



Trabajo Original

Epidemiología y dietética

Distribución del índice triglicéridos y glucosa (TyG) y el modelo homeostático para la evaluación de la resistencia a la insulina en la adolescencia tardía en mexicanos *Distribution of triglycerides and glucose (TyG) index and homeostasis model assessment insulin resistance for the evaluation of insulin sensitivity on late adolescence in Mexicans*

Mariela Vega-Cárdenas¹, Jorge Flores-Sánchez², María Lucina Torres-Rodríguez², Omar-Sánchez-Armáss³, Juan Manuel Vargas-Morales⁴, Patricia Elizabeth Cossío-Torres⁵, Margarita Terán-García⁶, Celia Aradillas-García¹; UP-AMIGOS Team

¹Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México.

²Laboratorio de Especialidades Médicas. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. ³Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. ⁴Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México.

⁵Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. ⁶Division of Nutritional Sciences. University of Illinois at Urbana-Champaign. Urbana, Illinois. EE. UU.

Resumen

Introducción: cuando los tejidos periféricos tienen una incapacidad para responder a la acción de la insulina se denomina resistencia a la insulina (RI). Existen diferentes métodos para la identificación de la RI; uno de estos es el índice HOMA-IR, que utiliza los parámetros de laboratorio, glucosa e insulina en ayunas. El índice triglicéridos y glucosa (TyG) presenta la ventaja de solo necesitar análisis de laboratorio de rutina.

Objetivo: evaluación de la distribución de los índices HOMA-IR y TyG en la población, así como determinar la capacidad predictiva del índice HOMA-IR utilizando el TyG como prueba diagnóstica para la RI.

Materiales y métodos: estudio analítico transversal con 1686 participantes de 18 a 21 años del estado de San Luis Potosí. Se tomaron variables antropométricas de peso y talla y se cuantificó la concentración de glucosa, insulina y triglicéridos en ayuno. Además, se realizó un cuestionario para conocer los antecedentes hereditarios y la presencia de enfermedades no transmisibles (ENT). Para la comparación entre mujeres y hombres se realizó una prueba de la t de Student y se realizaron curvas operador receptor (COR) para determinar los valores de corte del HOMA-IR.

Resultados: el 56 % de la población fueron mujeres y el 44 % hombres; la media del IMC fue de $22,62 \pm 3,21$ kg/m². En la población total de estudio, la media de la concentración sérica de glucosa, insulina y triglicéridos fue de $89,48 \pm 9,84$ mg/dL, $6,26 \pm 5,04$ μU/mL y $95,64 \pm 55,78$ mg/dL, respectivamente. Se determinó una prevalencia del 28,2 % de la RI evaluada con los puntos de corte para el índice TyG. Posteriormente se realizaron curvas operador receptor (COR) para evaluar la capacidad predictiva del HOMA-IR. El valor de corte más destacado fue de 1,08 para el índice HOMA-IR, alcanzando una sensibilidad del 66 % y una especificidad del 53 %. La prevalencia del HOMA-IR mayor o igual a 1,18 fue del 47 % en la población total, del 19,3 % en los hombres y del 28,5 % en las mujeres.

Conclusiones: los índices HOMA-IR y TyG pueden ser parámetros de utilidad diagnóstica para la valoración de la RI en la adolescencia tardía. Con el objetivo de brindar una guía de salud para la RI, proponemos que se debe considerar como objetivo un valor de HOMA-IR $\leq 1,08$.

Palabras clave:

Resistencia a la insulina.
Sobrepeso. Obesidad.
Factores de riesgo. HOMA-IR. Índice TyG.

Recibido: 14/03/2022 • Aceptado: 21/08/2022

Agradecimientos: agradecemos a Gicela de Jesús Galván-Almazán y a Marisol Vidal-Batres su aporte técnico en este trabajo.

Información de financiación: este estudio fue financiado por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, el Laboratorio de Bioquímica Clínica de la Facultad de Ciencias Químicas y el Centro Universitario de Salud de la UASLP bajo el convenio CO9-PIFI-030606 (a C.A.-G.). El financiamiento también fue proporcionado por la Junta de Investigación de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign; ACES Office of Research FIRE grant (a M.T.-G. y Wiley), y el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura del USDA, Proyectos Hatch No. ILLU-968-312 y No. ILLU -793-374 (a M.T.-G.).

Conflictos de intereses: los autores no declaran conflictos de intereses.

Vega-Cárdenas M, Flores-Sánchez J, Torres-Rodríguez ML, Sánchez-Armáss O, Vargas-Morales JM, Cossío-Torres PE, Terán-García M, Aradillas-García C; UP-AMIGOS Team. Distribución del índice triglicéridos y glucosa (TyG) y el modelo homeostático para la evaluación de la resistencia a la insulina en la adolescencia tardía en mexicanos. *Nutr Hosp* 2022;39(6):1349-1356

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.04120>

Correspondencia:

Celia Aradillas-García. Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Venustiano Carranza 2405, Colonia Los Filtrros. C.P. 78210 San Luis Potosí, San Luis Potosí. México
e-mail: celia@uaslp.mx

Abstract

Introduction: when peripheral tissues don't respond well to insulin action, it is defined as insulin resistance (IR). Many methods and indices are available for the estimation of IR, among them the homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) involves fasting plasma glucose and insulin. Nevertheless, the TyG index has a methodological advantage over the HOMA-IR because it requires only measurements provided by routine laboratory tests.

