

## ORIGINAL

# Relación de los Índices de Adiposidad Visceral (VAI) y Adiposidad Disfuncional (DAI) con las escalas de riesgo de resistencia a la insulina y prediabetes

*Visceral Adiposity Index (VAI) and Dysfunctional Adiposity Index (DAI).  
Relationship with insulin resistance and prediabetes risk*

M<sup>a</sup> Teófila Vicente-Herrero<sup>1</sup> , Mónica Egea Sancho<sup>2</sup> ,  
M<sup>a</sup> Victoria Ramírez Iñiguez de la Torre<sup>3</sup> , Ángel Arturo López-González<sup>1,4</sup> 

1. Grupo ADEMA-SALUD del Instituto Universitario de Ciencias de la Salud-IUNICS Islas Baleares (España)

2. Servicio de Salud Ocupacional, Manacor, Illes Balears (España)

3. Servicio de Prevención Propio, Grupo Correos-SEPI-Albacete y Cuenca (España)

4. Servicio de Salud Ocupacional,, Palma de Mallorca. Illes Balears (España)

**Corresponding author**

M<sup>a</sup> Teófila Vicente-Herrero

E-mail: vicenteherreromt@gmail.com

Received: 13 - IX - 2023

Accepted: 11 - X - 2023

doi: 10.3306/AJHS.2024.39.02.25

**Resumen**

**Objetivo:** Estimar en población laboral española la fortaleza asociativa de los índices de adiposidad visceral (DAI) y adiposidad disfuncional (VAI) con Resistencia a la Insulina (RI) y Riesgo de prediabetes.

**Métodos:** análisis descriptivo en trabajadores durante la vigilancia de la salud en sus empresas. Se calculó el VAI y el DAI ajustándose a sus ecuaciones, el Riesgo de Resistencia a la Insulina con las escalas TG/HDL, TyG y METS-IR y el riesgo de prediabetes con PRISQ. Se calculan los valores medios de VAI y DAI y, para la valoración de la fortaleza asociativa se usan las curvas ROC: área bajo la curva (AUC), puntos de corte, sensibilidad, especificidad e índice de Youden. Se utilizó el programa estadístico SPSS 27.0, considerando significación estadística  $p < 0,05$ .

**Resultados:** La prevalencia de resistencia a la insulina y el riesgo de prediabetes son más elevados en hombres que en mujeres. Los valores medios de VAI son más elevados que los de DAI y siempre superiores en los hombres ( $p < 0,0001$ ). La RI en mujeres muestra los porcentajes más altos con TG/HDL y en hombres con TyG. Los índices VAI y DAI muestran alta fortaleza asociativa para resistencia a la insulina en ambos sexos y con los métodos tres utilizados ( $AUC > 0,8$ ) y VAI y DAI para PRISQ muestran moderada fortaleza asociativa en ambos sexos ( $AUC > 0,7 - < 0,8$ ).

**Conclusión:** La estimación del riesgo de resistencia a la insulina es diferente en hombres y mujeres y varía en función del método utilizado. VAI y DAI son estimadores útiles de asociación en Resistencia a la Insulina y moderadamente útiles en prediabetes. Calculada con PRISQ.

**Palabras clave:** Resistencia a la insulina; Riesgo de Prediabetes, Índice de adiposidad visceral, Índice de adiposidad disfuncional, Salud Laboral.

**Abstract**

**Objective:** To estimate the associative relationship of visceral adiposity index (DAI) and dysfunctional adiposity index (VAI) related to insulin resistance and risk of pre-diabetes in the Spanish working population.

**Methods:** descriptive analysis in workers during health surveillance in their companies. VAI and DAI were calculated according to their equations and the Risk of Insulin Resistance with the scales TG/HDL, TyG and METS-IR, the risk of prediabetes with PRISQ. Mean VAI and DAI values were calculated and, for associative assessment, ROC curves were used: area under the curve, cut-off points, sensitivity, specificity and Youden index. SPSS 27.0 software was used, considering statistical significance  $p < 0,05$ .

**Results:** The prevalence of insulin resistance and the risk of prediabetes are higher in men than in women. Mean VAI values are higher than DAI and always higher in men ( $p < 0,0001$ ). The IR in women shows the highest percentages with TG/HDL and in men with TyG. VAI and DAI show high associative relationship for insulin resistance in both sexes and with the three methods used ( $AUC > 0,8$ ) VAI and DAI for PRISQ show moderate associative relationship in both sexes  $AUC > 0,7 - < 0,8$ .

**Conclusion:** The estimation of insulin resistance is different in men and women and shows variability depending on the method used. VAI and DAI are useful associative method in insulin resistance and moderately useful in prediabetes.

**Key words:** Insuline Resistance; Prediabetes Risk; Visceral adiposity Index, Dysfunctional Adiposity Index; Occupational Health.

