



Riesgo metabólico y su relación con la capacidad aerobia y muscular en jóvenes

Metabolic risk and its relationship with aerobic and muscular capacity in young people

Joel E. Moreno¹, Lidia G. De León^{1*}, Ramón Candia-Luján¹, Briseidy Ortiz-Rodríguez¹, Claudia E. Carrasco-Legleu¹

¹ Facultad de Ciencias de la Cultura Física. Universidad Autónoma de Chihuahua. Perif. de la Juventud y Circuito Universitario S/N, Fraccionamiento Campo Bello, C.P. 31124, Apdo. Postal 21585. Chihuahua Chih., México.

RESUMEN

El síndrome metabólico se caracteriza como un grupo de anomalías metabólicas, que aumentan el riesgo cardiovascular y de diabetes mellitus tipo II. Estas enfermedades se han convertido en algunas de las problemáticas más importantes en México y en el mundo debido a su alto impacto sobre la salud pública. El objetivo de este estudio fue evaluar la relación independiente de la capacidad aerobia y la fuerza muscular con factores de riesgo metabólico en adultos jóvenes. Se realizaron mediciones antropométricas, clínicas, de composición corporal y bioquímicas a un total de 12 mujeres y 11 hombres de entre 20 y 30 años de edad que participaron de manera voluntaria, mientras que la capacidad aerobia y fuerza muscular fueron evaluadas mediante pruebas de campo. Los resultados mostraron que el 30.4 % de la muestra presentó por lo menos un factor de riesgo, mientras que solo el 4.3 % tuvieron dos factores de riesgo metabólico. La capacidad aerobia y la fuerza muscular no mostraron correlaciones significativas con factores de riesgo metabólico. Los participantes evidenciaron obesidad abdominal, resistencia a la insulina y/o dislipidemia, lo que supone aumento de riesgo de enfermedades no transmisibles a mediano o largo plazo si no se modifican estos factores.

Palabras clave: Capacidad aerobia, fuerza muscular, riesgo cardiovascular y metabólico, síndrome metabólico.

ABSTRACT

Metabolic syndrome, characterized as a group of metabolic abnormalities, increase the risk for cardiovascular diseases and type II diabetes mellitus. These diseases have become some of the most important problems in Mexico and the world due to its high impact on public health. The aim of this study was to evaluate the independent relationship of aerobic capacity and muscle strength with metabolic risk factors in young adults. We determined anthropometric, clinical, body composition and biochemical measurements to a total of 12 women and 11 men between 20 and 30 years of age who participated voluntarily, while the evaluation of aerobic capacity and muscular strength was through field tests. Results showed that 30.4 % of the sample had at least one risk factor, while only 4.3 % had two metabolic risk factors. Aerobic capacity and muscular strength did not show significant correlations with metabolic risk factors. The participants showed abdominal obesity, insulin resistance

and/or dyslipidemia, which could result in an increased risk of noncommunicable diseases in the medium or long term.

Keywords: Aerobic capacity, muscular strength, cardiovascular and metabolic risk, metabolic syndrome.

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico (SM) es reconocido como un conjunto de alteraciones que pueden presentarse de manera simultánea o progresiva en un individuo, entre las que se incluyen factores como resistencia a la insulina (RI), circunferencia de cintura abdominal (CCA) aumentada, presión arterial (PA) alta, concentraciones plasmáticas de glucosa (G) y triglicéridos (TG) elevadas y lipoproteínas de alta densidad (HDL por sus siglas en inglés) disminuidas. La constelación de estos factores que son de riesgo para SM, se ha asociado con una mayor probabilidad de enfermedades no transmisibles - ENT (Ford, 2005; Eckel *et al.*, 2010; Mottillo *et al.*, 2010; OMS, 2018).

Reaven fue uno de los primeros investigadores en describir el SM en 1988; sin embargo, desde sus inicios y con el avance científico, diferentes organizaciones y grupos de expertos han propuesto distintas definiciones para el diagnóstico del SM entre ellas la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés), el Programa Nacional de Educación para el Colesterol (NCEP por sus siglas en inglés) y la Federación Internacional de Diabetes (IDF por sus siglas en inglés), entre otras. Durante muchos años la prevalencia de SM era incierta debido a la gran variedad de puntos de corte para su diagnóstico, ya que su prevalencia dependía en gran medida de la definición establecida. De ahí que en 2009 algunas organizaciones y grupos de expertos crearon una definición unificada para su diagnóstico, a la que llamaron armonización del SM (WHO, 1999; NCEP, 2002; Alberti *et al.*, 2005; Alberti *et al.*, 2009).