Aim: distribution assessment of the HOMA-IR and TyG indexes in the sample. Also, to determine the predictive capacity of HOMA-IR, using TyG cutoff point as IR-positive diagnostic test.

Materials and methods: a cross-sectional analytical study with 1686 participants aged 18 to 21 years from the state of San Luis Potosí, Mexico. Anthropometric assessment involves variables of weight and height. Fasting glucose, insulin and triglyceride concentrations were quantified. In addition, a questionnaire was carried out to know the hereditary family history and the presence of noncommunicable diseases (NCDs). Student's t-test was used to assess the differences in mean statistics between males and females. A receiver operating characteristic (ROC) curve was applied to examine the potential of HOMA-IR to identify IR.

Results: 56 % of the study adolescents were females and 44 % were males; mean BMI was 22.62 ± 3.21 kg/m². In the total sample mean serum glucose, insulin, and triglyceride concentrations were 89.48 ± 9.84 mg/dL, 6.26 ± 5.04 μU/mL, and 95.64 ± 55.78 mg/dL, respectively. A prevalence of 28.2 % of IR was determined, evaluated with the cut-off points for the TyG index. Subsequently, Receiver Operator Curves (ROC) were performed to evaluate the predictive capacity of HOMA-IR. The most outstanding cut-off value was 1.08 for the HOMA-IR index, reaching a sensitivity of 66 % and a specificity of 53 %. The prevalence of HOMA-IR greater than or equal to 1.18 was 47 % in the total population, 19.3 % in males and 28.5 % in females

Conclusions: HOMA-IR and TyG can be useful diagnostic parameters for the assessment of IR in late adolescence. To provide a health guide for IR, we propose that a HOMA-IR target value ≤ 1.08 should be considered.

Keywords:

Insulin resistance. Overweight. Obesity. Risk factors HOMA-IR. TyG index.

INTRODUCCIÓN

La insulina es una hormona esencialmente anabólica y su principal función es regular la homeostasis de la glucosa, los lípidos y las proteínas; actúa al unirse a su receptor específico, activando la cascada de señalización intracelular de la insulina para llevar a cabo sus funciones (1). La unión de la insulina con su receptor estimula su autofosforilación y de manera subsecuente la del sustrato del receptor de insulina (SRI); este es un evento crucial que modula la acción de la hormona y, a su vez, es uno de los eventos moleculares clave que se relacionan con el desarrollo de la resistencia a la insulina (RI), que se asocia a un estado de inflamación crónica de bajo grado que se produce en el tejido adiposo del individuo con obesidad (2).

La RI se genera cuando hay una incapacidad de los tejidos periféricos para responder a la acción de esta hormona (3). Básicamente, son defectos en la acción sobre el metabolismo de la glucosa, en la incapacidad de suprimir la producción hepática y renal de glucosa, y en la resistencia a la acción fisiológica en los tejidos insulino-sensibles como el músculo, hígado y tejido adiposo (4). En el mismo sentido, la RI se ha caracterizado por una interacción compleja entre determinantes genéticos, factores nutricionales y estilo de vida sedentario que se asocia fuertemente con el desarrollo de enfermedades no transmisibles como la diabetes *mellitus* tipo 2, la enfermedad cardiovascular y el cáncer, además de definirse como el componente central del síndrome metabólico (5,6).

El método estándar para medir la sensibilidad a la insulina es la técnica de la pinza euglicémica-hiperinsulinémica, la cual es costosa, invasiva y poco accesible, por lo que se han desarrollado métodos alternos para la identificación temprana de la RI, siendo entre estos el más utilizado el índice HOMA-IR, el cual solo requiere cuantificar la glucosa y la insulina en ayuno (7). Recientemente, Guerrero-Romero y colaboradores propusieron y validaron un nuevo índice para el reconocimiento temprano de la

RI en adultos jóvenes, el índice de triglicéridos y glucosa (TyG). El punto de corte para diagnóstico de la RI del índice TyG fue de 4,55 para las mujeres y 4,68 en los hombres. El índice TyG se define como el logaritmo natural del producto de la concentración de triglicéridos por la concentración de glucosa en ayuno sobre dos: $\{TyG = [Ln (\text{Triglicéridos en ayuno, mg/dL} \times \text{Glucosa en ayuno, mg/dL}) / 2]\}$. Este índice tiene ventajas ya que resulta del análisis de laboratorio de rutina y no requiere la cuantificación de insulina (7).