**Cite as:** Vicente-Herrero MT, Egea-Sancho M, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, López-González AA. Relación de los índices de adiposidad visceral (VAI) y adiposidad disfuncional (DAI) con las escalas de riesgo de resistencia a la insulina y prediabetes. *Academic Journal of Health Sciences* 2024;39 (2): 25-31 doi: 10.3306/AJHS.2024.39.02.25

## Introducción

La definición de síndrome metabólico describe una agrupación de factores de riesgo cardiovascular típicos. También se conoce como síndrome de resistencia a la insulina, ya que una parte sustancial de su fisiopatología está impulsada por la resistencia a los efectos metabólicos de esta sustancia, causada principalmente por un aumento del depósito de lípidos dentro de los tejidos sensibles a la insulina, como: hígado, músculo esquelético y vísceras. Este patrón de depósito de lípidos también se asocia con la infiltración de tejidos intraabdominales y concambios en células del sistema inmunitario, lo que induce una inflamación sistémica de bajo grado en obesos resistentes a la insulina<sup>1</sup>.

La resistencia a la insulina (RI) se define clínicamente como la incapacidad de una cantidad conocida de insulina exógena o endógena para aumentar la captación y utilización de glucosa en un individuo tanto como lo hace una población normal. Se produce como parte de un conjunto de anomalías cardiovasculares y metabólicas que puede conducir al desarrollo de diabetes tipo 2, aterosclerosis, hipertensión o síndrome de ovario poliquístico, entre otras enfermedades, dependiendo de los antecedentes genéticos del individuo que desarrolla la RI<sup>2</sup>.

Actualmente la prevalencia de RI es alta en todos los grupos de edad aunque varía según poblaciones y estilos de vida. Ejemplo de ello son las cifras en el sudeste asiático donde según resultados de un metaanálisis se cifra su prevalencia en el 44,3 %<sup>3</sup>. En poblaciones europeas comparando húngaros y romaníes la prevalencia de RI es de 42,3% y 40,5 % respectivamente<sup>4</sup>.

Es España, en niños y adultos jóvenes, la prevalencia de RI encontrada varía entre el 29% y el 50% según el sistema utilizado en la cuantificación<sup>5</sup>.

En una sociedad con una esperanza de vida cada vez más elevada, la evidencia revela alta prevalencia de diabetes en pacientes ancianos frágiles, lo que produce un deterioro adicional del rendimiento físico en personas mayores. La RI parece contribuir a esta manifestación clínica relacionada con el impacto de la diabetes y sus complicaciones. Las intervenciones nutricionales y educativas y el control glucémico aparecen como las estrategias más eficaces para reducir la fragilidad en los ancianos con diabetes o con riesgo elevado de padecerla<sup>6</sup>.

De otro lado, la prediabetes (PD) o hiperglucemia intermedia es un estado de alto riesgo para diabetes. Se define por variables glucémicas que son más altas de lo normal, pero más bajas que los umbrales de la diabetes. Entre un 5-10% de las personas con PD progresarán a diabetes. Su prevalencia está aumentando en todo el mundo y los expertos han estimado que más de 470

millones de personas tendrán PD en 2030. La PD está asociada con la presencia simultánea de RI y anomalías de disfunción de las células  $\beta$  que comienzan antes de que los cambios en la glucosa sean detectables. Entre sus complicaciones asociadas se encuentran: formas tempranas de nefropatía, enfermedad renal crónica, neuropatía de fibras pequeñas, retinopatía diabética y mayor riesgo de enfermedad macrovascular. La actividad preventiva y su detección precoz/temprana pueden reducir hasta en un 40-70% el riesgo de PD y de RI y evitar las complicaciones multisistémicas derivadas<sup>7,8</sup>.

Se parte de la base de considerar la resistencia a la insulina, no como un defecto primario sino que su desarrollo es secundario al aumento de masa grasa<sup>9</sup>, y que la expansión del tejido adiposo se comunica con otros tejidos para regular el metabolismo sistémico, tanto a nivel central como periférico creando una red de señalización robusta y multidimensional que es necesaria para la homeostasis metabólica<sup>10</sup>,

Se viene asumiendo que, la adiposidad visceral supone un aumento en los niveles circulantes de ácidos grasos libres. El hígado y el músculo esquelético tienen reducida su capacidad para metabolizar estos ácidos grasos, por lo que éstos se acumulan como intermediarios del metabolismo lipídico favoreciendo la aparición de resistencia a la insulina en lo que se denomina lipotoxicidad<sup>11</sup>. Del mismo modo, se considera que la adiposidad visceral está fuertemente asociada con resistencia a la insulina, sin embargo factores genéticos y ambientales también predisponen al desarrollo de esta condición<sup>12</sup>.

El Índice de Adiposidad Visceral (VAI) El índice de adiposidad disfuncional (DAI) se consideran marcadores tempranos de anomalías cardiometabólicas basándose en alteraciones morfofuncionales de los adipocitos y se calculan en base a modelos matemáticos utilizando parámetros antropométricos y de laboratorio.

