Interesantemente, en un estudio con 1298 adolescentes con un promedio de edad de 17 años, se observó que la correlación entre el IMC y el HOMA-IR aumenta en la transición de sobrepeso hacia la obesidad, y notablemente, no cambia de normopeso a sobrepeso¹¹. En nuestro estudio todos los indicadores de obesidad, correlacionaron significativamente con el HOMA-IR, principalmente las medidas de obesidad central, de grasa corporal, y ligeramente menor las de masa corporal (Cuadro 2). Es importante resaltar que aquí, observamos que la correlación de la CC con el HOMA-IR fue sustancialmente mayor comparada con otros estudios^{7,11,19}, esto puede ser resultado del diseño de nuestro estudio, al evaluar la relación de las variables de interés sin influencia de variables no deseadas, como edad, sexo, ejercicio y etnia; sugiere además que, esta relación puede estar subestimada por otros estudios.

El modelo de regresión lineal, mostró que la CC es el único predictor de RI en esta cohorte, ex-

cluyó al IMC y %GC (Cuadro 3), adicionalmente, mostramos que la capacidad predictiva de la CC es mayor en valores más altos de IMC y menor en delgados (Cuadro 4 y Figura 1), en apoyo a esto, observaciones similares fueron hechas en una muestra de estudiantes predominantemente hispanos y afroamericanos, de edades entre 14 y 20 años¹¹. Esto es congruente con el concepto prevalente de los últimos años, sobre la importancia de la distribución del tejido adiposo, particularmente la grasa peri-visceral como elemento clave en las alteraciones metabólicas^{1,20}

Mediante curvas ROC, establecimos que valores ≥ 81.5 cm de CC muestran mayor sensibilidad y especificidad para predecir RI (Figura 2); este es un valor menor al establecido por la NCEP-ATPIII de ≥ 88 cm, como criterio para síndrome metabólico, pero es muy similar a los 80 cm que establece el EGIR para el mismo fin; y mayor al establecido por Gómez y col en ≥ 76.5 cm de CC⁷. Este valor obtenido, menor que el estándar de 88 cm de CC para mujeres, indica que es muy probable que los estándares actuales de las medidas de obesidad en México, subestimen la significancia clínica y epidemiológica de la obesidad, lo que llevaría al ajuste a la baja de estos puntos de corte como en otras poblaciones similares a la nuestra.^{1,10}

En conclusión, en este estudio con los datos obtenidos mostramos que posiblemente la relación entre la CC y el HOMA-IR puede estar sub-

estimada por variables que encubren el fenómeno como la edad, el ejercicio, la etnia y el sexo. Concluimos que en mujeres jóvenes no diabéticas valores ≥ 81.5 cm CC es una medida antropométrica poderosa y única para predecir RI. Proponemos que la CC sea tomada en cuenta por los médicos del primer nivel de atención como herramienta de escrutinio de RI.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Chooi YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. *Metabolism* 2019; 92:6-10.
2. Abdullah A, Peeters A, Courten M, Stoelwinder J. The magnitude of association between overweight and obesity and the risk of diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetes Res Clin Pract* 2010; 89(3): 309-19.
3. Bogardus C, Lillioja S, Mott DM, Hollenbeck C, Reaven GM. Relationship between degree of obesity and in vivo insulin action in man. *Am J Physiol* 1985; 248: E286-E291.
4. Kim JK. Hyperinsulinemic–euglycemic clamp to assess insulin sensitivity in vivo. *Methods Mol Biol* 2009; 560: 221-238.
5. 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(7):412-9.
6. Suárez GS, Díaz GL, Alvarez CA, López FV, Arias GMT, Prieto DM. Use of anthropometric measures to predict insulin resistance. *Endocrinol Nutr* 2008; 55(2):69-77.
7. Gómez GA, Nieto AE, Gómez AC, Figueroa NB, Álvarez AC. Parámetros antropométricos como predictores de resistencia a la insulina en adultos con sobrepeso y obesidad. *At Primaria* 2010; 42(7):364–371.
8. Michaelsen VL, Braaten T, Kvaløy K, Melhus M, Broderstad AR. Relationships between metabolic markers and obesity measures in two populations that differ in stature—The SAMINOR Study. *Obes Sci Pract* 2020; 6(3): 324-339.
9. Faulkner JA. Physiology of swimming and diving. *Res Q* 1966; 37(1):41-54.
10. Fernández RJM, Vayreda M, Casamitjana R, Saez M, Ricart W. Body mass index (BMI) and percent fat mass. A BMI > 27.5 kg/m² could be indicative of obesity in the Spanish population. *Med Clin (Barc)* 2001; 117: 681-684.
11. Wedin WK, Diaz GL, Convit AJ. Prediction of insulin resistance with anthropometric measures: lessons from a large adolescent population. *Diabetes Metab Syndr Obes: Targets Therapy* 2012; 5: 219–225.
12. Ferrannini E, Vichi S, Beck NH, Laakso M, Laakso P, Smith G and European Group for the Study of Insulin Resistance. Insulin Action and Age: European Group for the Study of Insulin Resistance (EGIR). *Diabetes* 1996; 45 (7): 947 - 953.

13. Srinivasan SR, Myers L, Berenson GS. Changes in metabolic syndrome variables since childhood in prehypertensive and hypertensive subjects: The Bogalusa Heart Study. *Hypertension* 2006; 48:33-9.
14. Reinehr T, Andler W. Changes in the atherogenic risk factor profile according to degree of weight loss. *Arch Dis Child* 2004; 89:419 – 422.
15. Keskin M, Kurtoglu S, Kendirci M, Atabek ME, Yazici C. Homeostasis model assessment is more reliable than the fasting glucose/insulin ratio and quantitative insulin sensitivity check index for assessing insulin resistance among obese children and adolescents. *Pediatrics* 2005; 115(4): e500-3.
16. Vasques AC, Rosado LE, Galfenas R, Geloneze B. Critical analysis on the use of the homeostasis model assessment (HOMA) indexes in the evaluation of the insulin resistance and the pancreatic beta cells functional capacity. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2008; 52: 32-9.
17. Silva de Moraes PR, Lima SAL, de Souza VJT, Nogueira NM, Mendonca KL, Rolim-Povoa TI et al. Correlation of Insulin Resistance with Anthropometric Measures and Blood Pressure in Adolescents. *Arq Bras Cardiol* 2016;106(4):319-326.
18. Ceballos PJC, Solís MRA, Quevedo CA, López MJJD, Moreno CML. Resistencia a la insulina y su relación con alteraciones bioquímicas y antropométricas en adolescentes con prediabetes. *Rev Biomed* 2020; 31(1) 22-27.
19. Nițescu M, Streinu CA, Tusaliu M, Pitigoi D, Otelea M. Correlation between the waist circumference, diastolic blood pressure and insulin resistance in non-obese young adults. *Acta Endocrinol (Buc)* 2016; XII (4) 493-499.
20. Lena VG, Adams HB, Peshock R, Willet D, Shah B, Grundy S. Influence of body fat content and distribution on variation in metabolic risk. *J Clin Endocrinol Metab* 2006; 91(11): 4459–4466.