Por otro lado, según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 (ENSANUT 2018) de México, el sobrepeso y la obesidad son el problema nutricional más frecuente entre la población escolar, adolescente y adulta, lo que resulta preocupante por los efectos adversos que conlleva el incremento del peso sobre la salud. Las enfermedades crónicas no transmisibles que se asocian al sobrepeso y la obesidad, como la hipertensión arterial, la diabetes *mellitus* tipo 2 y las dislipidemias representan un problema grave de salud pública, por lo que resulta de gran valía la identificación temprana de los factores de riesgo que predisponen al desarrollo de estas (8). En el mismo sentido se consideran los valores elevados de la concentración sérica de insulina, glucosa y triglicéridos en ayuno, que además se acompañan de HDL-C bajo y aumento de triglicéridos, lo cual facilita la transferencia de ésteres de colesterol y triglicéridos entre lipoproteínas (7), tratándose de factores de riesgo que se asocian al desarrollo de RI y preceden al desarrollo de otras enfermedades no transmisibles que representan un problema grave de salud pública. Por lo tanto, la cuantificación de estas variables puede ser una herramienta de utilidad diagnóstica para la valoración de la sensibilidad a la insulina.

La sensibilidad a la insulina varía de acuerdo con el peso corporal, el tipo de alimentación, el tipo de población, el grupo etario y el sexo, por lo que estudios que se enfoquen en determinar la distribución de esta en las diferentes poblaciones son necesarios. Actualmente no existen valores reportados de la distribución

del índice HOMA-IR y del índice TyG en la adolescencia tardía de la población mexicana. De ahí que, en el presente trabajo, se planteó como objetivo determinar el índice HOMA-IR y el índice TyG, a través de la cuantificación sérica de glucosa, insulina y triglicéridos para evaluar la capacidad predictiva del HOMA-IR para la RI, utilizando el TyG como prueba diagnóstica para establecer el punto de corte del HOMA IR en esta población de jóvenes mexicanos de 18 a 21 años (adolescencia tardía). Determinar los valores de corte óptimos para el HOMA-IR facilitaría el diagnóstico de la RI en la población joven.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio transversal analítico que fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación para la Salud de los Servicios de Salud del Estado de San Luis Potosí, México, con número de registro SLP/012-2010. Todos los participantes fueron notificados adecuadamente sobre la estrategia del proyecto de investigación y firmaron el consentimiento informado sobre el mismo.

Se evaluaron un total de 1909 adultos jóvenes, 1060 mujeres (55,5 %) y 849 hombres (44,5 %) que acudieron al Centro de Salud Universitario de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), México.

EVALUACIÓN CLÍNICA

Mediante un cuestionario ex profeso se obtuvo información sobre los antecedentes personales patológicos y los antecedentes hereditarios de la historia clínica, además de aspectos socioeconómicos, de educación y clínicos, incluyendo edad, género, actividad física y dieta. El estudio incluyó adultos jóvenes que: a) tuvieran entre 18 y 21 años; b) fueran clínicamente sanos; c) presentaran un estatus nutricional que los clasificara como sujetos con normopeso o sobrepeso; y d) disponibilidad para participar en el estudio y firmar el consentimiento informado. Los criterios de no inclusión fueron: la presencia de enfermedades no transmisibles como hipertensión, diabetes, dislipidemias y obesidad ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$), de uso de anticonceptivos y de embarazo.

VALORACIÓN ANTROPOMÉTRICA

Las medidas antropométricas de peso y talla fueron obtenidas en los sujetos con ropa ligera, sin calzado y en ayuno, utilizando una báscula con estadiómetro incluido de la marca Seca 213, de 205 cm. El índice de masa corporal (IMC) se calculó por medio de la fórmula de Quetelet, donde $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$. Todas las medidas se llevaron a cabo por personal entrenado del Centro de Salud Universitario de la UASLP por duplicado.

ESTUDIOS DE LABORATORIO

Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena antecubital de los participantes, con ayuno previo de 12 horas; se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 min y el suero obtenido se congeló a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta la realización de los análisis de laboratorio. La glucosa en ayunas y los triglicéridos se cuantificaron en un autoanalizador modelo BS 300 Mindray®. La insulina sérica se midió por el método de quimioluminiscencia en un aparato Immulite 1000. El índice de HOMA-IR y el índice TyG se calcularon mediante las siguientes fórmulas: $\{[\text{insulina en ayuno } (\mu\text{U/mL}) \times \text{glucosa en ayuno (mmol/L)}] / 22,5\}$ y $\{\text{Ln} [\text{triglicéridos en ayuno (mg/dL)} \times \text{glucosa en ayuno (mg/dL)}] / 2\}$, respectivamente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizó la bondad de ajuste de los datos a una distribución normal utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables continuas se reportaron como media \pm DE y las variables categóricas se expresaron como proporciones. Para el análisis bivariado, la comparación entre mujeres y hombres se llevó a cabo por la prueba de la t de Student. Se utilizó el ANOVA de una vía seguido de la comparación de medias para estimar las diferencias entre más de dos grupos. Para conocer la capacidad predictiva del índice HOMA-IR sobre la RI, evaluada con los puntos de corte para hombres y mujeres del índice TyG, se realizaron curvas operador receptor (por sus siglas en inglés, ROC). Se determinaron los valores de corte para el HOMA-IR a partir del índice de Youden (mayor sensibilidad y especificidad conjuntas). Además, la precisión diagnóstica se determinó a partir de la sensibilidad y especificidad, con los valores predictivos positivos y negativos. Se evaluó la asociación entre el logaritmo de las probabilidades de diagnosticar la RI según la puntuación HOMA-IR mediante regresión logística.