Es objetivo de este trabajo estimar la prevalencia de RI (con el cociente TG/HDL, índice TG y la fórmula de METS-IR) y la de PD con la escala PRISQ, y estimar la fortaleza asociativa del índice de adiposidad visceral (VAI) y del índice de adiposidad disfuncional (DAI) con RI y PD en la población laboral objeto de estudio.

## Método

Estudio transversal realizado en 418.343 trabajadores de diferentes comunidades autónomas de España (Baleares, Andalucía, Canarias, Comunidad Valenciana, Cataluña, Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, País Vasco) y con diversas ocupaciones laborales (hostelería, construcción, comercio, sanidad, administración pública, transporte, educación, industria y limpieza), durante el periodo comprendido entre enero de 2019

hasta septiembre de 2021. La población de estudio se obtuvo de la base de datos anonimizada de trabajadores depositada en el repositorio de la escuela universitaria ADEMA-UIB (Universidad de las Islas Baleares). Esta base de datos procede de los reconocimientos médicos laborales realizados en los últimos 5 años en diversos servicios de prevención de riesgos laborales de toda España<sup>13</sup>. El sistema de anonimización de ADEMA no permite a los investigadores conocer la identidad de los trabajadores. Son criterios de inclusión: edad entre 18 y 67 años, ser trabajador en activo y aceptación voluntaria de participación en el estudio.

Las medidas antropométricas de talla y peso, clínicas y analíticas, fueron realizadas por el personal sanitario de las diferentes unidades de salud laboral participantes en el estudio, previa homogeneización de las técnicas de medición.

Para el cálculo de Resistencia a la Insulina se han utilizado tres escalas:

Triglicéridos/HDL que calcula la relación TGL/HDL atendiendo a la siguiente fórmula: triglicéridos en ayunas (mg/dl)/colesterol-HDL (mg/dl). El diagnóstico de diabetes se ha basado atendiendo a los niveles de glucosa plasmática 2 horas post-sobrecarga  $\geq 200$  mg/dl<sup>14</sup>.

Triglicéridos e índice de glucosa (TyG) calculado siguiendo la fórmula:  $\ln(TG [mg/dL] \times glucosa [mg/dL] / 2)$ . El punto de corte para el índice TyG se ha establecido en 8,8 en hombres y 8,7 en mujeres<sup>15</sup>.

Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR), se obtiene utilizando el inverso de la suma de los logaritmos de la insulina en ayunas y la glucosa en ayunas:  $1 / (\log(\text{insulina en ayunas } \mu\text{U/mL}) + \log(\text{glucosa en ayunas mg/dL}))$ <sup>16</sup>

Para el cálculo del riesgo de prediabetes se ha utilizado Prediabetes Risk Score in Qatar (PRISQ)<sup>17,18</sup> basado en: edad, sexo, perímetro de cintura, peso, talla (IMC) y presión arterial.

Se han utilizado las siguientes fórmulas para el cálculo de VAI y DAI<sup>19,20</sup>:

$VAI = (\text{cintura}(\text{cm}) / (39.68 + (1.88 * \text{IMC}))) * (\text{TG} / 1.03) * (1.31 / \text{HDL})$  para hombres y  $VAI = (\text{cintura}(\text{cm}) / (36.58 + (1.89 * \text{IMC}))) * (\text{TG} / 0.81) * (1.52 / \text{HDL})$  para mujeres.

$DAI = [\text{cintura} / (22.79 + [2.68 * \text{IMC}])] * [\text{triglicéridos (TG, mmol/L)} / 1.37] * [1.19 / \text{lipoproteína-colesterol de alta densidad (HDL-C, mmol/L)}]$  para hombres y  $[\text{cintura} / [24.02 + [2.37 * \text{IMC}]]] * [\text{TG}(\text{mmol/L}) / 1.32] * [1.43 / \text{HDL-C}(\text{mmol/L})]$  para mujeres.

### Análisis estadístico:

Para el estudio estadístico se realizó un análisis descriptivo de las variables categóricas, calculando la frecuencia y la distribución de las respuestas en cada variable. En el caso de las variables cuantitativas, se calcularon la media y la desviación típica. Para evaluar la normalidad de la muestra se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para valorar la utilidad de los diferentes métodos en la predicción del síndrome metabólico, se realizaron curvas ROC y se determinó el área bajo la curva (AUC), así como los puntos de corte con su sensibilidad, especificidad e índice de Youden. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 27.0, siendo el nivel de significación estadística aceptado de  $p < 0,05$ .

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Área de Salud de Baleares (IB 4383/20).