Hoy en día el SM se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública en México y en el mundo debido a su alto impacto en la calidad de vida de las personas. Si bien no existen datos concisos que indiquen la prevalencia actual de SM en México, es evidente que existe una alta prevalencia de padecimientos asociados a este problema, tales como la obesidad abdominal, la hipertensión arterial (HTA), las dislipidemias, la enfermedad cardiovascular (ECV) y la Diabetes mellitus tipo II (DMT2), siendo estas dos últimas las principales causas de muerte en México (Gutiérrez *et al.*, 2012; Corona y Castillo, 2014; Hernández *et al.*, 2016).

Diversos estudios han observado la influencia favorecedora de la capacidad aerobia y la fuerza muscular sobre el riesgo metabólico (RM), sugiriendo que mayores niveles de estas capacidades físicas, se asocian con la disminución de la masa grasa (MG), del índice de masa corporal (IMC), la CCA, PA, G, TG, colesterol total (CT), colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y aumento de las HDL, sin embargo, la evidencia en la población mexicana es limitada (Steenen-Johannessen *et al.*, 2009; Morrell *et al.*, 2013; Triana-Reina y Ramírez-Vélez, 2013; Ramírez-Vélez *et al.*, 2014; Mišigoj-Duraković *et al.*, 2016).

El objetivo de la presente investigación fue analizar la relación independiente de la capacidad aerobia y la fuerza muscular con la presencia de factores de riesgo para SM en adultos jóvenes con o sin sobrepeso u obesidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y población

Mediante un muestreo no probabilístico estratificado por género, fueron reclutados 26 sujetos (12 hombres y 14 mujeres) en edades comprendidas entre los 20 y 30 años de edad, con o sin sobrepeso u obesidad, de la ciudad de Chihuahua al norte de México. Fueron excluidos aquellos sujetos que estuvieran bajo algún tratamiento médico, no se encontraran clínicamente sanos mediante una valoración médica, así como aquellos que no cumplieran con la totalidad de las mediciones, por lo que la muestra quedó comprendida de 12 mujeres y 11 hombres. Se explicó de manera personal las características y pormenores del estudio y posteriormente se obtuvo el consentimiento informado de participación voluntaria de acuerdo a la declaración de Helsinki y al Reglamento de la Ley General de Salud de México en Materia de Investigación para la Salud (Secretaría de Salud, 1984; Asociación Médica Mundial, 2017).

Procedimientos

Los sujetos fueron citados a primera hora de la mañana, con un ayuno de 8 horas y ropa adecuada para las mediciones clínicas, composición corporal y bioquímicas.

Medición de la presión arterial

La medición de la PA fue obtenida mediante las recomendaciones de la American Heart Association (Pickering *et al.*, 2005). Se utilizó un esfigmomanómetro automatizado de la marca BIOSPACE modelo BPBIO 320. Se colocó al sujeto sentado en una silla, con los pies apoyados sobre el piso, la espalda recta en el respaldo del asiento, el codo derecho apoyado sobre el muslo derecho y el codo izquierdo sobre una mesa a la altura del corazón. Las mediciones fueron registradas en milímetros de mercurio (mm Hg) y realizadas por duplicado. La primera medición fue obtenida después de un periodo de 5 minutos de reposo y la segunda, un minuto después de la primera. Se obtuvo el promedio de ambas cuando la diferencia entre la primera y la segunda medición fue igual o menor a 5 mm Hg, en caso contrario se realizó una tercera medición y se registró la mediana de los valores.

Mediciones antropométricas

La medición del peso corporal, estatura máxima y CCA se llevaron a cabo de acuerdo al manual de Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica y bajo los lineamientos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (Stewart *et al.*, 2011) con un error técnico de medición - ETM $\leq 1\%$. Se utilizó una balanza digital marca Omron modelo HBF-214, un estadímetro digital marca SECA 274, un banco antropométrico y una cinta antropométrica metálica marca Lufkin respectivamente.

Índice de masa corporal

Fueron clasificados con sobrepeso aquellos sujetos con un IMC ≥ 25 kg/m² y con obesidad aquellos con un IMC ≥ 30 kg/m² (National Heart, Lung, and Blood Institute, 1998).

Análisis de la composición corporal

La masa muscular (MM), la MG y el porcentaje de grasa corporal (% GC), fueron obtenidos mediante un impedanciómetro de 4 puntos táctiles InBody 230, de la marca BIOSPACE. Se le pidió al sujeto retirarse zapatos y calcetines y cualquier objeto metálico o electrónico (pulseras, aretes, celulares, relojes), de acuerdo a las indicaciones señaladas en el manual de usuario del equipo. La MM, la MG y el % MG fueron registrados en kilogramos y porcentaje, respectivamente.