El análisis de los datos fue mediante la estadística descriptiva; se utilizó el programa estadístico SPSS para Windows 20,0 (Chicago, IL, USA). Un valor de $p < 0,05$ representó la significancia estadística.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ADULTOS JÓVENES DE ACUERDO CON EL SEXO

Del total de individuos, 159 fueron excluidos de la investigación por presentar un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$, quedando una muestra final de 1686 participantes. De los 1686 participantes que fueron incluidos en el protocolo de estudio, 943 eran mujeres (56 %) y 743 hombres (44 %). En la población total la media de edad fue de $18,45 \pm 0,76$ años, valores que no fueron significativamente diferentes cuando se compararon por sexo ($18,48 \pm 0,79$ años en hombres y $18,42 \pm 0,73$ años en mujeres). En la tabla I

se muestran los valores de los parámetros antropométricos y bioquímicos de la población total del estudio y categorizada por sexo. El IMC fue de $22,62 \pm 3,22$ kg/m² en la población total y fue estadísticamente mayor en hombres que en mujeres con $22,98 \pm 3,32$ kg/m² y $22,34 \pm 3,11$ kg/m², respectivamente. La media de la concentración sérica de glucosa, insulina y triglicéridos en la población total fue de $89,48 \pm 9,84$ mg/dL, $6,26 \pm 5,04$ µU/mL y $95,64 \pm 55,78$ mg/dL, respectivamente. En la comparación de los niveles de los parámetros evaluados por sexo, la media de la concentración de glucosa de $91,68 \pm 11,50$ y triglicéridos de $100,06 \pm 54,86$ mg/dL en hombres comparada con los niveles de glucosa de $87,74 \pm 7,87$ mg/dL y $92,15 \pm 56,28$ mg/dL de triglicéridos en mujeres fueron estadísticamente mayores. En relación con las concentraciones de insulina se determinó que el valor de la media de $6,80 \pm 5,27$ µU/mL en mujeres fue significativamente mayor que el valor de $5,59 \pm 4,65$ µU/mL en hombres. El valor de la media del índice de HOMA-IR fue de $1,40 \pm 1,19$ para la población total y fue significativamente más alto en mujeres que en hombres ($1,49 \pm 1,19$ y $1,28 \pm 1,18$, respectivamente), mientras que el índice de TyG fue de $4,47 \pm 0,24$ en la población total y resultó ser estadísticamente mayor en hombres ($4,50 \pm 0,24$) que en mujeres ($4,44 \pm 0,24$).

VARIABLES BIOQUÍMICAS ASOCIADAS A LA RI

Por otra parte, los parámetros bioquímicos de glucosa, insulina, triglicéridos, la distribución para el índice de HOMA IR y el índice de TyG por edad en hombres y mujeres se muestran en la tabla II y la tabla III, respectivamente.

CAPACIDAD PREDICTIVA DEL HOMA-IR PARA LA RI EVALUADA COMO ÍNDICE TyG

Se determinó la capacidad predictiva de índice HOMA-IR para discriminar la RI entre la población total de estudio, utilizando el índice TyG como prueba positiva, lo cual mostró una prevalencia del 28,2 % de RI evaluada con los puntos de corte del índice TyG. Posteriormente, los valores del área bajo la curva (ABC), obtenidos a partir de las curvas ROC, se muestran en la figura 1. El índice HOMA-IR mostró un ABC de 0,65 (IC 95 %: 0,628-0,689), representado en la tabla IV. En la tabla IV también podemos observar los valores predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN). A partir del índice de Youden ($IJ = S + E - 1$) se determinaron los puntos de corte para el HOMA-IR. El valor de corte más destacado fue 1,08, alcanzando una sensibilidad del 66 % y una especificidad del 53 %. La prevalencia del HOMA-IR mayor o igual a 1,18 fue de 47 % en la población total, del 19,3 % en los hombres y del 28,5 % en las mujeres. La tabla V muestra los valores de *odds ratios* (OR) e intervalos de confianza (CI) del 95 % para la regresión logística. La medición del HOMA-IR influye de manera estadísticamente significativa en las probabilidades que se clasifique al participante como con RI; en las mujeres, las probabilidades son de 1,54 veces por cada unidad de HOMA-IR y en hombres de 1,86.

Se realizó un análisis estadístico complementario para evaluar la capacidad predictiva del HOMA-IR tomando en cuenta a los 159 individuos excluidos en el análisis principal por presentar un IMC > 30 kg/m². En este sentido, el índice HOMA-IR mostró un ABC de 0,682 (IC 95 %: 0,655-0,709), representado en la figura 2, así como el valor de corte más destacado de 1,16 para el HOMA-IR, alcanzando una sensibilidad del 68 % y una especificidad del 55 %.

