



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

“ÍNDICE DE TRIGLICÉRIDOS-GLUCOSA CON ÍNDICE DE MASA CORPORAL,
COMO PREDICTOR DE LA RESISTENCIA A LA INSULINA EN NIÑOS CON
OBESIDAD Y SOBREPESO DE 12 A 17 AÑOS DE EDAD EN EL HOSPITAL
CENTRAL NORTE PEMEX”

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:

PEDIATRÍA

PRESENTA:

DRA. MIRIELLE ALANIS GONZALEZ

TUTOR DE TESIS:

DRA. PATRICIA MEZA SANABRIA

ASESORES DE TESIS:

DRA. ALIN VILLALOBOS CASTILLEJOS

DR. ALDO FRAGOSO DIAZ

Ciudad de México 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“ÍNDICE DE TRIGLICÉRIDOS-GLUCOSA CON ÍNDICE DE MASA CORPORAL, COMO PREDICTOR DE LA RESISTENCIA A LA INSULINA EN NIÑOS CON OBESIDAD Y SOBREPESO DE 12 A 17 AÑOS DE EDAD EN EL HOSPITAL CENTRAL NORTE PEMEX”



DRA. MARTHA LILIA MARTÍNEZ SERVIN

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN



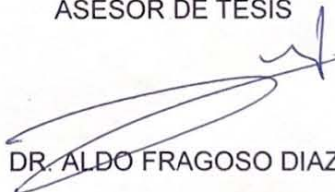
DRA. PATRICIA MEZA SANABRIA

TUTOR TESIS



DRA. ALIN VILLALOBOS CASTILLEJOS

ASESOR DE TESIS



DR. ALDO FRAGOSO DIAZ

ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

A mi madre Rosalinda que por ella soy lo que soy, por siempre acompañarme en todo momento, por los consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, perseverancia y coraje para alcanzar lo que me propongo. Me siento privilegiada de ser su hija.

A Luis que se ha convertido en mi padre y ha estado en los momentos más difíciles e importantes de mi vida, que sin su apoyo no sería lo mismo.

En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que te impulsan a dar la mejor versión de ti cada día y lograr tus sueños.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a mis maestros en todo este largo camino de aprendizaje de la pediatría, por su paciencia y dedicación, por guiarme a lo largo de estos años para culminar con éxito esta etapa.

A mis amigas que se convirtieron hermanas Tere y Fllor, que sin todo ese apoyo, entendimiento y estar siempre en los momentos buenos y malos, todo esto no fuera igual.

Aldahir por su amor, paciencia y apoyo incondicional en este camino.

A PEMEX , por brindarme todas las oportunidad, enriquecerme en conocimiento y formarme como pediatra.

ÍNDICE

1. RESUMEN	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.1.1 Obesidad	5
2.1.2 Insulina	5
2.1.3 Fisiopatología de la resistencia a la insulina	6
2.1.4 Índices de resistencia a la insulina	6
2.1.5 Clamp hiperinsulinémico y clamp hiperglucémico	7
2.1.6 El índice HOMA (Homeostasis Model Assessment)	9
2.1.7 Índice TyG*IMC (Índice triglicéridos, glucosa e índice de masa corporal)	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	11
5. JUSTIFICACIÓN	11
6. OBJETIVOS	12
7. HIPÓTESIS	12
8. MATERIALES Y MÉTODOS	12
9. TAMAÑO DE LA MUESTRA	15
10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
11. ASPECTOS ÉTICOS	16
12. RECURSOS	16
13. RESULTADOS	17
14. DISCUSIÓN	23
15. CONCLUSIONES	25
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. RESUMEN

Introducción: La obesidad es el principal factor de riesgo para el desarrollo de resistencia a la insulina (RI) en la población pediátrica. A lo largo del tiempo se han empleado distintos marcadores clínicos y bioquímicos relacionados con la RI, muchos de los cuales requieren técnicas costosas y son poco reproducibles en la práctica diaria como el clamp hiperinsulinémico-euglucémico (considerado el gold standard); sin embargo el índice de HOMA es el método más utilizado para diagnosticar RI en la población pediátrica pero requiere el uso de medición de insulina, por lo cual se han utilizado nuevos índices como el índice de triglicéridos, glucosa e índice de masa corporal (TyG*IMC) como un marcador predictor de la RI , pero su precisión diagnóstica es incierta en la población pediátrica. **Objetivo:** Determinar el índice TyG*IMC para predecir la resistencia a la insulina en niños con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años de edad en el Hospital Central Norte de Pemex. **Metodología:** Se realizó un estudio observacional, descriptivo, retrospectivo, grupo de estudio adolescente de 12 a 17 años, de enero 2021 a diciembre 2022, con diagnóstico de obesidad y sobrepeso del Hospital Central Norte de Pemex. **Resultados:** La media del índice de TyG*IMC fue de 246 (\pm 33.37). Con respecto al diagnóstico de sobrepeso y obesidad, se observó 86% resultaron con resistencia a la insulina con el cálculo del índice TyG*IMC, de los cuales se observó predominancia de resistencia a la insulina en los pacientes obesos. La correlación de HOMA y el índice TyG*IMC, en donde se obtuvo r 0.35, lo que indica una correlación positiva baja. Para el índice TyG*IMC con punto de corte de 208, obtuvo un AUC de 0.88, con sensibilidad de 65% y especificidad de 69%. **Conclusiones:** Se determinó que el índice TyG*IMC como predictor de la resistencia a la insulina resultó positivo en el 86% de los pacientes estudiados, que de acuerdo con la hipótesis se reconoce como un buen predictor de la resistencia a la insulina en este estudio.

Palabras clave: Obesidad infantil; Adolescentes; Índice TyG*IMC; Insulinorresistencia;HOMA

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Obesidad

Es el resultado del depósito anormal, inadecuado y crónico de la grasa corporal que conduce a un aumento de peso por arriba de lo esperado para la estatura del niño y su origen es multifactorial ¹. La obesidad infantil se determina en niños mayores de 2 años, a partir de un IMC mayor al percentil 95 y sobrepeso por arriba del percentil 85 pero debajo de percentil 95, para la edad y el sexo correspondientes ².

La OMS señala que la acumulación excesiva de grasa puede ser perjudicial para la salud, poniendo a las personas en riesgo de tener enfermedades crónicas, entre las que se incluyen la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y cáncer ^{3,4}.

La obesidad infantil es un importante problema de salud pública en México, según el informe de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2021. La prevalencia de sobrepeso en ambos sexos fue de 24.7%, y por sexo, se encontró que 26.4% de las adolescentes mujeres tienen sobrepeso, así como 23% de los adolescentes hombres. La prevalencia de obesidad en ambos sexos fue de 18.2%, donde 15% de las adolescentes mujeres tienen obesidad y 21.5% de hombres adolescentes presentan esta condición. Al realizar una comparación entre las prevalencias de sobrepeso y obesidad a lo largo de las encuestas anteriores, se observa una tendencia al alza en la categoría de obesidad principalmente en hombres adolescentes^{2,4}.

2.1.2 Insulina

La insulina es un péptido de 51 aminoácidos producido y secretado por las células β de los islotes pancreáticos. Consiste en dos cadenas polipeptídicas, A y B, de 21 y 30 aminoácidos, respectivamente, que están conectadas por puentes disulfuro. Sus acciones biológicas se inician cuando se une con su receptor, una glucoproteína integral de membrana ¹⁰.

Su principal función es mantener la homeostasis glicémica y de otros sustratos energéticos. De esta forma, posterior a cada comida la insulina suprime la liberación de ácidos grasos libres mientras que favorece la síntesis de triglicéridos en el tejido adiposo. Por otra parte, inhibe la producción hepática de glucosa, mientras que promueve la captación de glucosa por el tejido muscular esquelético y adiposo^{8,9,10}.