Bioquímica sanguínea

Con un ayuno de por lo menos 8 horas, se obtuvieron muestras sanguíneas, para determinar las concentraciones en sangre de G, TG y CT, las cuales fueron analizadas mediante el método enzimático colorimétrico, utilizando reactivos de la marca Spinreact®, mientras que el colesterol HDL se hizo por método precipitante; todas las lecturas fueron realizadas con un espectrofotómetro Chem-Well® Awareness Technology a una longitud de onda de 505 nm. El colesterol LDL fue estimado mediante la fórmula establecida por Friedewald *et al.*, en 1972, en donde $LDL = CT - HDL - (TG / 5)$.

La RI se determinó mediante el índice triglicéridos y glucosa (índice TyG) propuesto en 2008 por Simental-Mendía *et al.*, en donde $\text{índice TyG} = \ln(TG * G / 2)$

Clasificación del Síndrome Metabólico (SM)

El SM fue clasificado como la presencia de tres o más de los siguientes factores de riesgo: CCA ≥ 90 cm en hombres y 80 cm en mujeres; presión arterial sistólica (PAS) ≥ 130 mm Hg y presión arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mm Hg; G ≥ 100 mg/dL; TG ≥ 150 mg/dL; y HDL ≤ 40 mg/dL en hombres y ≤ 50 mg/dL en mujeres (Alberti *et al.*, 2009).

Otros factores de riesgo metabólico.

El CT > 200 mg/dL, LDL > 130 mg/dL y un índice TyG > 4.68 (Guerrero *et al.*, 2010; NOM-037-SSA2-2012).

Capacidades físicas

Se midieron la capacidad aerobia y la fuerza muscular, mediante un diseño doble reversible, con un periodo de

lavado de 72 horas entre una y otra pruebas. Se indicó a los sujetos presentarse con un ayuno no menor a dos horas ni mayor a cuatro horas, asistir con ropa y calzado deportivo, no haber realizado ejercicio físico intenso 24 horas antes de la prueba, haber disfrutado de un sueño reparador la noche previa, así como evitar el consumo de bebidas estimulantes o energizantes. Antes de la prueba se realizó un calentamiento no mayor al 50 % de la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{\text{máx}}$), estimada mediante la fórmula de Tanaka *et al.*, 2001, en donde $FC_{\text{máx}} = 208 - (0.7 * \text{edad en años})$.

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) fue estimado mediante la prueba de carrera de 20 metros (The Multistage 20 metre Shuttle Run Test) que consistió en recorrer ida y vuelta una distancia de 20 metros, al ritmo de un sonido emitido por un disco pregrabado, a una velocidad inicial de 8.5 km/h, aumentando la velocidad en 0.5 km/h cada nivel de un minuto. El $VO_{2\text{máx}}$ fue registrado en $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Léger *et al.*, 1988).

La fuerza relativa del tren superior ($F_{\text{R}}\text{TS}$) y la fuerza relativa del tren inferior ($F_{\text{R}}\text{TI}$) fueron estimadas mediante las pruebas de prensa en banco y sentadilla con banco respectivamente; aquellos sujetos que no estaban familiarizados con el ejercicio iniciaron con un peso proporcional a su peso corporal (20 % mujeres y 30 % hombres para prensa en banco y 40 % mujeres y 50 % hombres para sentadilla con banco); quienes ya estaban familiarizados con el ejercicio utilizaron el peso con el que trabajaban regularmente. Se asignó un máximo de 5 intentos con 5 minutos de descanso como mínimo entre cada intento, hasta encontrar el peso máximo levantado en una sola repetición; para la estimación de la fuerza relativa se dividió el peso máximo levantado de forma correcta en una sola repetición entre el peso corporal del sujeto (Johnson y Nelson, 1986).

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de las varianzas por sexo (Shapiro-Whilk y prueba de Levene respectivamente); los datos fueron reportados como media y desviación estándar (DE) o como mediana e intervalo intercuartil (IIC) entre el 25 y 75 percentil. Para observar la prevalencia de factores de riesgo se efectuó una distribución de varianzas, mientras que para determinar las diferencias entre hombres y mujeres fueron realizadas las pruebas estadísticas t de Student para muestras independientes o U de Mann-Whitney; finalmente para observar la relación independiente del $VO_{2\text{máx}}$, $F_{\text{R}}\text{TS}$ y $F_{\text{R}}\text{TI}$ con los factores de riesgo, se verificó con el coeficiente de correlación de Pearson o con el de Spearman. En todos los casos, se estableció un nivel de significancia a una $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características antropométricas, clínicas, bioquímicas y físicas

Las características de las variables de estudio se muestran en la tabla 1. Se observa que los hombres fueron significativamente más grandes, más pesados y con mayor