Tabla I. Parámetros antropométricos y clínicos de la población de estudio total y por sexos

Variable	Población total n = 1686	Hombres n = 743	Mujeres n = 943
Edad [años]	18,45 ± 0,76	18,48 ± 0,79	18,42 ± 0,73
Talla [m]	1,64 ± 0,09	1,71 ± 0,06	1,58 ± 0,06
Peso [kg]	61,07 ± 11,60	67,31 ± 11,54	56,16 ± 9,01
IMC [kg/m ²]	22,62 ± 3,21	22,98 ± 3,32	22,34 ± 3,11
Glucosa [mg/dL]	89,48 ± 9,84	91,68 ± 11,50	87,74 ± 7,87
Glucosa [mmol/L]	4,97 ± 0,55	5,09 ± 0,64	4,87 ± 0,44
Insulina [µU/mL]	6,26 ± 5,04	5,59 ± 4,65	6,80 ± 5,27
Triglicéridos [mg/dL]	95,64 ± 55,78	100,06 ± 54,86	92,15 ± 56,28
HOMA IR	1,40 ± 1,19	1,28 ± 1,18	1,49 ± 1,19
TyG	4,47 ± 0,24	4,50 ± 0,24	4,44 ± 0,23

Los valores representan la media ± DE.

Tabla II. Valores de glucosa, insulina, triglicéridos, HOMA IR y TyG en hombres, por edades

Hombres							
Edad (años)	n	Glucosa (mmol/L)	Insulina (μU/MI)	Índice HOMA	Triglicéridos (mg/dL)	Glucosa (mg/dL)	Índice TyG
18	500	5,12 ± 0,72	5,56 ± 4,19	1,27 ± 0,98	98,19 ± 53,84	92,12 ± 12,9	4,49 ± 0,24
19	152	5,04 ± 6,28	5,87 ± 6,28	1,36 ± 1,78	98,07 ± 49,90	90,77 ± 8,16	4,49 ± 0,23
20	66	5,08 ± 0,38	5,59 ± 4,00	1,27 ± 0,91	116,21 ± 70,11	91,54 ± 6,81	4,56 ± 0,27
21	25	4,94 ± 0,46	4,46 ± 3,26	1,01 ± 0,8	106,92 ± 54,23	88,84 ± 8,22	4,53 ± 0,23

Los valores representan la media ± DE.

Tabla III. Valores de glucosa, insulina, triglicéridos, HOMA IR y TyG en mujeres, por edades

Mujeres							
Edad (años)	n	Glucosa (mmol/L)	Insulina (μU/MI)	Índice HOMA IR	triglicéridos (mg/dL)	Glucosa (mg/dL)	Índice TyG
18	658	4,86 ± 0,44	6,86 ± 5,30	1,50 ± 1,20	93,36 ± 61,62	87,51 ± 7,87	4,44 ± 0,25
19	195	4,91 ± 0,46	6,94 ± 5,74	1,52 ± 1,28	88,76 ± 39,04	88,47 ± 8,22	4,44 ± 0,20
20	66	4,92 ± 0,34	6,37 ± 3,49	1,40 ± 0,78	90,76 ± 48,77	88,67 ± 6,10	4,44 ± 0,22
21	24	4,74 ± 0,48	5,09 ± 4,14	1,07 ± 0,89	90,12 ± 36,93	85,38 ± 8,67	4,44 ± 0,20

Los valores representan la media ± DE.

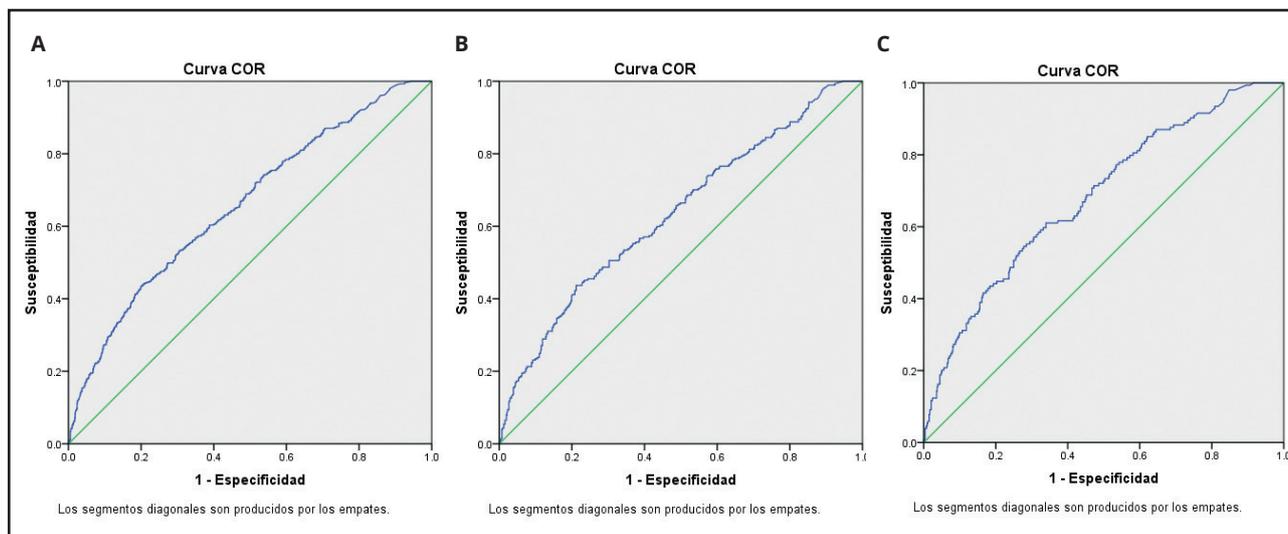


Figura 1.