## Resultados

Los resultados de prevalencia de resistencia a la insulina y de riesgo de prediabetes son más elevados en los hombres que en las mujeres ( $p < 0.0001$ ). En RI entre las mujeres los porcentajes más altos de valores elevados se obtienen con TG/HDL (17,80%) y en los hombres con TyG (37,33%). PRISQ presenta valores moderados (22,7 vs 39,59) y altos (6,663 vs 14,43) más elevados en los hombres ( $p < 0.0001$ ) (**Tabla I**).

Los valores medios más elevados de VAI son siempre mayores que los de DAI y superiores en los hombres ( $p < 0.0001$ ). Los valores más altos de VAI y DAI en RI y mujeres se obtienen con el índice TyG (VAI 5,61 (dt2,

**Tabla I:** Prevalencia de Resistencia a la Insulina y Riesgo de prediabetes según método utilizado y sexo.

Método		Mujeres				Hombres				p				
		Normal		Alto		Normal		Alto						
		n	%	n	%	n	%	n	%					
Resistencia Insulina	TG/HDL	141617	82,20	30665	<b>17,80</b>	184437	74,96	61624	25,04	<0.0001				
	TyG	150798	87,53	21484	12,47	178806	72,67	67255	37,33	<0.0001				
	METS-IR	161225	93,58	11057	6,42	218013	88,60	28048	11,40	<0.0001				
Riesgo Prediabetes	PRISQ	Normal		Moderado		Alto		Normal		Moderado		Alto		p
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%			
		121643	70,61	39209	22,76	11430	6,63	113130	45,98	97423	39,59	35508	14,43	

Triglicéridos/colesterol HDL (TG/HDL), Triglicéridos-Glucosa (TyG), Valoración metabólica de resistencia a la insulina (METS-IR), Estimación de Riesgo de prediabetes. Qatar (PRISQ), Se considera significativo  $p < 0,005$ .

63)-DAI 1,41 (dt 0,65). En hombres en relación con RI el VAI y DAI más alto se obtiene con METS-IR (VAI 16,26 (dt 11,40)-DAI 1,70 (dt1, 26).

En cuanto a detección de riesgo de prediabetes con PRISQ, los valores medios de VAI son más altos que los de DAI y siempre más elevados en hombres que en mujeres (p<0.0001) (**Tabla II**).

En el análisis ROC del área bajo la curva (AUC) de los índices VAI y DAI para RI con los 3 métodos empleados (TG/HDL, TyG, METS-IR) se observa que, atendiendo al AUC, VAI y DAI muestran fortaleza asociativa, tanto en hombres como en mujeres con AUC>0,8 en todos los casos y con valores próximos a la unidad en algunos de ellos: Para METS-IR en mujeres VAI 0,824 (IC95% 0,820-0,827) y DAI 0,798 (IC95% 0,794-0,802); en

hombres VAI 0,888 (IC95% 0,886-0,890) y en DAI 0,822 (IC95% 0,820-0,825). Para TG/HDL en mujeres VAI 0,994 (IC95% 0,993-0,994) y DAI0,992 (IC95% 0,992-0,993); en hombres VAI 0,992 (IC95% 0,992-0,992)y DAI 0,995 (IC95% 0,995-0,995); y para TyG en mujeres VAI 0,966 (IC95% 0,965-0,967) y DAI 0,965 (IC95% 0,964-0,966); en hombres VAI 0,958 (IC95% 0,957-0,958) y DAI 0,962 (IC95% 0,961-0,963).

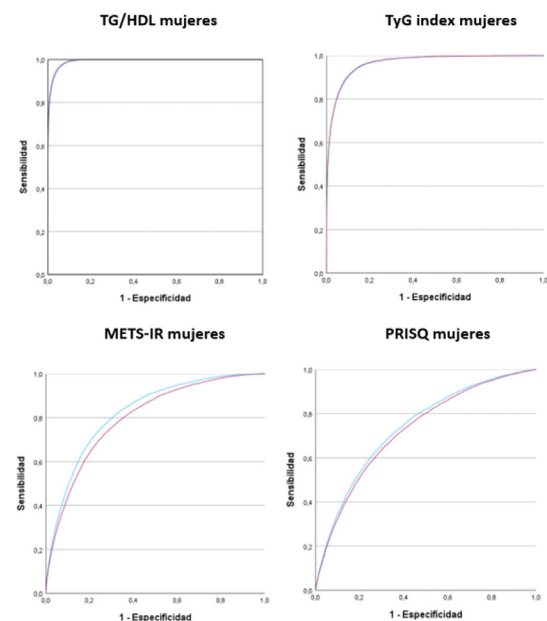
En relación con el riesgo de prediabetes calculado con PRISQ la utilidad de VAI y DAI como valor de asociación es moderada con AUC>0,7 pero<0,8 tanto en hombres VAI 0,765 (IC95% 0,762-0,767) y DAI 0,719 (IC95% 0,716-0,721 como en mujeres VAI 0,738 (IC95% 0,734-0,743) y DAI 0,725 (IC95% 0,720-0,730) (**Figuras 1, 2 y tabla III**).