2.1.3 Fisiopatología de la resistencia a la insulina.

La resistencia a la insulina (RI) es un trastorno metabólico caracterizado por una respuesta biológica atenuada a la acción de esta hormona que trae como consecuencia lo siguiente: una disminución en la captación de la glucosa por las células del músculo y del tejido adiposo, una disminución en la producción hepática de glucógeno y un aumento en la producción hepática de glucosa. En la mayoría de los casos, este hecho conduce a un incremento en la secreción de insulina para compensar la elevación progresiva de los niveles de glucosa circulante (hiperinsulinismo compensatorio). Esta situación explica por qué el rasgo más característico de la RI es el incremento en la concentración de insulina, ya sea en condiciones de ayuno o en respuesta a un reto^{7,10}. Entre las alteraciones moleculares más comunes de la RI se encuentran la disminución en el número de receptores de insulina y de su actividad catalítica, el aumento en el estado de fosforilación en residuos de Ser/Thr del receptor de insulina y del IRS, el aumento en la actividad de fosfatasas de residuos de Tyr, principalmente PTP1B, que participan en la desfosforilación del receptor y del IRS, la disminución de la actividad de las cinasas PI3K y Akt, y defectos en la expresión y función del GLUT-4^{8,9}. Estas alteraciones reducen la incorporación de glucosa en el tejido muscular y adiposo y promueven alteraciones a nivel metabólico^{8,9}.

Se ha postulado que la RI y la obesidad abdominal son los factores principales que contribuyen a las manifestaciones del síndrome metabólico y aunque la obesidad abdominal ha mostrado una mayor fuerza de asociación, muchos de los cambios metabólicos parecen ser desencadenados por la RI, ya que esta produce efectos sobre el metabolismo de lípidos, que se manifiestan a través del aumento plasmático de c-LDL, disminución de c-HDL, aumento de triglicéridos e incremento de ácidos grasos^{1,2,3}.

2.1.4 Índices de resistencia a la insulina

La resistencia a la insulina se puede determinar directamente si se evalúa la respuesta fisiológica a la acción de una infusión de insulina exógena que promueve la captación de glucosa en los tejidos insulino dependientes y, de manera indirecta, a través de la relación glucosa-insulina en el estado de ayuno o después de haber recibido un estímulo por vía oral o intravenosa (Figura 1)¹, de esta forma a lo largo del tiempo se han empleado distintos marcadores clínicos y bioquímicos relacionados con la resistencia a la insulina, muchos de los cuales requieren técnicas costosas y son poco reproducibles en la práctica diaria como el clamp hiperinsulinémico-euglucémico (considerado el gold standard)⁴, por tal motivo se han creado índices que contienen o no la detección de

insulina, así como glucosa, triglicéridos, IMC y circunferencia cadera. Estos índices se pueden dividir con medición de insulina en ayuno, los cuales son: HOMA-IR (homeostasis model assessment for insulin resistance), QUICK (quantitative insulin check index) y los que incluyen el producto de la concentración de glucosa y triglicéridos en ayuno (índice TyG), el producto de la concentración de glucosa, triglicéridos e índice de masa corporal (IMC) (Índice TyG*IMC) y el índice de triglicéridos entre la concentración de colesterol ligado a lipoproteínas de alta densidad (HDL) (índice TG/HDL) ¹¹⁻¹².

Tipo de Método	Ventajas	Desventajas
Métodos Indirectos	Metodológicamente más sencillos que los directos	Moderada correlación con el clamp
Insulina plasmática en ayuno	Sencillez	Variabilidad según el desarrollo puberal, pobre correlación con el clamp
Índice de HOMA	Moderada a buena correlación con el clamp	Puntos de corte muy variables según la población estudiada
Índice de QUICKI		Puntos de corte no disponibles
Índice Matsuda-DeFronzo	Buena correlación con el clamp	Múltiples muestras sanguíneas, colocación de un catéter intravenoso
Método Directos	Medida más confiable de RI	
Clamp hiperinsulinémico euglucémico	Estándar de oro para evaluar sensibilidad a la insulina	Complejos, invasivos, difíciles de realizar en población pediátrica. No son apropiados para usarse en estudios poblacionales grandes o en la práctica clínica de rutina
Clamp hiperglucémico	Estándar de oro para evaluar secreción de insulina	
FSIVGT modelo mínimo	Evalúa sensibilidad tisular y secreción de insulina	

HOMA = homeostasis model assessment, QUICKI = quantitative insulin sensitivity check index, FSIVGT = frequently sampled intravenous glucose tolerance test

Figura 1. métodos diagnósticos de la resistencia a la insulina.

2.1.5 Clamp hiperinsulinémico y clamp hiperglucémico.

El estándar de oro para el diagnóstico de la resistencia a la insulina es la técnica del clamp, propuesta por De Fronzo y colaboradores en 1979.¹³ Se trata de una técnica muy compleja e invasiva que prácticamente no tiene aplicación clínica.¹⁵ Sin embargo, como permite conocer tanto la sensibilidad tisular a la insulina (hepática y muscular) como la respuesta de la célula β a la glucosa, es frecuentemente utilizada en investigación. Dos variantes de esta técnica han sido descritas: el clamp hiperinsulinémico, que nos permite cuantificar la utilización global de glucosa bajo un estímulo de hiperinsulinemia y el clamp hiperglucémico, que nos permite medir la respuesta pancreática a la glucosa bajo condiciones de hiperglucemia.^{1,15}

El clamp hiperinsulinémico (hiperinsulinémico-euglucémico) se basa en el concepto de que bajo concentraciones constantes de hiperinsulinemia, la cantidad de glucosa captada por los tejidos insulino-dependientes será proporcional a la tasa de infusión de glucosa exógena necesaria para mantener constante la concentración de glucosa circulante. La meta del clamp es aumentar la concentración de insulina en 100 μ U/ml

sobre su valor basal y mantener constante la concentración de glucosa en sangre en aproximadamente 90 mg/dl mediante ajustes periódicos en una infusión de glucosa.¹³ Durante la realización del clamp es indispensable alcanzar un periodo de por lo menos 30 minutos donde la variación entre las cifras de glucosa sea menor al 5%; usualmente esto se logra durante los últimos 30 minutos del clamp y este lapso se conoce como “periodo de estabilidad” (steady state). En esta prueba se requiere canalizar al paciente en dos vías; una antecubital y una distal. La vía distal, empleada para recolectar las muestras de sangre, se coloca en posición retrógrada a la altura de la muñeca y con la extremidad dentro de una caja de calentamiento; esto con el objetivo de arterializar la sangre venosa. La vía antecubital se utiliza para administrar una infusión constante de insulina y una infusión variable de glucosa. Una vez que el paciente ha sido canalizado y que se cuenta con tres determinaciones basales de glucosa, se inicia la infusión de insulina. Durante los primeros 10 minutos se infunden 2 bolos y, posteriormente, se mantiene la infusión a una tasa constante. La infusión de insulina se calcula en base a la superficie corporal del paciente $40 \mu\text{U}/\text{m}^2$. Las determinaciones de glucosa se realizan a intervalos de 5 minutos durante el tiempo que dure el clamp y la infusión de glucosa se ajusta en base a estas determinaciones para mantener la concentración de glucosa en un valor de aproximadamente 90 mg/dl.^{14,15}

Para analizar los resultados de un clamp se emplean las mediciones obtenidas durante el “periodo de estabilidad” para calcular 2 valores: el valor M que es una medida de tolerancia a la glucosa y está dado por la tasa de infusión de glucosa administrada durante este periodo (mg/kg·min), y el valor ISI (por sus siglas en inglés insulin sensitivity index) también llamado relación M/I. Este último es un reflejo de la cantidad de glucosa metabolizada (M) por unidad de insulina plasmática (I) y representa un índice de sensibilidad tisular a la insulina (mg/kg·min por $\mu\text{U}/\text{ml}$). No se ha reportado un punto de corte para diagnosticar RI con el clamp pues, como ya se ha mencionado, se trata de una técnica empleada en la investigación y no en la práctica clínica. De esta manera, para su interpretación se toman los valores de M y de M/I y, a medida que estos sean mayores, mejor será la sensibilidad a la insulina.

