

Artículo original

Identificación de variables antropométricas para la determinación del índice de masa grasa como herramienta diagnóstica en obesidad

Ricardo Rosero ^{1,2}, Carlos González ³, Juan Polanco ⁴,
Francisco Eraso-Checa ⁵

¹Clínica del Country, Bogotá, Colombia

²Clínica La Colina, Bogotá, Colombia

³Programa de Ingeniería de Sistemas, Grupo de Investigación Tecnófila, Universidad Cesmag, Pasto, Colombia

⁴Clínica Las Américas Auna, Medellín, Colombia

⁵Programa de Ingeniería Electrónica, Grupo de Investigación Rampa, Universidad Cesmag, Pasto, Colombia

Cómo citar: Rosero R, González C, Polanco J, Eraso-Checa F. Identificación de variables antropométricas para la determinación del índice de masa grasa como herramienta diagnóstica en obesidad. Rev Colomb Endocrinol Diabet Metab. 2022;9(4):e769. <https://doi.org/10.53853/encr.9.4.769>

Recibido: 17/Diciembre/2020

Aceptado: 14/Julio/2022

Publicado: 18/Octubre/2022

Resumen

Contexto: el índice de masa corporal (IMC) es insuficiente para diagnosticar obesidad. Este documento presenta al índice de masa grasa (IMG) como un indicador más preciso para el diagnóstico de esta enfermedad, dado su alto nivel de correlación respecto a las variables propias del tejido graso.

Objetivo: identificar las variables cineantropométricas más relevantes para determinar el IMG como la herramienta más adecuada para el diagnóstico de obesidad en la población que asistió a consulta ambulatoria.

Metodología: el estudio retrospectivo fue desarrollado con una población de 899 pacientes entre los 6 y los 81 años de edad. Los datos fueron obtenidos por bioimpedanciometría (Inbody® 770) durante un periodo de dos años (2017-2019). La información fue depurada mediante la metodología de minería de datos CRISP-DM y analizada estadísticamente mediante el programa estadístico SPSS. Finalmente se relacionan las variables antropométricas asociadas al tejido graso con el IMG y el IMC mediante el coeficiente de determinación (R^2).

Resultados: se determinó que las variables con mayor relación con la masa grasa son: circunferencia de medida de cadera, circunferencia de medida de cuello, circunferencia de medida de abdomen y peso, sin embargo, la importancia de esta relación depende del género.

Conclusiones: la relevancia de este estudio es el cálculo de masa grasa a partir de medidas antropométricas, para lograr así obtener el IMG y al ser este último específico para el

Destacados

- Las variables antropométricas son de gran relevancia en la evaluación corporal del paciente.
- Las mediciones antropométricas tienen una mejor relación con masa grasa que el mismo índice de masa corporal.
- Al paciente con sobrepeso y obesidad se le debe analizar con mediciones antropométricas, más allá que un seguimiento de peso exclusivo.

 **Correspondencia:** Ricardo J. Rosero Revelo, Clínica La Colina, programa de obesidad Kylo, Av. Boyaca, Cll. 167 # 72-7, Bogotá, Colombia. Correo-e: rosero.ravelo@gmail.com

diagnóstico de sobrepeso/obesidad, la implementación de cineantropometría en la consulta de paciente con obesidad es crucial para un adecuado abordaje del paciente, al no contar con la tecnología para determinar su composición corporal.

Palabras clave: composición corporal, obesidad, tejido adiposo, índice de masa corporal.

Identification of anthropometric variables to determine the fat mass index as an obesity diagnostic tool

Abstract

Background: The Body Mass Index (BMI) is insufficient to diagnose obesity. This document presents the Fat Mass Index (FMI) as the most accurate indicator for the diagnosis of this disease given its high level of connection with respect to the variables of fatty tissue.

Purpose: To identify the most relevant kinanthropometric variables to determine the FMI as the most appropriate tool for the diagnosis of obesity in the population that attended an outpatient consultation.

Methodology: the retrospective study was developed with a population of 899 between 6 and 81 years of age. Data were obtained by bioimpedance measurement (Inbody® 770) over a two-year period (2017–2019). The information was refined using the CRISP-DM data mining methodology and statistically analyzed using the SPSS statistical program. Finally, the anthropometric variables associated with fatty tissue are related to the FMI and BMI by means of the coefficient of determination (R²).

Results: It will be reduced that the variables with the greatest relationship with fat mass are: hip circumference measurement, neck circumference measurement, abdomen circumference measurement and weight. However, the importance of this relationship depends on gender.

Conclusions: The relevance of this study is the calculation of fat mass from anthropometric measurements, in order to obtain the IMG and since the latter is specific for the diagnosis of overweight/obesity, the implementation of kinanthropometry in the consultation of patients with obesity. It is crucial for an adequate approach to the patient, as it does not have the technology to determine body composition.

Keywords: Body Composition, Adipose Tissue, Body Mass Index, Obesity.

Highlights

- Anthropometric variables are of great relevance in patient body assessment.
- Anthropometric measurements have a better relationship with fat mass than the body mass index itself.
- The patient with overweight and obesity should be analyzed with anthropometric measurements, beyond an exclusive weight follow-up.