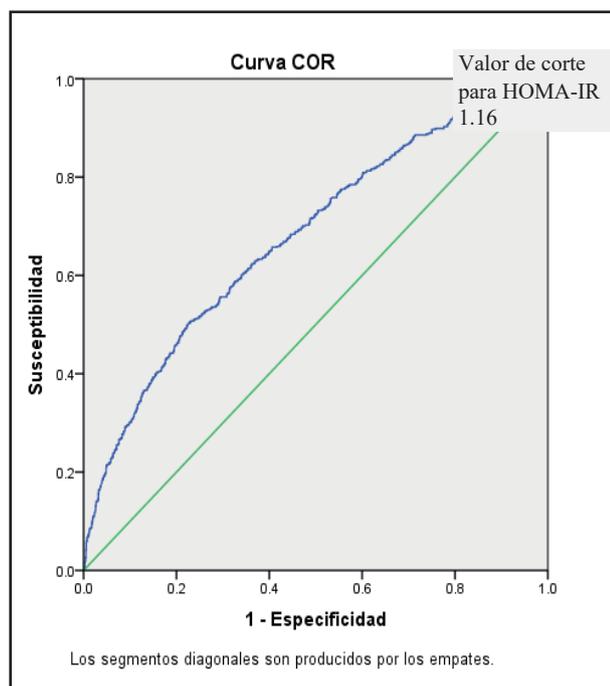
Curva ROC para la identificación del punto de corte de HOMA para identificar la RI utilizando el índice TyG (ambos sexos [A], mujeres [B]; hombres [C]).

Tabla IV. Análisis COR para el punto de corte de HOMA-IR que identifica la RI utilizando el índice TyG

HOMA-IR	AUC (IC 95 %)	Valor de corte	Sensibilidad	Especificidad	YI	VPP	VPN
Población total	0,659 (0,628-0,689)	1,08	66 %	53 %	0,19	35 %	80 %
Mujeres	0,634 (0,593-0,674)	1,16	63 %	53 %	0,16	40 %	74 %
Hombres	0,682 (0,635-0,730)	0,99	68 %	55 %	0,23	30 %	86 %

Tabla V. Valores de *odds ratio* (OR) para la RI como variable dependiente

HOMA-IR Predictor	OR	IC 95 %	p
Hombres	1,86	1,54-2,25	0,000
Mujeres	1,54	1,34-1,78	0,000

**Figura 2.**

Curva ROC para la identificación del punto de corte de HOMA para identificar la RI utilizando el índice TyG, incluyendo a individuos con obesidad.

DISCUSIÓN

Este estudio presenta por primera vez en San Luis Potosí (México) los puntos de corte del HOMA-IR que podrán usarse como valores de referencia en la evaluación de la sensibilidad a la insulina en el contexto de la adolescencia tardía, lo cual constituye una evidencia sólida sobre la utilización del índice TyG para la determinación de la RI. El valor de corte de 1,08 para el HOMA-IR propuesto en este trabajo es menor comparado con lo previamente reportado (9), siendo las características de la población uno de los factores que pueden explicar estas diferencias. En este sentido, la población del estudio es metabólicamente sana, hecho evidenciado por la media de los niveles de glucosa, insulina y triglicéridos, los cuales se encuentran dentro del rango de los parámetros normales, y porque, en relación al estatus nutricional, la media del IMC categoriza a los participantes como normopeso de acuerdo con la OMS (Tabla I), de ahí que los valores del HOMA-IR sean menores.

El índice TyG es un adecuado predictor de la RI cuando se compara con el HOMA-IR y el método de la pinza euglicémica-hiperinsulinémica en individuos con diferentes grados de adiposidad y de niveles de glucosa, y ha mostrado una correlación positiva y significativa con el porcentaje de hemoglobina glucosilada en pacientes con DMT2 (10-12). Además, el TyG presenta la ventaja de que tanto las concentraciones de triglicéridos como las de glucosa son más económicas que la insulina y se miden de forma rutinaria, por lo que pueden utilizarse ampliamente en la práctica clínica. Por lo tanto, en este estudio se seleccionaron los puntos de corte del índice TyG en mujeres (4,55) y hombres (4,68) propuestos por Guerrero-Romero y colaboradores para adultos jóvenes, ya que reportaron una sensibilidad del 96,5 % y una especificidad del 85,0 % al diagnosticar la RI en comparación con la pinza euglicémica-hiperinsulinémica. Se determinó una prevalencia del 28,2 % para la RI en la población total, mientras que la media para los valores obtenidos con el índice TyG fue de $4,50 \pm 0,24$ en hombres y $4,44 \pm 0,23$ en mujeres.