El clamp hiperglucémico nos permite medir la respuesta pancreática a la glucosa bajo condiciones de hiperglucemia. Su meta es aumentar la concentración plasmática de glucosa a 125 mg/dl sobre la concentración basal y mantenerla así durante un periodo aproximado de dos horas. En esta técnica el páncreas es sometido a un reto, lo que permite evaluar la secreción bifásica de la insulina in vivo, donde una alteración en la primera fase de la secreción de insulina será un reflejo de una patología de células β . El

clamp hiperglucémico es más sencillo de realizar que el clamp hiperinsulinémico, porque no se requiere suministrar insulina exógena. A pesar de que los resultados obtenidos en ambos métodos se correlacionan fuertemente, cada uno mide variables diferentes del metabolismo de la glucosa ^{15,16,17}.

2.1.6 El índice HOMA (Homeostasis Model Assessment)

El índice HOMA (Homeostasis Model Assessment) propuesto por Mathews y colaboradores, en 1985. Es el método más utilizado para diagnosticar RI en la población pediátrica⁴. Se deriva de la interacción entre la función celular β del páncreas y la sensibilidad a la insulina en un modelo matemático donde se utilizan las concentraciones de glucosa e insulina en ayuno⁴. El modelo se calibra con una función celular β de 100% y una resistencia a la insulina normal de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{HOMA-IR} = \frac{[\text{insulina plasmática en ayuno } (\mu\text{U/ ml}) * \text{glucosa plasmática en ayuno (mmol/L)}]}{22.5}$$

Una de las desventajas en el empleo de este índice, es la dificultad en la medición de las concentraciones de insulina por su gran variabilidad biológica, aunado a la selección del punto de corte adecuado, a la edad, estadio puberal y género del niño ¹.

Algunos estudios en adultos han sugerido puntos de corte desde 2.5 para el diagnóstico de RI, en población pediátrica, especialmente en púberes, el valor de HOMA suele ser más alto. El punto de corte de 3.16 sugerido por Keskin y colaboradores para el diagnóstico de RI en niños es de los más utilizados y de mayor aceptación entre diversos autores.¹⁸ En el estudio realizado por García-Cuartero y colaboradores, donde se consideran diversos estadios puberales, se obtuvo de forma global un índice de 3.43 (Figura 2). ¹⁹

HOMA	Global	1,25	2,89	1,92	3,79	1,62	3,43
	Tanner I	0,62	1,67	0,60	1,94	0,62	1,83
	1-12 meses	0,49	1,43	0,31	0,77	0,45	1,11
	13-36 meses	0,47	1,10	0,26	1,05	0,32	1,05
	37-96 meses	0,63	2,01	0,92	2,37	0,82	2,28
	97-160 meses	1,45	1,98	1,62	3,13	1,56	2,37
	Tanner II	1,71	2,66	2,16	3,72	1,99	3,23
	Tanner III	2,21	3,41	2,29	5,05	2,26	4,27
	Tanner IV	2,45	3,69	2,70	5,08	2,61	4,87

Figura 2. Valores de referencia pediátricos del índice HOMA García-Cuartero, et al .

2.1.7 Índice TyG*IMC (Índice triglicéridos, glucosa e índice de masa corporal)

El índice de triglicéridos de glucosa (TyG) es el producto de los triglicéridos y la glucosa plasmática en ayunas, y una gran cantidad de estudios en los últimos años han demostrado que el índice TyG es un sustituto confiable de la RI en niños y adultos¹²⁻¹³. Complementando con este índice, el IMC es un parámetro antropométrico simple, económico y no invasivo que se adopta comúnmente como indicador de obesidad y otros riesgos metabólicos. Como la evidencia sugiere cada vez más que la obesidad exhibe una relación cercana con la RI y debido a que TyG está bien establecido como un marcador sustituto prometedor de RI, una combinación de obesidad en relación con el IMC y TyG puede potencialmente identificar la RI con más fuerza que otros marcadores sustitutos ^{13,20}.

La fórmula se basa en: $TyG*IMC = IMC \times \text{índice TyG}$, donde $IMC = \text{peso}/\text{altura}^2$, y el índice $TyG = \text{Ln} [1/2 \text{ Glucosa plasmática en ayunas (mg/dL)} \times \text{Triglicéridos (mg/dL)}]$

Xiaoyu, et al en su estudio, obtuvieron un valor de corte para resistencia a la insulina de 213.2966 (área bajo la curva 0,7741, sensibilidad 72,51 %, especificidad 69,54 %). Además, los resultados del análisis de subgrupos sugirieron que el riesgo de diabetes relacionada con TyG*IMC en personas jóvenes y de mediana edad era significativamente más alto que en personas de mediana edad y ancianas, y el riesgo de diabetes relacionada con TyG*IMC en personas no obesas fue significativamente mayor que en personas con sobrepeso y obesas.¹³

Er, et al, correlaciono positivamente con HOMA-IR, y el análisis de la curva ROC sugirió que TyG*IMC tenía el AUC más grande (0,801), lo que demuestra su rendimiento superior en el reconocimiento de IR que otras variables, con un valor de corte de 211¹².

Almeda , et al, obtuvo que el índice TyG*IMC tuvo mejor sensibilidad y especificidad (92.8% y 51.1% , con un punto de corte de 208, en individuos mexicanos de edad promedio de 20 años²⁴. El índice TyG*IMC identifica y mide de manera integral la obesidad y las anomalías metabólicas en las personas. La simplicidad del cálculo de TyG*IMC y las mediciones bioquímicas de bajo costo justifican una mayor investigación de su papel como marcador sustituto de RI para mejorar la identificación de sujetos con un alto riesgo cardiometabólico y facilitar la prevención de enfermedades crónicas asociadas con RI.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada la actual epidemia de obesidad infantil, la resistencia a la insulina en los niños es un problema importante al que se enfrentan los profesionales de la salud. Con esto se

han empleado distintos marcadores clínicos y bioquímicos relacionados con la resistencia a la insulina, muchos de los cuales requieren técnicas costosas y son poco reproducibles en la práctica diaria. El índice HOMA ha sido un buen método para diagnosticar RI, sin embargo, la cuantificación de insulina no es una prueba de rutina, especialmente en la población pediátrica y su valor de corte no está especificado en adolescentes, dado la maduración sexual.

Existe evidencia de que el índice TyG/ índice de masa corporal (IMC) (TyG*IMC) tiene gran utilidad como predictor de RI, sin embargo, no hay publicaciones en referencia a este índice en población pediátrica. Por tal motivo el presente estudio se enfocó en determinar el índice triglicéridos/glucosa con IMC para predecir la resistencia a la insulina en niños con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años de edad en el Hospital Central Norte de Pemex.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El índice triglicéridos/glucosa e índice de masa corporal es un buen predictor de resistencia a la insulina en niños con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años de edad en el Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos?