**Tabla II:** Valores medios de VAI y DAI por sexo según escalas de riesgo de resistencia a la insulina (Triglicéridos/HDL, TyG índice y METS-IR) y de Prediabetes (PRISQ).

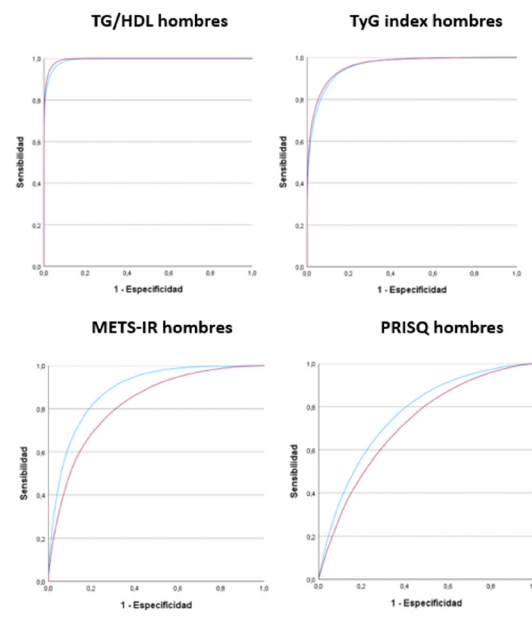
Método de Valoración		Mujeres						Hombres					
		n	VAI		DAI		n	VAI		DAI			
			media (dt)	p	media (dt)	p		media (dt)	p	media (dt)	p		
Resistencia a la Insulina	TG/HDL normal	141617	2,16 (0,70)	<0.0001	0,55 (0,18)	<0.0001	184437	4,80 (1,93)	<0.0001	0,62 (0,22)	<0.0001		
	TG/HDL alto	30665	5,25 (2,28)		1,32 (0,57)		61624	15,17 (8,71)		1,79 (0,98)			
	TyG índice normal	150798	2,29 (0,87)	<0.0001	0,59 (0,22)	<0.0001	178806	4,85 (2,17)	<0.0001	0,62 (0,24)	<0.0001		
	TyG índice alto	21484	5,61 (2,63)		1,41 (0,65)		67255	14,17 (8,83)		1,68 (0,99)			
Riesgo de Prediabetes	METS-IR normal	161225	2,56 (1,39)	<0.0001	0,66 (0,35)	<0.0001	218013	6,25 (4,39)	<0.0001	0,81 (0,55)	<0.0001		
	METS-IR alto	11057	4,79 (3,10)		1,16 (0,76)		28048	16,26 (11,40)		1,70 (1,26)			
	PRISQ bajo	121643	2,39 (1,31)	<0.0001	0,62 (0,33)	<0.0001	113130	5,16 (3,89)	<0.0001	0,70 (0,50)	<0.0001		
	PRISQ moderado	39209	3,30 (1,97)		0,83 (0,49)		97423	8,28 (6,50)		1,01 (0,76)			
	PRISQ alto	11430	4,03 (2,36)		1,00 (0,58)		35508	12,07 (9,32)		1,32 (0,99)			

dt= desviación típica. Índice de adiposidad visceral (VAI) Índice de adiposidad disfuncional (DAI). Se considera significativo p<0,05. Triglicéridos/colesterol HDL (TG/HDL), Triglicéridos-Glucosa (TyG), Valoración metabólica de resistencia a la insulina (METS-IR), Estimación de Riesgo de prediabetes. Qatar (PRISQ).

**Figura 1:** Áreas debajo de la curva de VAI y DAI para predecir valores altos de las diferentes escalas de riesgo de resistencia a la insulina en mujeres.



**Figura 2:** Áreas debajo de la curva de VAI y DAI para predecir valores altos de las diferentes escalas de riesgo de resistencia a la insulina en hombres.



**Tabla III:** Áreas debajo de la curva, puntos de corte con su sensibilidad, especificidad e índice Youden de VAI y DAI para predecir valores altos de las diferentes escalas de riesgo de resistencia a la insulina en mujeres y hombres.