MM y CCA que las mujeres ($p < 0.05$); ellas mostraron una mayor MG y % GC, que los hombres ($p < 0.05$). Estos valores eran esperados ya que existen diferentes factores como la producción de hormonas sexuales masculinas y femeninas que predisponen a la presencia de diferencias fisiológicas entre ambos sexos (Ira, 2011); sin embargo es importante destacar que el IMC no mostró diferencias significativas entre ellos, a pesar de que hombres y mujeres evidenciaron desigualdades en la composición corporal. Algunos estudios sugieren que la eficacia en el uso del IMC para la categorización de la composición corporal puede ser reducido debido a que una de las limitaciones de este método es la falta de discriminación entre la MG y la masa libre de grasa (MLG), lo que puede predisponer a la sobreestimación de adiposidad corporal (Carrasco *et al.*, 2004; Rothman, 2008).

Por otra parte, los hombres mostraron una mayor PAS y concentraciones mayores de CT y LDL en sangre ($p < 0.05$); sin embargo, no se observaron valores por encima de los recomendados en ninguna de las variables.

Si bien la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular depende de diversos factores tales como el nivel de entrenamiento, el sexo, la edad, factores genéticos, hormonales y de composición corporal, entre otros, estas capacidades físicas suelen ser mayores en hombres que en mujeres (López y Fernández, 2006; Coburn y Malek, 2014); tal comportamiento fue evidente en el presente estudio, en donde el $VO_{2\text{máx}}$ y la $F_{\text{R}}\text{TS}$ mostraron valores más altos en hombres que en mujeres ($p < 0.05$), sin embargo, el hecho de que la $F_{\text{R}}\text{TI}$ no resultara diferente entre sexos pudiera significar que las actividades cotidianas de las personas evaluadas es similar, lo que parece empatar el desarrollo de la fuerza en la región inferior. Es importante tomar en cuenta que esto es sólo un supuesto ya que una de las limitaciones de este estudio fue la falta de evaluación de la actividad física diaria de las personas incluidas en el estudio.

Prevalencia de SM y sus factores de riesgo

De acuerdo a los lineamientos establecidos por Alberti *et al.*, 2009, no se observó la presencia de SM en la muestra del presente estudio, sin embargo la manifestación de factores de riesgo comienza a ser evidente en este grupo de personas, en donde el 30.4 % del total de la muestra presentó al menos un factor de riesgo y sólo en el 4.3 % de la muestra se observaron por lo menos dos factores de riesgo para SM; se identificó en las mujeres mayor presencia de factores de riesgo para SM (ver tabla 2).

Frecuencia de factores de riesgo metabólico

Como se observa en la tabla 3, la obesidad abdominal, las HDL disminuidas, la RI medida por índice TyG, el CT, LDL y/o los TG elevados fueron los factores de riesgo que se presentaron en esta muestra de estudio, siendo la obesidad abdominal y las HDL disminuidas los más frecuentes, seguidas de la RI (17.4 % y 13 % del total de la muestra respectivamente); esto puede significar un hallazgo notable ya que las HDL juegan un papel importante en la disminución del

Tabla 1. Características de las variables de estudio.

Table 1. Characteristics of the study variables.

| Características | Mujeres (n=12) | Hombres (n=11) | Valor P |
|---|---------------------------|-----------------------------------|---------|
| Edad | 22.0 (21.3,23.0) | 23.0 (23.0,25.0) ^b | 0.027 |
| Estatura máxima | 162.53 ± 7.28 | 175.63 ± 6.79 ^b | 0.000 |
| Masa Corporal | 62.36 ± 12.73 | 74.32 ± 9.45 ^b | 0.019 |
| IMC (kg/m ²) | 23.50 ± 3.94 | 24.11 ± 2.97 | 0.682 |
| MM (kg) | 23.16 ± 3.74 | 33.83 ± 4.28 ^b | 0.000 |
| MG (kg) | 20.45 ± 7.34 ^a | 14.83 ± 4.04 | 0.036 |
| % GC | 31.07 ± 7.06 ^a | 19.73 ± 4.23 | 0.000 |
| CCA (cm) | 72.37 ± 8.39 | 80.66 ± 6.25 ^b | 0.015 |
| PAS (mm Hg) | 113.5 (111.2, 116.8) | 120.0 (118.0, 122.0) ^b | 0.026 |
| PAD (mm Hg) | 80.0 (69.2, 81.0) | 77.0 (74.0, 82.0) | 0.757 |
| G (mg/dL) | 85.0 ± 6.0 | 85.2 ± 8.7 | 0.867 |
| TG (mg/dL) | 61.4 (52.0,83.1) | 67.5 (60.2, 113.2) | 0.295 |
| CT(mg/dL) | 141.5 ± 30.0 | 172.0 ± 40.0 ^b | 0.049 |
| HDL (mg/dL) | 55.1 (45.0, 63.0) | 50.6 (47.0, 54.0) | 0.600 |
| LDL (mg/dL) | 71.0 ± 22.1 | 101.3 ± 34.0 ^b | 0.017 |
| Índice TyG-RI | 4.3 (4.2, 4.4) | 4.3 (4.2, 4.6) | 0.388 |
| VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 36.0 (33.0, 39.0) | 42.0 (39.0, 41.0) ^b | 0.008 |
| F _R TS | 0.50 ± 0.1 | 1.02 ± 0.24 ^b | 0.000 |
| F _R TI | 1.17 ± 0.40 | 1.49 ± 0.34 | 0.060 |