5. JUSTIFICACIÓN

La población pediátrica ya presenta desde los primeros años de vida alteraciones metabólicas que predispone a enfermedad cardiovascular en el futuro. La insulinoresistencia, característica central del síndrome metabólico, es una de ellas. A lo largo del tiempo se han empleado distintos marcadores clínicos y bioquímicos relacionados con la resistencia a la insulina, muchos de los cuales requieren técnicas costosas y son poco reproducibles en la práctica diaria. Sin embargo, es importante ampliar el conocimiento sobre marcadores que permitan a cualquier médico discriminar de manera sencilla y barata aquellos pacientes obesos con mayor riesgo metabólico con el objetivo de que reciban una atención especializada. En este sentido radica la pertinencia de la presente investigación, se determinó el índice de TyG*IMC a pacientes con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años en el periodo comprendido del 01 de enero 2021 al 31 de diciembre 2022 en el hospital central norte de Pemex ; se revisará la correlación que existe con HOMA y así estimar una sensibilidad y especificidad. Esto para asegurar que los niños con factores de riesgo puedan tener un diagnóstico más rápido de resistencia a la insulina y así implementar estrategias no farmacológicas o

farmacológica para prevenir futuras enfermedades cronicodegenerativas en adolescentes.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar el índice triglicéridos/glucosa e índice de masa corporal como predictor de la resistencia a la insulina en niños con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años de edad en el Hospital Central Norte Pemex.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el índice de HOMA-IR en niños con sobrepeso y obesidad de 12-17 años de edad del Hospital Central Norte Pemex.
- Correlacionar el índice de triglicéridos/glucosa e índice de masa corporal con el índice de HOMA-IR en niños con sobrepeso y obesidad de 12-17 años de edad del Hospital Central Norte Pemex.
- Determinar la sensibilidad y especificidad del índice triglicéridos/glucosa e índice de masa corporal como predictor de la resistencia a la insulina en niños con sobrepeso y obesidad de 12 a 17 años de edad en el Hospital Central Norte Pemex.

7. HIPÓTESIS

-Si, el índice triglicéridos/glucosa-IMC es positivo en un 80% de la población , entonces será un buen predictor de resistencia a la insulina.

Hipótesis nula

-Si, el índice triglicéridos/glucosa-IMC es negativo en un 80% de la población , entonces será un buen predictor de resistencia a la insulina.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Diseño del estudio

Se realizo un estudio observacional, descriptivo, transversal, retrospectivo donde se selecciono a los niños de 12-17 años, del 01 de enero de 2021 a 31 de diciembre del 2022, con diagnóstico de obesidad y sobrepeso del hospital central norte de PEMEX , a los cuales se les realizo medición de glucosa en ayuno, triglicéridos, insulina, medición

de talla y peso, al momento del diagnóstico y así determinar el índice TyG*IMC e índice de HOMA.

b) Criterios de inclusión, no inclusión y eliminación

-Criterios de inclusión:

-Niños de 12-17 años con diagnóstico de sobrepeso y obesidad del hospital central norte de Pemex, que al momento del diagnóstico se les haya realizado estudios de laboratorio (glucosa, insulina y triglicéridos), así como medición de peso y talla.

-Criterios de exclusión:

-Uso de antihipertensivos, hipoglucemiantes e hipolipemiantes.

-Obesidad monogénica o sindrómica, patología crónica

-Criterios de eliminación:

-Que el participante no tenga estudios de laboratorio.

c) Proceso de recolección de datos.

-Se revisaron expedientes de pacientes de 12 a 17 años, del 01 de enero de 2021 al 31 de diciembre de 2022, donde en la primera consulta se realizó diagnóstico de Obesidad o Sobrepeso, que se solicitaron estudios de laboratorio, así como medición de talla y peso.

-El peso se determinó con una báscula mecánica marca BAME. La talla se determinó con un estadiómetro de pared (Marca Seca 213). Ambos tomados por el Médico Pediatra de la clínica de factores de riesgo.

-Se evaluó que los pacientes cumplieran con los criterios de inclusión.

-Se realizó una base de datos de todos los pacientes que contaran con los criterios de inclusión, con niveles séricos de triglicéridos, insulina, glucosa, talla, peso, ficha, sexo, nombre y edad.

-Se realizó la medición del índice TyG*IMC con la siguiente fórmula; $TyG*IMC = IMC \times \text{índice TyG}$, donde $IMC = \text{peso}/\text{altura}^2$, y el índice TyG = $\text{Ln} [1/2 \text{ glucosa plasmática en ayunas (mg/dL)} \times \text{triglicéridos (mg/dL)}]$, donde se tomó el punto de corte 208.

- Se realizó la medición de HOMA-IR con la siguiente fórmula: $[\text{insulina plasmática en ayuno } (\mu\text{U/ ml}) \times \text{glucosa plasmática en ayuno (mmol/L)}] / 22.5$, donde se tomó el punto de corte de 3.16.

d) Variables de estudio

VARIABLE(S) INDEPENDIENTE(S)

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CLASIFICACIÓN DE LA VARIABLE
Sobrepeso	Individuos que presentan un exceso de tejido graso.	IMC entre los percentil 85 y 95 o > 1+ DE	1. Sobrepeso 2. Obesidad
Obesidad	Acúmulo de tejido graso en el organismo en relación con otros componentes corporales y suele ser el resultado de un balance energético positivo.	IMC en el percentil 95 o >2+ DE	1. Sobrepeso 2. Obesidad

VARIABLE(S) DEPENDIENTE(S)

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CLASIFICACIÓN DE LA VARIABLE
TyG*IMC	Índice donde se utiliza glucosa, triglicéridos en ayuno y el IMC, para predecir la resistencia a la insulina.	Valor de corte: Resistencia a la insulina: 208	1.<208 2. 208
HOMA	índice de "homeostatic model assessment". Valora si existe un "bloqueo o resistencia"	Valor de corte: Insulinorresistencia: IR: HOMA-IR \geq 3.16	1.< 3.16 2. \geq 3.16

	periférica a la acción de la insulina y evalúa indirectamente la función de las células beta del páncreas		
Edad	Tiempo que una persona ha vivido, cuantificada en años, meses o días	Años y meses que la persona ha vivido.	1. 12 a 14 años 2. 15 a 17 años.
Sexo	El sexo es el conjunto de las peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos.	Masculino y femenino.	1. Femenino 2. Masculino

9. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Del archivo clínico del Hospital Central Norte de Pemex se obtuvieron los expedientes de niños de 12 a 17 años de edad con diagnóstico en CIE-10 con obesidad y sobrepeso y que acudieron a la clínica de factores de riesgo, en un periodo de tiempo del 01 de enero de 2021 al 31 de diciembre de 2022, obteniéndose un tamaño de muestra total de 253 pacientes, donde por cuestiones metodológicas se realizó cálculo de tamaño de la muestra o (precisión) para estimar una proporción de la población estudiada, con un intervalo de confianza del 95% y una precisión del 5%, consiguiéndose un tamaño de muestra final de 153 pacientes, sin embargo 47 no contaban con los criterios de inclusión, por lo cual la muestra fue de 106 pacientes.

10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se hizo la revisión de cada uno de los expedientes de los pacientes seleccionados que contaran con los criterios de inclusión. Se realizó una base de datos en Excel que incluía nombre, sexo, ficha, edad, peso, talla, IMC, percentil del IMC, diagnóstico de

obesidad o sobrepeso, glucosa, triglicéridos, insulina; con esto se realizó fórmula para obtener HOMA e índice TyG*IMC.

Posterior la base de datos se exportó al programa IBM SPSS Statistics 29.0.2.0. Las variables cualitativas de frecuencia se expresaron como porcentajes y las cuantitativas como media \pm DE. El estudio de correlaciones mediante la prueba Rho de Spearman. La sensibilidad y especificidad del índice TyG*IMC con punto de corte de 208 para el diagnóstico de resistencia a la insulina se estableció mediante curvas ROC teniendo en cuenta el área bajo la curva (ABC) para determinar la exactitud del test. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

11. ASPECTOS ÉTICOS

En apego a las normas éticas de la declaración de Helsinki y al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la participación de los pacientes en este estudio conlleva un tipo de riesgo: MINIMO.