	VAI mujeres	DAI mujeres	VAI hombres	DAI hombres
	AUC (IC 95%)	AUC (IC 95%)	AUC (IC 95%)	AUC (IC 95%)
<b>TG/HDL alto</b>	0,994 (0,993-0,995)	0,992 (0,992-0,993)	0,992 (0,992-0,992)	0,995 (0,995-0,995)
<b>TyG index alto</b>	0,966 (0,965-0,967)	0,965 (0,964-0,966)	0,958 (0,957-0,958)	0,962 (0,961-0,963)
<b>METS-IR alto</b>	0,824 (0,820-0,827)	0,798 (0,794-0,802)	0,888 (0,886-0,890)	0,822 (0,820-0,825)
<b>PRISQ alto</b>	0,738 (0,734-0,743)	0,725 (0,720-0,730)	0,765 (0,762-0,767)	0,719 (0,716-0,721)
	Pcorte-sens-especif- Youden	Pcorte-sens-especif- Youden	Pcorte-sens-especif- Youden	Pcorte-sens-especif- Youden
<b>TG/HDL alto</b>	3,45-95,7-95,7-0,914	0,87-95,7-95,2-0,909	8,31-95,1-95,0-0,901	1,02-96,8-94,5-0,918
<b>TyG index alto</b>	3,50-90,5-90,2-0,807	0,88-90,7-89,1-0,798	7,48-88,7-88,5-0,772	0,93-89,7-88,8-0,785
<b>METS-IR alto</b>	3,00-75,1-74,8-0,499	0,75-73,3-72,3-0,456	8,50-80,9-80,5-0,614	0,95-75,2-75,0-0,502
<b>PRISQ alto</b>	2,78-68,0-67,8-0,356	0,70-67,1-66,3-0,334	7,00-70,0-69,6-0,396	0,84-66,8-65,4-0,322

## Discusión

La resistencia a la insulina se postula como un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedad coronaria, pero actualmente no hay datos suficientes sobre la asociación con los índices de RI basados en la relación TG/HDL-C, el índice TyG y METS-IR<sup>21</sup>. Nuestro estudio comparativo en trabajadores sanos y con edades entre 18-66 años muestra datos muy similares en todos ellos, pero se obtienen porcentajes más altos con TG/HDL-C y con el índice TyG que con METS-IR. Estudios de otros autores destacan que todos ellos son predictores valiosos de la presencia y gravedad de la enfermedad coronaria pero que el METS-IR tiene la mayor fortaleza asociativa frente a los otros índices IR no basados en insulina.

El índice de triglicéridos-glucosa (TyG) se ha identificado como un biomarcador alternativo confiable de RI, asociado con el desarrollo y pronóstico de la enfermedad cardiovascular. Sin embargo, la aplicación del índice TyG como marcador de ECV no ha sido evaluada sistémicamente, ni se ha descrito información sobre los mecanismos subyacentes asociados a la ECV<sup>22</sup>. La bibliografía muestra que el índice TyG y la relación TG/HDL-C están significativamente asociados con la progresión de la rigidez arterial en la población hipertensa, pero no así en la población prehipertensa<sup>23</sup>.

Estos indicadores se correlacionan con el riesgo de diabetes tipo 2 (T2D) combinada con hipertensión y, con ello con el riesgo de desarrollar ECV. En algunos trabajos se ha investigado la relación de estos indicadores de RI (TyG, TG/HDL y Mets-IR) con el riesgo de desarrollar T2D combinado con hipertensión con resultados de asociaciones positivas. Además, el aumento del IMC hacia el sobrepeso y especialmente hacia la obesidad puede preceder al cambio del índice TyG, de este modo, el índice TyG juega un papel mediador en la DT2 combinada con hipertensión inducida por el IMC. En nuestro trabajo el riesgo de prediabetes calculado con PRISQ ha dado resultados moderados/altos y siempre superiores en hombres.

Es clara la relación de RI, riesgo de prediabetes y obesidad y algunos estudios han demostrado que VAI

puede estar asociada con el desarrollo de resistencia a la insulina en adultos estadounidenses, donde se ha demostrado una fuerte asociación positiva entre el nivel de VAI y la resistencia a la insulina y se sugiere que este índice se puede utilizar como un indicador con fortaleza en su asociación respecto a RI<sup>24</sup>. Coincide con nuestros resultados que, con los tres métodos empleados de RI muestran una alta fortaleza asociativa del VAI. Esta asociación positiva también se ha obtenido con otros métodos de estimación de RI como el HOMA-IR, que describe una alta sensibilidad y especificidad de los puntos de corte facilitando la aplicación de VAI en la práctica clínica común<sup>25</sup>. DAI ha mostrado en nuestro trabajo una alta fortaleza asociativa para RI con los tres métodos, tanto en hombres como en mujeres y coincide con lo observado por otros autores respecto al DAI concluyendo en ellos que puede usarse como herramientas de utilidad en fortaleza asociativa para detección temprana de síndrome metabólico y RI<sup>26</sup>.

En cuanto al riesgo de prediabetes existe una mayor incertidumbre en la literatura en los resultados obtenidos. Algunos estudios epidemiológicos sugieren que la asociación entre el VAI y el riesgo de prediabetes es inconsistente y no está claro si el VAI es un parámetro de utilidad en su asociación con prediabetes. En un metanálisis de 2021 se sintetizó la evidencia epidemiológica observacional disponible para identificar la asociación entre VAI y riesgo de prediabetes que apoya la hipótesis de que el VAI es un índice antropométrico combinado de lípidos y puede ser un factor de alto riesgo para la prediabetes sin embargo se asume un sesgo de publicación y heterogeneidad en los resultados<sup>27</sup>. En nuestro trabajo, en relación con la estimación de prediabetes realizada con PRISQ se observa una moderada fortaleza asociativa tanto con VAI como con DAI y en ambos sexos, pero son necesarios más trabajos que confirmen con este u otros indicadores de prediabetes su fortaleza asociativa.