IMC = índice de masa corporal; MM= masa muscular; MG= masa grasa; % GC= porcentaje de grasa corporal; CCA= circunferencia de cintura abdominal PAS= presión arterial sistólica; PAD= presión arterial diastólica; G= glucosa; TG= triglicéridos; CT= colesterol total; HDL= lipoproteínas de alta densidad; LDL= lipoproteínas de baja densidad; Índice TyG-RI= índice triglicéridos y glucosa de resistencia a la insulina VO₂máx= consumo máximo de oxígeno; F_RTS= fuerza relativa tren superior, F_RTI= fuerza relativa tren inferior; ^a mayor que en hombres; ^b mayor que en mujeres.

Tabla 2. Presencia de SM en la muestra estudiada.

Table 2. Presence of MS in the sample studied.

| Factores de riesgo para Síndrome metabólico | Mujeres (n=12) | | Hombres (n=11) | | Total (n=23) | |
|---|----------------|------|----------------|------|--------------|------|
| | Frec | % | Frec | % | Frec | % |
| Sin factor de riesgo | 6 | 50.0 | 9 | 81.8 | 15 | 65.2 |
| Un factor de riesgo | 5 | 41.7 | 2 | 18.2 | 7 | 30.4 |
| Dos factores de riesgo | 1 | 8.3 | 0 | 0 | 1 | 4.3 |
| Tres o más factores de riesgo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Frec=frecuencia de casos

RCV debido a diversos mecanismos, entre los que destaca el contenido de apoproteínas A-1 y su capacidad para la movilización del CT de los tejidos periféricos hacia el hígado para su eliminación, proceso también conocido como transporte inverso del colesterol. Si bien los altos niveles de LDL se han asociado con riesgo de muerte por ECV, existe evidencia que demuestra que un bajo contenido de HDL en sangre predispone a un mayor riesgo de muerte prematura, por lo que la presencia de bajos niveles de este compuesto, en la sangre de los participantes en el presente trabajo, puede indicar que el 33.3 % de la muestra estudiada tiene un mayor riesgo de muerte por ECV a mediano y largo plazo (Cui *et al.*, 2001; Errico *et al.*, 2013).

La obesidad abdominal así como la RI, son considerados factores detonantes de trastornos asociados con las ENT, entre los que destaca el aumento de ácidos grasos libres (AGL), G, TG, lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) e HTA entre otros; además se ha observado que en personas obesas que aún no han desarrollado la RI, el tejido adiposo actúa como un órgano endocrino el cual secreta una mayor cantidad de adipocinas como la interleucina seis (IL-6) y el factor de necrosis tumoral -α (TNF-α), ambas asociadas con la RI (Reaven, 1988; Ritchie y Connell, 2007; Després *et al.*, 2008; Fernández-Travieso, 2016).

En condiciones normales los TG, el CT, así como las LDL, cumplen funciones importantes que permiten el correcto funcionamiento del organismo, tales como el almacenamiento de energía, transporte de AGL, aislamiento del organismo contra las bajas temperaturas, reparación de células, membranas y transporte del CT a las células y tejidos periféricos, entre otros. Sin embargo, el riesgo de ENT se ve aumentado en situaciones en donde la concentración de estos analitos en sangre es elevada. (NCEP, 2002; McKee y McKee, 2003; Eckel *et al.*, 2010; Ira, 2011; Errico *et al.*, 2013).

Capacidad aerobia y muscular y su relación con factores de riesgo metabólico.

En el análisis de correlaciones del VO₂máx, la F_RTS y F_RTI con factores de RM en mujeres y hombres respectivamente, se encontró que la capacidad aerobia y la fuerza muscular no tuvieron correlaciones significativas con ninguno de los factores de RM en ambos grupos. Estos resultados difieren de otros estudios en los cuales se ha documentado que los niveles mayores de VO₂máx y de fuerza muscular se correlacionan con un menor RM. Ver tablas 4 y 5 (Steene-Johannessen *et al.*, 2009; Morrell *et al.*, 2013; Triana-Reina y Ramírez-Vélez, 2013; Ramírez-Vélez *et al.*, 2014; Mišigoj-Duraković *et al.*, 2016).