12. RECURSOS

-Recursos Humanos

Médico residente de Pediatría

-Recursos Materiales

Una computadora con conexión a internet y acceso al SIAH

-Recursos financieros

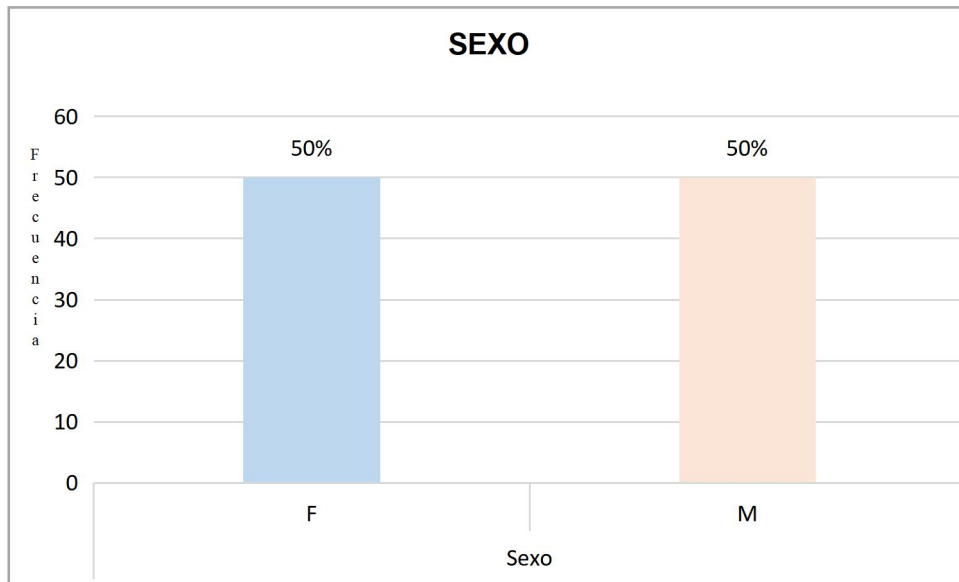
No se requirió de la inversión de recursos financieros específicos al tratarse de estudios de laboratorio que se administran de manera rutinaria en las unidades de Salud de Petróleos Mexicanos.

13. RESULTADOS

Se obtuvo una muestra de 106 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión durante un periodo comprendido del 01 de enero de 2021 a 31 de diciembre de 2022, de los cuales se organizaron por sexo, y se obtuvieron 53 (50%) pacientes femeninos y 53 (50%) pacientes masculinos (Tabla 1) (Gráfica 1) .

SEXO			
		Frecuencia	Porcentaje
SEXO	F	53	50
	M	53	50
	Total	106	100

Tabla 1. Frecuencia de sexo.



Gráfica 1. Frecuencia de sexo.

En cuestión a la edad de los 106 pacientes se obtuvo una media de 14.17 años (± 1.57), con mínimo de 12 años y máximo de 17 años (Tabla 2).

EDAD		
N	Pacientes	106
Media		14.1792
Desv. estándar		1.57236
Mínimo		12.00
Máximo		17.00

Tabla 2. Media de edad.

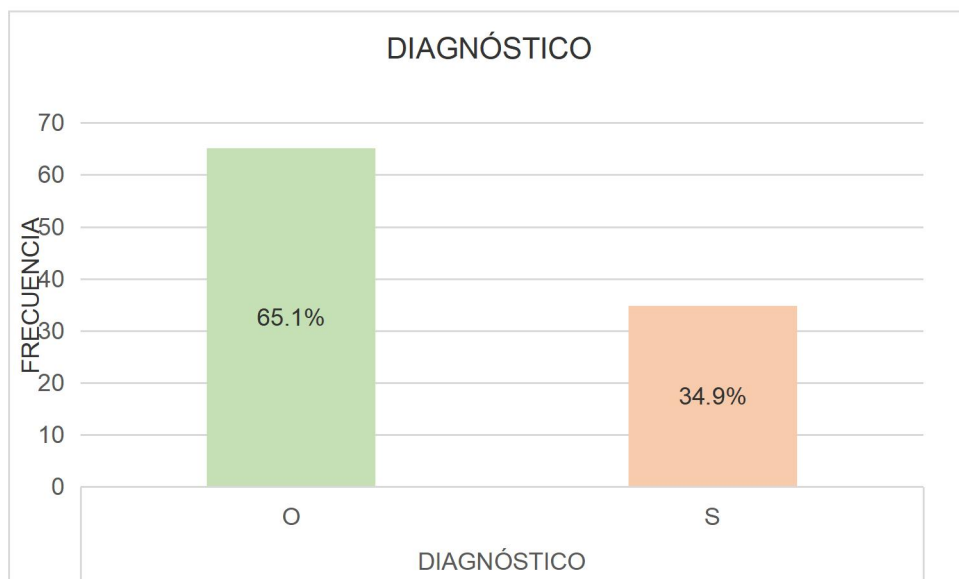
Se observo que la media de IMC de los 106 pacientes fue de 28.8 (\pm 3.4), con un minino de 21.1 y máximo de 39.77 (Tabla 3). De acuerdo al IMC de cada paciente se obtuvo su percentil de acuerdo a la CDC y se diagnostico en sobrepeso y obesidad; 37 (34.9%) pacientes tuvieron sobrepeso, de los cuales 19 (17.9%) pacientes son femeninos y 18 (16.9%) pacientes fueron masculinos. En cuanto a obesidad se observo 69 (65.1%) pacientes, de los cuales 34 (32.07%) pacientes son femeninos y 35 (33.01%) pacientes fueron masculinos. (Tabla 4, gráfica 2 y 3)

IMC		
		IMC
N	Pacientes	106
Media		28.8004
Desv. estándar		3.42961
Mínimo		21.11
Máximo		39.77

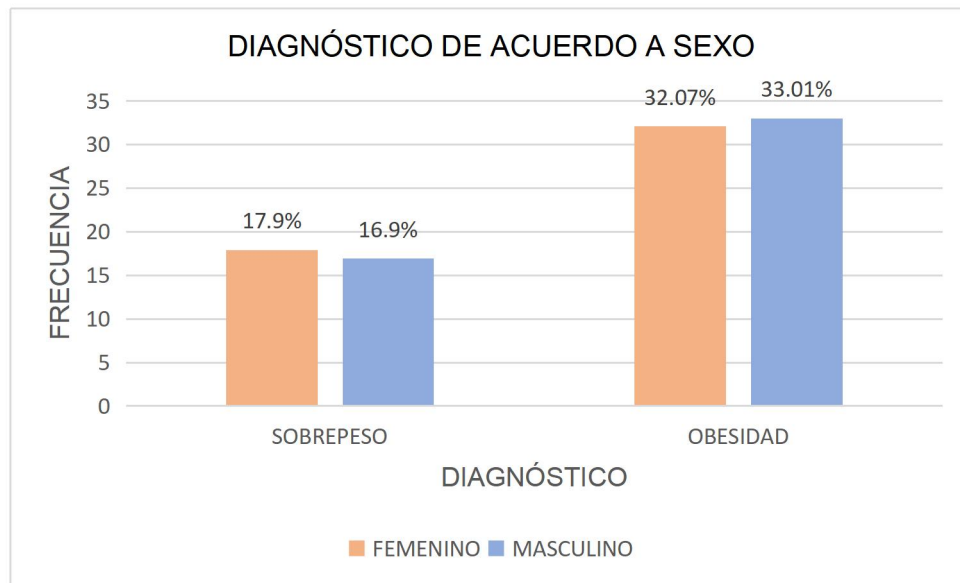
Tabla 3. Media de IMC

DIAGNÓSTICO			
		Frecuencia	Porcentaje
Pacientes	Obesidad	69	65.1
	Sobrepeso	37	34.9
	Total	106	100.0

Tabla 4. Frecuencia de diagnostico.