Sin embargo, aun en el momento actual siguen existiendo dudas sobre si la distribución de la grasa corporal está asociada con un mayor riesgo de desarrollar

resistencia a la insulina, diabetes, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares. Uno de los depósitos de grasa que se sabe que está asociado con un mayor riesgo de resistencia a la insulina y síndrome metabólico es la adiposidad visceral, pero aunque es un factor importante, no explica únicamente el desarrollo de la resistencia a la insulina, por lo que se plantea que quizás los depósitos de grasa corporal distintos de la grasa visceral también puedan estar relacionados con la resistencia a la insulina. A pesar de las discrepancias entre diferentes estudios, establecer un vínculo entre la adiposidad y su disposición corporal y los factores de riesgo metabólicos, independientemente del IMC, puede ser útil para identificar a las personas en riesgo y prevenir enfermedades cardiometabólicas destacando la diabetes y el síndrome metabólico entre ellas<sup>28</sup>. Este trabajo se ha basado en aportar información que permita establecer asociación de utilidad entre estos índices y el riesgo de desarrollar estas enfermedades.

Se considera fortaleza de este trabajo su tamaño muestral, el uso de índices específicos de adiposidad como el VAI y el DAI en la estimación de fortaleza de asociación con Resistencia a la Insulina y prediabetes y la comparativa realizada con los distintos métodos y parámetros utilizados. La mayor debilidad es no tener un comparativo por sectores laborales en esta muestra de población tan extensa, ser un estudio transversal y las dudas en la generalización de los resultados.

### Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses.

Este trabajo no ha contado con financiación.

## Bibliografía

- Ighbariya A, Weiss R. Insulin Resistance, Prediabetes, Metabolic Syndrome: What Should Every Pediatrician Know? *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2017 Dec 30;9(Suppl 2):49-57. doi: 10.4274/jcrpe.2017.S005.
- Lebovitz HE. Insulin resistance: definition and consequences. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2001;109 Suppl 2:S135-48. doi: 10.1055/s-2001-18576.
- Goh LPW, Sani SA, Sabullah MK, Gansau JA. The Prevalence of Insulin Resistance in Malaysia and Indonesia: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Jun 19;58(6):826. doi: 10.3390/medicina58060826.
- Ádány R, Pikó P, Fiatal S, Kósa Z, Sándor J, Bíró É, Kósa K, Paragh G, Bácsné Bába É, Veres-Balajti I, Bíró K, Varga O, Balázs M. Prevalence of Insulin Resistance in the Hungarian General and Roma Populations as Defined by Using Data Generated in a Complex Health (Interview and Examination) Survey. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jul 4;17(13):4833. doi: 10.3390/ijerph17134833.
- Bahillo-Curienes MP, Hermoso-López F, Martínez-Sopena MJ, Cobreros-García P, García-Saseta P, Tríguez-García M, Marugán-Miguelsanz JM. Prevalence of insulin resistance and impaired glucose tolerance in a sample of obese Spanish children and adolescents. *Endocrine*. 2012 Apr;41(2):289-95. doi: 10.1007/s12020-011-9540-8.
- Assar ME, Laosa O, Rodríguez Mañas L. Diabetes and frailty. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2019 Jan;22(1):52-57. doi: 10.1097/MCO.0000000000000535.
- Tabák AG, Herder C, Rathmann W, Brunner EJ, Kivimäki M. Prediabetes: a high-risk state for diabetes development. *Lancet*. 2012 Jun 16;379(9833):2279-90. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60283-9. Epub 2012 Jun 9.
- Zand A, Ibrahim K, Patham B. Prediabetes: Why Should We Care? *Methodist Debakey Cardiovasc J*. 2018 Oct-Dec;14(4):289-297. doi: 10.14797/mdcj-14-4-289.
- Samuel VT, Shulman GI. The pathogenesis of insulin resistance: integrating signaling pathways and substrate flux. *J Clin Invest*. 2016 Jan;126(1):12-22. doi: 10.1172/JCI77812.
- Kahn CR, Wang G, Lee KY. Altered adipose tissue and adipocyte function in the pathogenesis of metabolic syndrome. *J Clin Invest*. 2019 Oct 1;129(10):3990-4000. doi: 10.1172/JCI129187.
- Bays HE. Adiposopathy is "sick fat" a cardiovascular disease? *J Am Coll Cardiol*. 2011 Jun 21;57(25):2461-73. doi: 10.1016/j.jacc.2011.02.038.
- Lebovitz HE, Banerji MA. Point: visceral adiposity is causally related to insulin resistance. *Diabetes Care*. 2005 Sep;28(9):2322-5. doi: 10.2337/diacare.28.9.2322.
- España. Ley 31/95, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado núm. 269.
- González-Chávez A, Simental-Mendía LE, Elizondo-Argueta S. Elevated triglycerides/HDL-cholesterol ratio associated with insulin resistance. *Cir Cir*. 2011 Mar-Apr;79(2):126-31.
- Unger G, Benozzi SF, Perruzza F, Pennacchiotti GL. Triglycerides and glucose index: a useful indicator of insulin resistance. *Endocrinol Nutr*. 2014 Dec;61(10):533-40. English, Spanish. doi: 10.1016/j.endonu.2014.06.009.
- Katz A, Nambi SS, Mather K, Baron AD, Follmann DA, Sullivan G, Quon MJ. Quantitative insulin sensitivity check index: a simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000 Jul;85(7):2402-10. doi: 10.1210/jcem.85.7.6661.
- Abbas M, Mall R, Errafii K, Lattab A, Ullah E, Bensmail H, Arredouani A. Simple risk score to screen for prediabetes: A cross-sectional study from the Qatar Biobank cohort. *J Diabetes Investig*. 2021 Jun;12(6):988-997. doi: 10.1111/jdi.13445.
- Irving R, Tusié-Luna MT, Mills J, Wright-Pascoe R, McLaughlin W, Aguilar-Salinas CA. Early onset type 2 diabetes in Jamaica and in