Se observó que la F_RTS y la F_RTI mostraron valores normales (por edad y sexo) en hombres y mujeres. El VO₂máx también fue adecuado para la edad y sexo en ellas, pero se encontró por debajo de la media (percentil 40) en los varones (Johnson y Nelson, 1986; Coburn y Malek, 2014); los resulta-

Tabla 3. Factores de riesgo metabólico en la muestra estudiada.

Table 3. Metabolic risk factors in the sample studied.

| Factores de riesgo metabólico | Mujeres (n=12) | | Hombres (n=11) | | Total (n=23) | |
|-------------------------------|----------------|------|----------------|------|--------------|------|
| | Frec. | % | Frec. | % | Frec. | % |
| Obesidad abdominal | 3 | 25 | 1 | 9.1 | 4 | 17.4 |
| PA alta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G alta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TG altos | 0 | 0 | 1 | 9.1 | 1 | 4.3 |
| HDL bajas | 4 | 33.3 | 0 | 0 | 4 | 17.4 |
| CT alto | 0 | 0 | 2 | 18.2 | 2 | 8.7 |
| LDL altas | 0 | 0 | 2 | 18.2 | 2 | 8.7 |
| Índice TyG-RI | 1 | 8.3 | 2 | 18.2 | 3 | 13.0 |

Frec=frecuencia de casos; PA=presión arterial; G=glucosa; TG=triglicéridos; HDL=lipoproteínas de alta densidad; CT=colesterol total; LDL=lipoproteínas de baja densidad; TyG-RI=índice triglicéridos y glucosa de resistencia a la insulina.

dos mostraron que la baja prevalencia de SM en esta muestra estudiada no se relacionaron con los niveles de capacidad aerobia y fuerza muscular mostrados.

La presencia de factores de riesgo metabólico encontrados en la muestra de población adulta joven estudiada en este trabajo, resulta de particular importancia para identificar que el desarrollo de SM y sus comorbilidades asociadas (ECV y DMT2) de alta prevalencia en México, pueden presentarse desde estas edades. Aunque no se encontró correlación inversa entre esos parámetros y las capacidades físicas evaluadas, tal como se esperaba de acuerdo a la literatura revisada, si representa una oportunidad de establecer estrategias de detección temprana e intervención oportuna que permitan

Tabla 4. Capacidades físicas y su relación con cada uno de los factores de riesgo metabólico en mujeres.

Table 4. Physical capacities and their relationship with each of the metabolic and risk factors in women.

| Factores de riesgo metabólico | Mujeres (n=12) | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
| | VO ₂ máx r | Valor p | F _R TS r | Valor p | F _R TI r | Valor p |
| CCA (cm) | -0.375 | 0.230 | -0.203 | 0.527 | -0.112 | 0.729 |
| PAS (mm Hg) | 0.035 | 0.915 | -0.141 | 0.662 | -0.366 | 0.243 |
| PAD (mm Hg) | -0.136 | 0.674 | -0.385 | 0.217 | -0.291 | 0.360 |
| G (mg/dL) | -0.107 | 0.740 | -0.179 | 0.579 | -0.146 | 0.652 |
| TG (mg/dL) | -0.038 | 0.906 | -0.077 | 0.813 | -0.196 | 0.540 |
| CT (mg/dL) | -0.124 | 0.701 | -0.263 | 0.409 | -0.207 | 0.518 |
| HDL (mg/dL) | -0.037 | 0.910 | -0.203 | 0.527 | -0.040 | 0.902 |
| LDL (mg/dL) | -0.130 | 0.688 | -0.295 | 0.352 | -0.224 | 0.484 |
| Índice TyG-RI | -0.040 | 0.901 | -0.092 | 0.777 | -0.153 | 0.635 |

VO₂máx=consumo máximo de oxígeno; F_RTS=fuerza relativa de tren superior; F_RTI=fuerza relativa de tren inferior; r=coeficiente de correlación de Pearson; p=valor de significancia; CCA=circunferencia de cintura; PAS=presión arterial sistólica; PAD=presión arterial diastólica; G=glucosa; TG=triglicéridos; HDL=lipoproteínas de alta densidad; CT=colesterol total; LDL=lipoproteínas de baja densidad; TyG-RI=índice triglicéridos y glucosa de resistencia a la insulina.

Tabla 5. Capacidades físicas y su relación con cada uno de los factores de riesgo metabólico en hombres.