Gráfica 2. Frecuencia de diagnóstico. O (obesidad), S (sobrepeso)



Gráfica 3. Frecuencia diagnóstica de acuerdo a sexo.

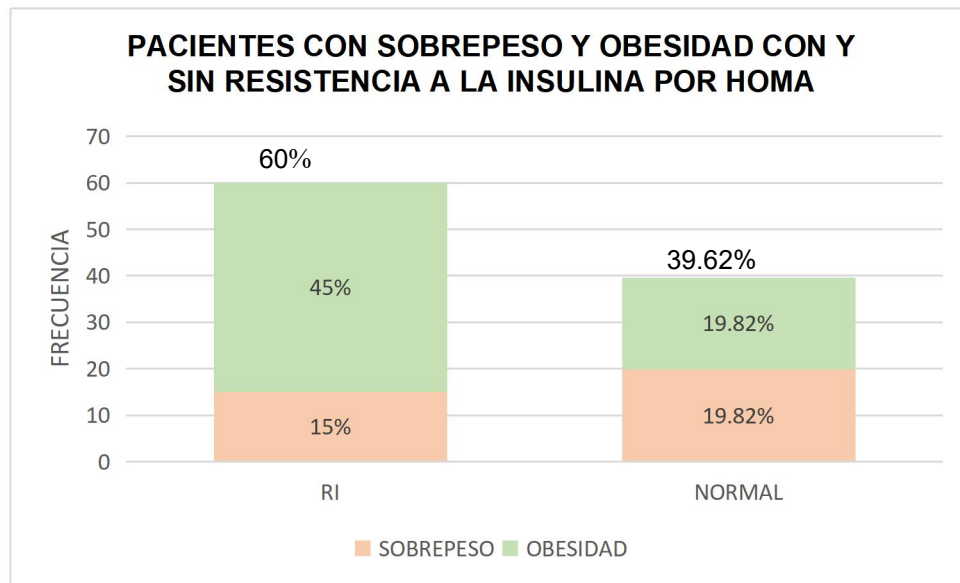
La media de HOMA fue de 3.88 (\pm 1.79), con un mínimo de 0.89 y máximo de 9.24 (Tabla 5). Con respecto al diagnóstico de sobrepeso y obesidad, se observó que 64 (60%) pacientes resultaron con resistencia a la insulina con el cálculo de HOMA, con valor de corte de 3.16, de los cuales se observó predominancia de resistencia a la insulina en los pacientes obesos, teniendo 48 (45%) pacientes, sin embargo sin presentar diferencia significativa ($p > 0,05$) y 16 (15%) pacientes con sobrepeso y resistencia a la insulina, con diferencia significativa ($p < 0,05$) (Tabla 6 y gráfica 4).

MEDIA DE HOMA	
Pacientes	106
Media	3.88
Desv. estándar	1.79
Mínimo	.89
Máximo	9.24

Tabla 5. Media de HOMA y desviación estándar.

PACIENTES CON RESISTENCIA A LA INSULINA A TRAVÉS DE HOMA			
	RI	NORMAL	Valor p
SOBREPESO	16	21	0.033*
OBESIDAD	48	21	0.119
TOTAL	64	42	

Tabla 6. Pacientes con resistencia a la insulina a través de HOMA. RI (resistencia a la insulina) Significación con $p < 0,05$



Gráfica 4. Pacientes con sobrepeso y obesidad con y sin resistencia a la insulina con HOMA. RI (resistencia a la insulina)

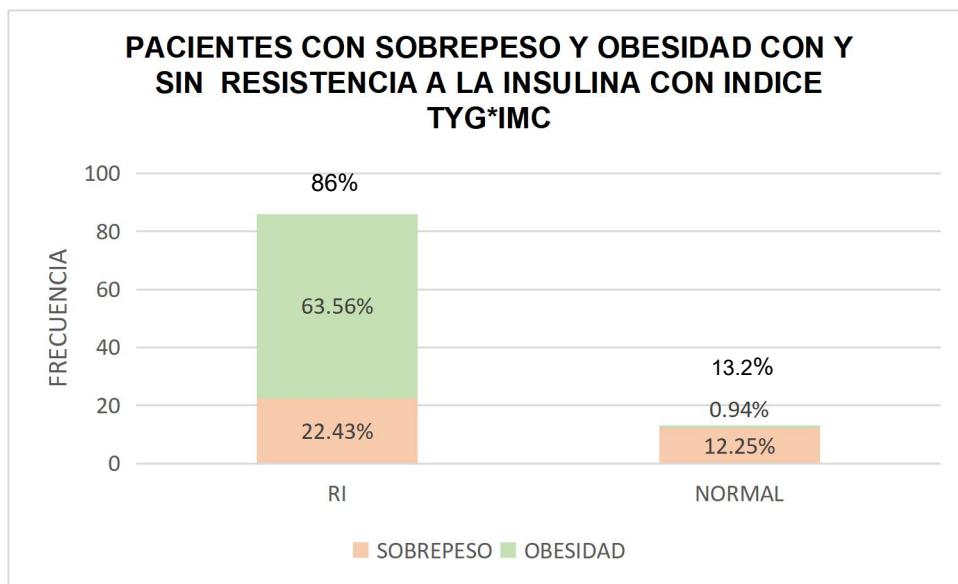
La media del índice de TyG*IMC fue de 246 (\pm 33.37), con un mínimo de 189.86 y máximo de 351.35 (Tabla 7). Con respecto al diagnóstico de sobrepeso y obesidad, se observó que 92 (86%) pacientes resultaron con resistencia a la insulina con el cálculo del índice TyG*IMC, con valor de corte de 208, de los cuales se observó predominancia de resistencia a la insulina en los pacientes obesos, teniendo 68 (63.56%) pacientes y 24 (13.2%) pacientes con sobrepeso y resistencia a la insulina, ambos con diferencia significativa ($p < 0,05$) (Tabla 8 y gráfica 5).

MEDIA DE INDICE TyG*IMC	
Pacientes	106
Media	246.2843
Desv. estándar	33.37450
Mínimo	180.86
Máximo	351.35

Tabla 7. Media de índice TyG*IMC y desviación estándar.

PACIENTES CON RESISTENCIA A LA INSULINA A TRAVÉS DE TyG *IMC			
	RI	NORMAL	Valor p
SOBREPESO	24	13	0.00012
OBESIDAD	68	1	0.004
TOTAL	92	14	

Tabla 8. Pacientes con resistencia a la insulina a través del índice de TyG*IMC. RI (resistencia a la insulina) Significación con $p < 0,05$.

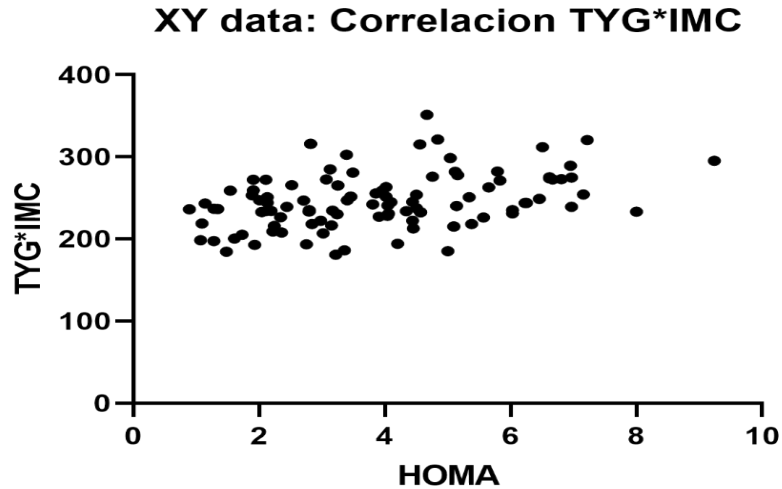


Gráfica 5. Pacientes con sobrepeso y obesidad con y sin resistencia a la insulina con índice TyG*IMC. RI (resistencia a la insulina)

La correlación de HOMA y el índice TyG*IMC, con un IC de 95%, en donde se obtuvo $r = 0.35$, lo que indica una correlación positiva baja y con $p < 0,05$, con lo cual se puede concluir que la correlación es estadísticamente significativa (Tabla 9 y gráfica 6) .