- Mexico. Opportunities derived from an interethnic study. *Rev Invest Clin*. 2011 Mar-Apr;63(2):198-209.
19. Amato MC, Giordano C, Galia M, Criscimanna A, Vitabile S, Midiri M, et al. Visceral Adiposity Index A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*. 2010 Abr; 33(4): 920-2. DOI: 10.2337/dc09-1825.
20. Reyes-Barrera J, Sainz-Escárrega VH, Medina-Urritia AX, Jorge-Galarza E, Osorio-Alonso H, Torres-Tamayo M, et al. Dysfunctional adiposity index as a marker of adipose tissue morpho-functional abnormalities and metabolic disorders in apparently healthy subjects. *Adipocyte* 2021;10(1):142-52. DOI:10.1080/21623945.2021.1893452
21. Wu Z, Cui H, Li W, Zhang Y, Liu L, Liu Z, Zhang W, Zheng T, Yang J. Comparison of three non-insulin-based insulin resistance indexes in predicting the presence and severity of coronary artery disease. *Front Cardiovasc Med*. 2022 Jul 29;9:918359. doi: 10.3389/fcvm.2022.918359.
22. Tao LC, Xu JN, Wang TT, Hua F, Li JJ. Triglyceride-glucose index as a marker in cardiovascular diseases: landscape and limitations. *Cardiovasc Diabetol*. 2022 May 6;21(1):68. doi: 10.1186/s12933-022-01511-x.
23. Wu Z, Zhou D, Liu Y, Li Z, Wang J, Han Z, Miao X, Liu X, Li X, Wang W, Guo X, Tao L. Association of TyG index and TG/HDL-C ratio with arterial stiffness progression in a non-normotensive population. *Cardiovasc Diabetol*. 2021 Jul 6;20(1):134. doi: 10.1186/s12933-021-01330-6.
24. Jiang K, Luan H, Pu X, Wang M, Yin J, Gong R. Association Between Visceral Adiposity Index and Insulin Resistance: A Cross-Sectional Study Based on US Adults. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022 Jul 22;13:921067. doi: 10.3389/fendo.2022.921067.
25. Štěpánek L, Horáková D, Cibičková L, Vavřková H, Karásek D, Nakládalová M, Zapletalová J. Can Visceral Adiposity Index Serve as a Simple Tool for Identifying Individuals with Insulin Resistance in Daily Clinical Practice? *Medicina (Kaunas)*. 2019 Aug 29;55(9):545. doi: 10.3390/medicina55090545.
26. Bilgin Göçer D, Baş M, Çakır Biçer N, Hajhamidiasl L. Predicting metabolic syndrome by visceral adiposity index, body roundness index, dysfunctional adiposity index, lipid accumulation product index, and body shape index in adults. *Nutr Hosp*. 2022 Aug 25;39(4):794-802. English. doi: 10.20960/nh.03966.
27. Wang D, Fang R, Han H, Zhang J, Chen K, Fu X, He Q, Yang Y. Association between visceral adiposity index and risk of prediabetes: A meta-analysis of observational studies. *J Diabetes Investig*. 2022 Mar;13(3):543-551. doi: 10.1111/jdi.13685.
28. Youssef S, Nelder M, Sun G. The Association of Upper Body Obesity with Insulin Resistance in the Newfoundland Population. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 May 29;18(11):5858. doi: 10.3390/ijerph18115858.