Por otro lado, la RI que se presenta en la adolescencia muestra una tendencia a persistir e incrementarse en la adultez, por lo que su identificación en esta etapa servirá para la identificación

del riesgo de DMT2, así como de complicaciones cardiovasculares (13). Se ha reportado que ante la dificultad y falta de practicidad de la pinza euglicémica-hiperinsulinémica, el HOMA-IR es una adecuada herramienta por la demostrada correlación con la prueba de oro para el diagnóstico. Se han propuesto puntos de corte para la identificación de RI pero la falta de consistencia en los diferentes estudios ha limitado su utilidad como biomarcador diagnóstico de la RI y su utilización en la práctica clínica (14,15). La distribución del índice HOMA IR entre los jóvenes de 18 a 21 mostró valores de $1,40 \pm 1,19$ en la población total. El uso de valores de corte del HOMA-IR para identificar a las personas con RI conduce a ciertos problemas al no considerar factores como el sexo, la edad o la etnia, así como la presencia de alteraciones metabólicas; además, los valores de corte reportados en la literatura varían ampliamente. Dentro de los objetivos de este trabajo se encontraba el de determinar el punto de corte óptimo del HOMA-IR para discriminar la RI cuando se utiliza el índice TyG. El punto de corte propuesto es 1,08, basado en el punto que produce la mayor capacidad discriminativa en el análisis COR, lo cual representa una estrategia adecuada para especificar puntos de corte que posean un mayor valor clínico. Sin embargo, al comparar los valores para hombres y mujeres de forma independiente se determinó que el punto de corte de las mujeres es ligeramente mayor (0,99 en las mujeres, 1,16 en los hombres). La población del estudio se compone de individuos metabólicamente sanos y esto se relaciona con que los valores de HOMA-IR sean menores en comparación con los de poblaciones con obesidad, prediabetes y DMT2 (16). Por lo anterior, una de las fortalezas de este trabajo es la evaluación del HOMA-IR en una población metabólicamente sana con la finalidad de proveer información para el diseño de estándares para la prevención primaria de la DMT2. Sin embargo, consideramos que no es adecuado diagnosticar la RI mediante el HOMA-IR, debido a que el ABC es menor de 0,7, por lo que no puede recomendarse como una prueba de valoración. El valor predictivo positivo calculado es bajo debido a la prevalencia de la RI en la población total, mientras que el valor predictivo negativo es alto, demostrando la especificidad del valor de corte. Este resultado es similar al reportado por Guerrero-Romero y colaboradores, que determinaron que, usando como referencia el método de la pinza euglicémica-hiperinsulinémica, obtuvieron un ABC de 0,67 en los hombres y del 0,68 en las mujeres, reportando además una concordancia diagnóstica entre el TyG y el HOMA-IR de 0,934 y 0,91 (17), con lo que este trabajo constituye una evidencia más para el uso de TyG como herramienta para evaluar la presencia de RI.

Sabemos que la obesidad continúa siendo un problema altamente prevalente en la población mexicana. De acuerdo con el último reporte de la Encuesta de Salud y Nutrición (ENSA-NUT 2018-2019), la prevalencia de la obesidad se ha incrementado en las últimas décadas. En el grupo de adolescentes de 12 a 19 años, el 14,1 % de mujeres y el 15,1 % de hombres presentan obesidad. En el análisis estadístico complementario pudimos evaluar que, al incluir a individuos con obesidad, el análisis de la COR resulta un mejor modelo al obtener un IC 95 % del

ABC por encima de 0,7; este resultado es el esperado debido a que la obesidad se considera un factor de riesgo para desarrollar RI ya que la hipertrofia del tejido adiposo aumenta la producción de citoquinas proinflamatorias (18). El aumento de la obesidad en el grupo de adolescentes es un tema preocupante debido a la asociación de la obesidad como factor de riesgo cardiovascular y para la diabetes *mellitus* de tipo 2 (DMT2) (19).

El presente trabajo es la primera investigación que busca establecer los puntos de corte del HOMA-IR en una población adulta joven para diagnosticar la RI definida por el índice TyG, método ampliamente utilizado en los estudios epidemiológicos y que representa una herramienta útil y práctica para establecer puntos de corte en una población donde no se presenten alteraciones metabólicas como las dislipidemias y obesidad. Además, consideramos que el tamaño de la muestra es representativo.

CONCLUSIÓN

El presente estudio determinó las características del índice TyG en una muestra representativa de población joven y metabólicamente sana, lo que constituye una evidencia más de la utilidad clínica del índice como valoración simple, accesible y económica de la RI, por su alta sensibilidad y especificidad. Por otro lado, el índice HOMA-IR igual a 1,08 se determinó como el valor de corte óptimo para la identificación de los individuos con riesgo de RI cuando se utiliza el índice TyG como prueba positiva. Se presentaron variaciones en relación con el sexo, obteniéndose un valor límite para las mujeres ligeramente inferior al de los hombres. Con el objetivo de brindar una guía de salud para la RI, proponemos que se debe considerar como objetivo un valor de HOMA-IR $\leq 1,08$.