Table 5. Physical capacities and their relationship with each of the metabolic risk factors in men.

| Factores de riesgo metabólico | Hombres (n=11) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | VO ₂ máx | Valor p | F _R TS | Valor p | F _R TI | Valor p |
| CCA (cm) | -0.029 | 0.933 | -0.190 | 0.575 | -0.051 | 0.880 |
| PAS (mm Hg) | 0.168 | 0.622 | -0.326 | 0.328 | -0.324 | 0.332 |
| PAD (mm Hg) | -0.147 | 0.667 | -0.467 | 0.148 | -0.493 | 0.123 |
| G (mg/dL) | 0.292 | 0.383 | 0.130 | 0.704 | 0.227 | 0.502 |
| TG (mg/dL) | -0.029 | 0.933 | 0.307 | 0.358 | 0.282 | 0.401 |
| CT (mg/dL) | -0.343 | 0.301 | -0.291 | 0.385 | -0.080 | 0.816 |
| HDL (mg/dL) | -0.046 | 0.894 | -0.077 | 0.821 | 0.128 | 0.708 |
| LDL (mg/dL) | -0.374 | 0.258 | -0.393 | 0.232 | -0.160 | 0.638 |
| Índice TyG-RI | 0.022 | 0.950 | 0.351 | 0.290 | 0.333 | 0.317 |

VO₂máx=consumo máximo de oxígeno; F_RTS=fuerza relativa de tren superior; F_RTI=fuerza relativa de tren inferior; r=coeficiente de correlación de Pearson; p=valor de significancia; CCA=circunferencia de cintura; PAS=presión arterial sistólica; PAD=presión arterial diastólica; G=glucosa; TG=triglicéridos; HDL=lipoproteínas de alta densidad; CT=colesterol total; LDL=lipoproteínas de baja densidad; TyG-RI=índice triglicéridos y glucosa de resistencia a la insulina.

la prevención y el control adecuado de estas patologías; por lo que se sugiere continuar con estudios similares en este tipo de población. El trabajo aquí desarrollado también corroboró la pobre utilidad del IMC como un método de clasificación del sobrepeso y la obesidad en poblaciones pequeñas, como habitualmente se utiliza, por lo que la implementación sistemática de otros procedimientos entre ellos la medición simple de la CCA, puede resultar más efectivo a la par de económico, como indicador de sobrepeso u obesidad.

CONCLUSIONES

Los participantes evidenciaron obesidad abdominal, RI y dislipidemia, lo que supone un aumento de riesgo de ENT a mediano y largo plazo si no se modifican estos factores. No se encontró relación del VO₂máx y la fuerza muscular con el SM o sus factores de riesgo en los grupos estudiados. La ausencia de relación entre las capacidades físicas y el SM o sus factores de riesgo en esta muestra, no descarta su interacción.

REFERENCIAS

- Alberti, K., Eckel, R., Grundy, S., Zimmet, P., Cleeman, C., Donato, K., ... International Association for the Study of Obesity. 2009. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*, 120(16), 1640-1645. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644>
- Alberti, K., Zimmet, P., Shaw, J. y IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. 2005. The metabolic syndrome—A new worldwide definition. *Lancet*, 366(9491), 1059-1062. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67402-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67402-8)
- Asociación Médica Mundial. 2017. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Carrasco, F., Reyes, E., Rimler, O. y Rios, F. 2004. Exactitud del índice de masa corporal en la predicción de la adiposidad medida por impedanciometría bioeléctrica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(3), 280-286.
- Coburn, J. W. y Malek, M. H. 2014. *Manual NSCA, fundamentos del entrenamiento personal*. 2da ed. España: Paidotribo.
- Corona, A. y Castillo, J. 2014. *Las enfermedades metabólicas y su impacto a la salud*. Barcelona España: Elsevier.
- Cui, Y., Blumenthal, R. S., Flaws, J. A., Whiteman, M. K., Langenberg, P., Bachorik, P. S. y Bush, T. L. 2001. Non-high-density lipoprotein cholesterol level as a predictor of cardiovascular disease mortality. *Archives of Internal Medicine*, 161(11), 1413-1419.
- Després, J.-P., Lemieux, I., Bergeron, J., Pibarot, P., Mathieu, P., Larose, E., ... Poirier, P. 2008. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: Contribution to global cardiometabolic risk. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 28(6), 1039-1049. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.107.159228>