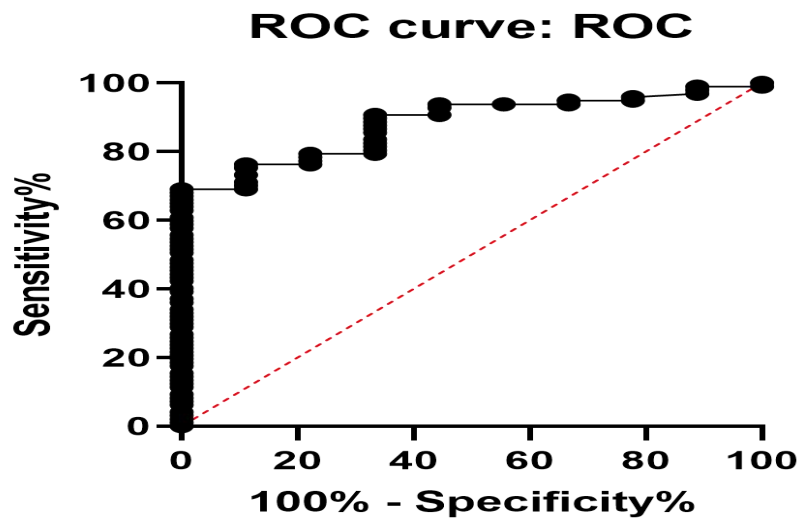
CORRELACIÓN HOMA VS TYG*IMC			
	r	IC 95%	Valor p
Coefficiente de correlación de Spearman	0.3581	0.1741, 0.518	0.0002**

Tabla 9. Correlación HOMA e índice TyG*IMC. IC (Intervalo de confianza).



Gráfica 6. Correlación de Sperman HOMA e indice TyG*IMC

El análisis de la curva ROC para el índice TyG*IMC con punto de corte de 208, obtuvo un AUC de 0.88, estadísticamente significativa con $p = 0.0002$ ($p < 0,05$), con sensibilidad de 65% y especificidad de 69%. La razón de verosimilitud positiva fue de 2.1 y negativa de 0.51 lo que conlleva a una utilidad clínica regular (Gráfica 7, tabla 8)



Gráfica 7. Curva ROC indice TyG*IMC

AUC	Valor p	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	LR+	LR-
0.8814	0.0002	65%	69%	94%	21%	2.1	0.51

Tabla 8. Análisis sensibilidad y especificidad de indice TyG*IMC.

AUC: área bajo la curva, VPP: Valor predictivo positivo, VPN: Valor predictivo negativo,

LR: razón de verosimilitud

Significación con $p < 0,05$.

14. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluaron 106 pacientes, con una media de 14 años, lo que nos ayudo para el control de la muestra. Se obtuvo la misma muestra de pacientes hombre y mujeres con 53. En cuanto al diagnostico de sobrepeso y obesidad se obtuvo más pacientes con obesidad (65.1%), de los cuales los hombres fueron más afectados con 35%, en comparación de las mujeres con 32%. En el caso de sobrepeso se detectaron 34.9%, en donde hubo mayor prevalencia en las mujeres con 17.9% y hombres 16.9. %. A nivel nacional en Ensanut Continua 2020-2022 ellos con una muestra de 5 421 que representa a 17 168 295 adolescentes de 12 a 19 años obtuvieron más pacientes con sobrepeso 23.9% y 17.2% con obesidad, sin embargo la muestra fue más significativa. En cuanto al sexo no existieron diferencias, ya que de los pacientes obesos se obtuvieron más hombres con 18.2% y mujeres 16.1%; sobrepeso mas frecuente en mujeres con 24.9% y 22.9% hombres²¹.

El índice HOMA fue validado por Bonora et al²² con el estándar de oro que es el clamp euglucémico hiperinsulinémico, demostrando ser un buen método para medir la sensibilidad periférica en estudios epidemiológicos. El punto de corte de HOMA medido en nuestro estudio fue de 3.16, ya que es el que se ha evaluado en niños con sobrepeso y obesidad. La media de HOMA que obtuvimos fue de 3.88 ± 1.79 , que se asemejo al estudio realizado por Keskin et al¹⁸, en donde estudiaron a niños obesos y los valores medios de HOMA fueron 3.42 ± 3.14 . En nuestra población 60% de los pacientes resultaron con resistencia a la insulina, con mayor prevalencia en los pacientes obesos (45%). Chissini M.D en su estudio con una población de 12 a 17 años demostró que la prevalencia de resistencia a la insulina fue 5,3 veces mayor en los adolescentes obesos²³ ; por otro lado Cuartero et al, con un corte de HOMA de 3,43 encontró resistencia a la insulina en niños obesos, con valores más altos en las niñas Tanner IV-V ¹⁹ .

El objetivo principal de nuestro estudio fue determinar el índice TyG*IMC como predictor de resistencia a la insulina en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad. El grupo de Er, et al ¹³, fue el primero que propuso este índice TyG*IMC como parámetro útil para medir la insulinoresistencia, tras los resultados que obtuvieron en pacientes adultos con normopeso, sobrepeso y obesos al compararlo con el clamp hiperinsulinemia-euglucemia, considerada como el estándar de oro y HOMA para dicho fin. En nuestro estudio se determino un punto corte de 208, ya que es el que se encontró con mayor sensibilidad y especificidad en población mexicana en el estudio realizado por Almeda et al. Se encontró que con el índice TyG*IMC tuvo una media de 246 (± 33.37), con un

minimo de 189.86 y máximo de 351.35, donde 86% de los pacientes con este índice resultaron con resistencia a la insulina, con mayor incidencia en los pacientes obesos con 68% y sobrepeso 13.2% , ambos con significancia estadística.

Los estudios realizados han sido en adultos jóvenes, por lo cual resulta difícil la comparación con otros estudios, sin embargo Jiang C et al, estudio una población de 19-25 años donde encontró que el 75% de los pacientes con sobrepeso y obesidad con valor de corte de 193.408 tuvieron resistencia en la insulina ²⁰, lo que se asemeja un poco a nuestros resultados.

Al igual que en otros estudios, se correlaciono el índice TyG*IMC con HOMA, siendo este el más referenciado en la literatura para adolescentes con sobrepeso y obesidad . Obtuvimos un correlación positiva baja (r 0.35), similar a lo publicado en trabajos previos, con coeficientes de correlación de entre 0,30-0,35^{20,24,25}.

El análisis de la curva ROC para el índice TyG*IMC con punto de corte de 208, obtuvo un AUC de 0.88, estadísticamente significativa con p 0.0002, con sensibilidad de 65% y especificidad de 69%, con una utilidad clínica regular. Resulta difícil comparar los puntos de corte, sensibilidad y especificidad obtenidos con las curvas ROC entre estudios, debido entre otras cosas, al problema de la edad en la que se ha estudiado y que estos han sido con la pinza euglicémica-hiperinsulinémica . En el estudio realizado por Almeda et al, el AUC con la pinza euglicémica-hiperinsulinémica fue de 0.63, así como Wang con una AUC de 0.77¹³.

Entre las fortalezas de este estudio se puede encontrar que es uno de los primeros en determinar el índice TyG*IMC en adolescentes con sobrepeso y obesidad , así como obtener la sensibilidad y especificidad del mismo, en correlación como HOMA, método ampliamente utilizado en los estudios epidemiológicos. Además, consideramos que el tamaño de la muestra es representativo.