BIBLIOGRAFÍA

1. Srivastava AK, Bajpai P, Jain A. Insulin Action; Post-Receptor Mechanisms. *Encycl Endocr Dis* 2018;2018:100-4. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.95802-1
2. Tilg H, Moschen AR. Inflammatory mechanisms in the regulation of insulin resistance. *Mol Med* 2008;14(3-4):222-31. DOI: 10.2119/2007-00119
3. Kang S, Tsai LT, Rosen ED. Nuclear Mechanisms of Insulin Resistance. *Trends Cell Biol* 2016;26(5):341-51. DOI: 10.1016/j.tcb.2016.01.002
4. Bastarrachea RA, López-Alvarenga JC, Bolado-García VE, Téllez-Mendoza J, Laviada-Molina H, Comuzzie AG. Macrófagos, inflamación, tejido adiposo, obesidad y resistencia a la insulina [Macrophages, inflammation, adipose tissue, obesity and insulin resistance]. *Gac Med Mex* 2007;143(6):505-12. Spanish.
5. Gregor MF, Hotamisligil GS. Inflammatory mechanisms in obesity. *Annu Rev Immunol* 2011;29:415-45. DOI: 10.1146/annurev-immunol-031210-101322
6. Capasso I, Esposito E, Pentimalli F, Montella M, Crispo A, Maurea N, et al. Homeostasis model assessment to detect insulin resistance and identify patients at high risk of breast cancer development: National Cancer Institute of Naples experience. *J Exp Clin Cancer Res* 2013;32(1):14. DOI: 10.1186/1756-9966-32-14
7. Guerrero-Romero F, Simental-Mendía LE, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernández-González SO, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metab* 2010;95(7):3347-51. DOI: 10.1210/jc.2010-0288

8. Barquera S, Campos-Nonato I, Hernández-Barrera L, Flores M, Durazo-Arvizu R, Kanter R, et al. Obesity and central adiposity in Mexican adults: results from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex* 2009;51(Suppl 4):S595-603. DOI: 10.1590/s0036-36342009001000014
9. Sánchez-García A, Rodríguez-Gutiérrez R, Mancillas-Adame L, González-Nava V, Díaz González-Colmenero A, Solís RC, et al. Diagnostic Accuracy of the Triglyceride and Glucose Index for Insulin Resistance: A Systematic Review. *Int J Endocrinol* 2020;2020:4678526. DOI: 10.1155/2020/4678526
10. Vasques AC, Novaes FS, de Oliveira Mda S, Souza JR, Yamanaka A, Pareja JC, et al. TyG index performs better than HOMA in a Brazilian population: a hyperglycemic clamp validated study. *Diabetes Res Clin Pract* 2011;93(3):e98-e100. DOI: 10.1016/j.diabres.2011.05.030
11. Babic N, Valjevac A, Zaciragic A, Avdagic N, Zukic S, Hasic S. The Triglyceride/HDL Ratio and Triglyceride Glucose Index as Predictors of Glycemic Control in Patients with Diabetes Mellitus Type 2. *Med Arch* 2019;73(3):163-8. DOI: 10.5455/medarh.2019.73.163-168.
12. Aman M, Resnawita D, Rasyid H, Kasim H, Bakri S, Umar H, et al. The concordance of triglyceride glucose index (TyG index) and homeostatic model assessment for insulin resistance (Homa-IR) in non-diabetic subjects of adult Indonesian males. *Clin Epidemiol Glob Heal* 2021;9:227-30. DOI: 10.1016/J.CEGH.2020.09.003
13. Haymond MW. Measuring insulin resistance: a task worth doing. But how? *Pediatr Diabetes* 2003;4(3):115-8. DOI: 10.1034/j.1399-5448.2003.00024.x
14. Conwell LS, Trost SG, Brown WJ, Batch JA. Indexes of insulin resistance and secretion in obese children and adolescents: a validation study. *Diabetes Care* 2004;27(2):314-9. DOI: 10.2337/diacare.27.2.314
15. Juárez-López C, Klünder-Klünder M, Medina-Bravo P, Madrigal-Azcárate A, Mass-Díaz E, Flores-Huerta S. Insulin resistance and its association with the components of the metabolic syndrome among obese children and adolescents. *BMC Public Health* 2010;10:318. DOI: 10.1186/1471-2458-10-318
16. Horáková D, Štěpánek L, Janout V, Janoutová J, Pastucha D, Kollárová H, et al. Optimal Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR) Cut-Offs: A Cross-Sectional Study in the Czech Population. *Medicina (Kaunas)* 2019;55(5):158. DOI: 10.3390/medicina55050158
17. Guerrero-Romero F, Villalobos-Molina R, Jiménez-Flores JR, Simental-Mendia LE, Méndez-Cruz R, Murguía-Romero M, et al. Fasting Triglycerides and Glucose Index as a Diagnostic Test for Insulin Resistance in Young Adults. *Arch Med Res* 2016;47(5):382-7. DOI: 10.1016/j.arcmed.2016.08.012
18. Barber , Kyrou I, Randeva HS, Weickert MO. Mechanisms of Insulin Resistance at the Crossroad of Obesity with Associated Metabolic Abnormalities and Cognitive Dysfunction. *Int J Mol Sci* 2021;22(2):546. DOI: 10.3390/ijms22020546
19. Bays HE, Chapman RH, Grandy S; SHIELD Investigators' Group. The relationship of body mass index to diabetes mellitus, hypertension and dyslipidaemia: comparison of data from two national surveys. *Int J Clin Pract* 2007;61(5):737-47. DOI: 10.1111/j.1742-1241.2007.01336.x. Erratum in: *Int J Clin Pract* 2007;61(10):1777-8.