- Eckel, R. H., Alberti, K., Grundy, S. M. y Zimmet, P. Z. 2010. The metabolic syndrome. *Lancet*, 375(9710), 181-183. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61794-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61794-3)
- Errico, T. L., Chen, X., Martin Campos, J. M., Julve, J., Escolà-Gil, J. C. y Blanco-Vaca, F. 2013. Mecanismos básicos: Estructura, función y metabolismo de las lipoproteínas plasm. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 25(2), 98-103. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2013.05.003>
- Fernández-Travieso, J. C. 2016. Síndrome Metabólico y Riesgo Cardiovascular. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 47(2), 106-119.
- Ford, E. S. 2005. Risks for All-Cause Mortality, Cardiovascular Disease, and Diabetes Associated With the Metabolic Syndrome: A summary of the evidence. *Diabetes Care*, 28(7), 1769-1778. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.7.1769>
- Friedewald, W. T., Levy, R. I. y Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the Concentration of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499-502.
- Guerrero-Romero, F., Simental-Mendía, L.E., González-Ortiz, M., Martínez-Abundis, E., Ramos-Zavala, M.G., Hernández-González, S.O., Jacques-Camarena, O., Rodríguez-Morán, M., 2010. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 95, 3347-3351. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0288>
- Gutiérrez, J., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., Franco, A., Cuevas-Nasu, L., ... Hernández-Ávila, M. 2012. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX).
- Hernández, M., Rivera, J., Shamah, T., Cuevas, L., Gómez, L.M., Gaona, E., Romero, M., Gómez-Humarán, I., Saturno, P., Villalpando, S., Gutiérrez, J., Ávila, M., Mauricio, E.R., Martínez, J., García, D., 2016. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>
- Ira, S. 2011. *Fisiología Humana*. 12a ed. México: McGRAW-HILL.
- Johnson, B. L. y Nelson, J. K. 1986. Practical measurements for evaluation in physical education. New York: Burgess Pub.
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C. Lambert, J. 1988. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- López, J. Fernández, A. 2006. *Fisiología del Ejercicio*. 3a ed. España: Médica Panamericana.
- McKee, T. McKee, J. R. 2003. *Bioquímica la base molecular de la vida*. 3a ed. España: McGRAW-HILL.
- Mišigoj-Duraković, M., Sorić, M., Matika, D., Jukić, I. y Duraković, Z. 2016. Which is more important for reducing the odds of metabolic syndrome in men: Cardiorespiratory or muscular fitness? *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 24(1), 238-244. <https://doi.org/10.1002/oby.21264>
- Morrell, J. S., Cook, S. B. y Carey, G. B. 2013. Cardiovascular fitness, activity, and metabolic syndrome among college men and women. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 11(5), 370-376. <https://doi.org/10.1089/met.2013.0011>
- Mottillo, S., Filion, K. B., Genest, J., Joseph, L., Poirier, P., ... Eisenberg, M. J. 2010. The metabolic syndrome and cardiovascular risk a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(14), 1113-1132. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.05.034>
- NCEP. 2002. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*, 106(25), 3143-3421.
- National Heart, Lung, and Blood Institute. 1998. *Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2003/>
- Norma Oficial Mexicana NOM-037-SSA2-2012, para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias [Consultado 30 octubre 2018] 2012. Disponible en: <https://www.cndh.org.mx/DocTR/2016/JUR/A70/01/JUR-20170331-NOR36.pdf>
- Organización Mundial de la Salud, Enfermedades no transmisibles [Consultado 31 Octubre 2019] 2018. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Pickering, P. T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., John, J., Hill, M. N., ... Roccella, E. J. 2005. Recommendations for Blood Pressure Measurement in Humans and Experimental Animals. *Circulation*, 111(5), 697-716. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000154900.76284.F6>
- Ramírez-Vélez, R., Meneses-Echavez, J. F., González-Ruiz, K. y Enrique Correa, J. 2014. Fitness muscular y riesgo cardiometabólico en adultos jóvenes colombianos. *Nutrición Hospitalaria*, 30(4), 769-775. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.4.7684>
- Reaven, G. M. 1988. Role of Insulin Resistance in Human Disease. *Diabetes*, 37(12), 1595-1607. <https://doi.org/10.2337/diab.37.12.1595>
- Ritchie, S. A., y Connell, J. M. C. 2007. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 17(4), 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.07.005>
- Rothman, K. J. 2008. BMI-related errors in the measurement of obesity. *International Journal of Obesity*, 32, S56-S59. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.87>
- Secretaría de Salud. 1984. *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>
- Simental-Mendía, L. E., Rodríguez-Morán, M. y Guerrero-Romero, F. 2008. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 6(4), 299-304. <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>
- Steene-Johannessen, J., Anderssen, S. A., Kolle, E. y Andersen, L. B. 2009. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1361-1367. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819aaae5>
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T. y De Ridder, H. 2011. *Protocolo Internacional para la valoración antropométrica*. España: Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría.
- Tanaka, H., Monahan, K. D. y Seals, D. R. 2001. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.
- Triana-Reina, H. R. Ramírez-Vélez, R. 2013. Asociación de la fuerza muscular con marcadores tempranos de riesgo cardiovascular en adultos sedentarios. *Endocrinología y Nutrición*, 60(8), 433-438. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2013.01.009>
- WHO. 1999. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: Report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040>