Nuestro estudio tiene las siguientes limitaciones. Primero, debido a su diseño transversal, las asociaciones no son prospectivas y no se puede inferir causalidad. Se necesitan más estudios longitudinales para confirmar si el índice TyG*IMC puede predecir la aparición futura de RI. En segundo lugar, debido a que la muestra del estudio incluye principalmente individuos de un solo lugar específico , los resultados no se pueden generalizar a otras localidades. Dada la variabilidad de los niveles de glucosa, insulina y triglicéridos según el sexo y Tanner, se requiere más investigación para evaluar TyG*IMC en diferentes poblaciones.

15. CONCLUSIONES

En la población estudiada del Hospital central norte existe más adolescentes hombres obesos, seguido de mujeres con sobrepeso, con una edad media de 14 años.

Se determinó que el índice TyG*IMC como predictor de la resistencia a la insulina resultó positivo en el 86% de los pacientes estudiados, que de acuerdo con la hipótesis se reconoce como un buen predictor de la resistencia a la insulina en este estudio.

En cuanto a HOMA se determinó que 60% de los pacientes estudiados tuvieron resistencia a la insulina, con una relación significativa con el índice TyG*IMC.

La sensibilidad obtenida del índice TyG*IMC fue de 65% y especificidad de 69%, con una utilidad clínica regular en este estudio.

Es esencial disponer de un método sencillo y económico para medir la resistencia a la insulina en la población infantil, para así evaluar los riesgos y el seguimiento terapéutico. El índice de TyG*IMC identifica y mide de manera integral la obesidad y las anomalías metabólicas en los individuos. La simplicidad del cálculo del índice TyG*IMC y las mediciones bioquímicas de bajo costo justifican una mayor investigación de su papel como marcador sustituto de la resistencia a la insulina para mejorar la identificación de niños con un alto riesgo cardiometabólico y facilitar la prevención de enfermedades crónicas asociadas en un futuro. Sin embargo es necesario realizar nuevos estudios con este índice para establecerlo como buen predictor de resistencia a la insulina en otras poblaciones, ya que se requiere integrar, diferentes edades, Tanner y la relación con el clamp euglucémico hiperinsulinémico que es el estándar de oro para la resistencia a la insulina.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez, A, Maldonado, J, Lopez, M. Métodos diagnósticos de la resistencia a la insulina en la población pediátrica. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2011 ; 68 (5) : 397-404.
2. INEGI/INSP. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2021.
3. Pérez, A, Cruz, M. Situación actual de la obesidad infantil en México. *Nutrición Hospitalaria.* 2019 ; 36 (2) : 463-469.
4. Organización mundial de la salud, OMS Obesidad y sobrepeso. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> [Consultado el 9 de octubre de 2021].
5. Mauro, I, Lopez, S, Garicano, E, Garcia, B, Blumenfeld, J. Métodos Detección de la alteración del metabolismo glucídico y resistencia a la insulina en una muestra piloto infantil: Aproximación metabólicadiagnósticos de la resistencia a la insulina en la población pediátrica. *Universidad y Salud.* 2019 ; 21 (3) : 191-197.
6. Sánchez, V, Lacalle, C, González, A, Remedios, L, Marqués, A. El índice triglicéridos-glucosa como marcador de insulinaorresistencia en población pediátrica y su relación con hábitos de alimentación y actividad física. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición.* 2021 ; 68 (0) : 296-303.
7. Peña, B, Granados, M, Sánchez, K, Ortiz, MG, Menjivar, M. Síndrome metabólico en niños mexicanos: poca efectividad de las definiciones diagnósticas. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición.* 2017 ; 64 (7) : 369-376.
8. Gomez, A, Urbina, M, Villalpando, D, Alvarez, C, Menjivar, M. Diagnostic accuracy of triglyceride/glucose and triglyceride/HDL index as predictors for insulin resistance in children with and without obesity. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2019 ; 13 (0) : 2329-2334.
9. Almeda, P, Bello, O, Caballeros, C, Gomez, D. Índices para la evaluación de la resistencia a la insulina en individuos mexicanos sin diabetes. *Gaceta Médica de México.* 2018 ; 13 (2) : 50-55.
10. Arjona, R, Herrera, L, Sumarraga, C, Alcocer, M. Asociación entre el índice de masa corporal y el perfil de lípidos en niños y adolescentes mexicanos con obesidad: un análisis retrospectivo. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2014 ; 71 (2014) : 88-94.
11. Melo, A, Miranda, H, Santis, M, Alcocer, M. Predictive capacity of triglyceride-glucose (TyG) index for insulin resistance and cardiometabolic risk in children and adolescents: a systematic review. *critical reviews in food science and nutrition.* 2020;71(0): 1-11.

12. Er LK, Wu S, Chou HH, Hsu LA, Teng MS, Sun YC, Ko YL. Triglyceride Glucose-Body Mass Index Is a Simple and Clinically Useful Surrogate Marker for Insulin Resistance in Nondiabetic Individuals. *PLOS ONE*. 2016;11(3): 1-12.
13. Wang, X, Liu, J, Zhong, Y, Alcocer, M. Triglyceride glucose-body mass index and the risk of diabetes: a general population based cohort study. *Lipids in Health and Disease*. 2021;20(9): 1-10.
14. Martinez, A, Maldonado, J, Lopez, M. Métodos diagnósticos de la resistencia a la insulina en la población pediátrica. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2011 ; 68 (5) : 397-404.
15. DeFronzo RA, Tobin JD, Andres R. Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *Am J Physiol* 1979;237:E214-E223
16. Caumo A, Luzi L. First-phase insulin secretion: does it exist in real life? Considerations on shape and function. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2004;287:E371-E385.
17. Elahi D. In praise of the hyperglycemic clamp: a method for assessment of beta-cell sensitivity and insulin resistance. *Diabetes Care* 1996;19:278-286.
18. Keskin M, Kurtoglu S, Kendirci M, Atabek M, 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:e500-e503.
19. García-Cuartero B, García-Lacalle C, Jiménez-Lobo C, González-Vergaz A, Calvo-Rey C, Alcázar-Villa MJ, et al. Índice de HOMA y QUICKI, insulina y péptido C en niños sanos. Puntos de corte de riesgo cardiovascular. *An Pediatr (Barc)* 2007;66:481-490
20. Jiang C, Yang R, Kuang M, Yu M, Zhong M, Zou Y. Triglyceride glucose-body mass index in identifying high-risk groups of pre-diabetes. *Lipids Health Dis*. 2021 Nov 14;20(1):161.
21. Shamah T, Gaona B, Cuevas L, Morales C, Valenzuela G, Méndez I, Ávila MA. Prevalencias de sobrepeso y obesidad en población escolar y adolescente de México. *Ensanut Continua 2020-2022*. *Salud Publica Mex*. 2023;65(supl 1):S218-S224.
22. Bonora E, Kiechl S, Willeit J. Prevalence of insulin resistance in metabolic disorders: the Bruneck Study. *Diabetes*. 1998;47: 1643-9.
23. Chissini R, Kuschner M, Oliveira M, Tavares D, Santos B. Cutoff values for HOMA-IR associated with metabolic syndrome in the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA Study). *Nutrition journal*. 2020;71 110608.

- 24.** Almeda P, Bello O, Caballeros C, Gómez D, Viveros T, Vargas A, Agular C. Indices para la evaluación de la resistencia a la insulina en individuos mexicanos sin diabetes. *Gaceta Médica México*.2018;152 (Suppl 2)
- 25.** Mehta R, Bello O, Martagón A, López D, Vargas A, Gómez D, Almeda P, Muñoz L. La asociación entre la resistencia a la insulina y la rigidez arterial en pacientes mexicanos sin diabetes mellitus tipo 2. *Gaceta Médica de México*. 2021;157