Introducción

El índice de masa corporal (IMC) (masa corporal total en kg/m²), o también llamado el índice de Quetelet, se ha utilizado durante mucho tiempo para clasificar el grado de obesidad, sin embargo, este tiene limitaciones conocidas para la clasificación de la obesidad (1). Además de ser

una herramienta antigua de corpulencia, la cual no diferencia entre masa magra y masa grasa, no proporciona la distribución del tejido adiposo (2, 3). De igual forma, el IMC ha ido cambiando de forma progresiva a medida que la prevalencia de la obesidad aumenta mundialmente hasta llegar a proponer pasar de tres grados de obesidad a cinco grados (4) (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de obesidad según IMC (kg/m²)

OMS 2000	Seedo 2007	AHA 2009
Bajo peso: < 18,5	Bajo peso: < 18,5	Bajo peso: < 18,5
Normopeso: 18,5–24	Normopeso: 18,5–24	Normopeso: 18,5–24
Sobrepeso: 25–29,9	Sobrepeso: 25–29,9	Sobrepeso: 25–29,9
Obesidad grado 1: 30–34,9	Obesidad grado 1: 30–34,9	Obesidad grado 1: 30–34,9
Obesidad grado 2: 35–39,9	Obesidad grado 2: 35–39,9	Obesidad grado 2: 35–39,9
Obesidad grado 3: ≥ 40	Obesidad mórbida o tipo 3: 40–49,9	Obesidad grado 3: ≥ 40–49,9
	Obesidad extrema o tipo 4: ≥ 50	Obesidad grado 4: 50–59,9
		Obesidad grado 5: ≥ 60

Notas aclaratorias: OMS: Organización Mundial de la Salud; Seedo: Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad; AHA: Asociación Americana del Corazón.

Fuente: (4).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por el aumento de la grasa corporal y asociada a un mayor riesgo para la salud (5). Pocas enfermedades crónicas han progresado de forma tan veloz a nivel global durante las últimas décadas como la obesidad, motivo de preocupación para las autoridades de salud debido a las nefastas consecuencias físicas, psíquicas y sociales (6). De forma práctica, la obesidad se define como un IMC ≥ 30 kg/m², lo cual podría ser complementado con la cuantificación de porcentaje de grasa corporal (PGC), para el cual se han definido umbrales superiores al 25% de grasa corporal para hombres y 32% para mujeres (7).

El depósito de tejido adiposo central se asocia con mayores anomalías metabólicas y un mayor riesgo cardiovascular, comparado con la distribución de grasa glúteo-femoral (8). Además, se sabe que la distribución del tejido adiposo difiere entre los sexos: los hombres tienen una distribución más central en comparación con la

distribución glúteo-femoral de las mujeres (9). Por esto, en el trabajo de Kelly, Wilson y Heymsfield (10) se postula la conversión de la clasificación de IMC para hacer un diagnóstico apropiado de obesidad a partir del IMG, clasificado dentro de ocho categorías que van desde la deficiencia severa de grasa hasta la obesidad grado III. El cálculo de este índice se realiza dividiendo el peso de grasa total corporal (kg) entre la talla al cuadrado (m²). De este manejo se obtiene que, para mujeres, el sobrepeso o el exceso de grasa está entre 9 y 13 kg/m² y en hombres entre 6 y 9 kg/m² (10).

Esta opción de diagnóstico tiene particularidades que se pueden considerar benéficas, como son: diferenciación por género y rangos de normalidad de deficiencia y exceso, lo que facilita los diagnósticos de intervención psicológica y nutricional orientada a un objetivo claro. Por último, y tal vez más destacable, brinda la posibilidad de realizar un diagnóstico adecuado de obesidad como patología inflamatoria secundaria al exceso de tejido graso y, así, favorecer los

abordajes correctos de sus comorbilidades o complicaciones. En este artículo se analizaron las variables cineantropométricas y las variables corporales que más impactan el cálculo de IMC e IMG, de acuerdo con un análisis de correlación mediante el coeficiente de determinación. Estas variables facilitan hacer una aproximación de la masa grasa y así mismo calcular el IMG, el cual finalmente permite ser implementado como una herramienta más adecuada que el IMC para el diagnóstico de obesidad.

Materiales y métodos

Este es un estudio de cohorte retrospectivo, donde el proceso metodológico busca identificar la relación existente entre diferentes variables cineantropométricas, IMC e IMG propios de una población de pacientes de la Clínica Las Américas Auna en la ciudad de Medellín. El estudio utiliza el índice de determinación (R^2) mediante el método

de correlación lineal multivariable para cada una de las variables, a través de un análisis estadístico en SPSS de IBM.

La ruta metodológica parte desde un repositorio inicial de 899 pacientes (236 hombres y 663 mujeres), entre los 6 y los 81 años de edad, con 159 160 datos correspondientes a 20 variables y 7958 registros adquiridos, utilizando un equipo de bioimpedanciometría Inbody® 770 durante un periodo de dos años, comprendido entre 2017 y 2019. Así, se crea e incluye dentro de las 20 variables el campo control que corresponde a la cantidad de controles médicos que se ha realizado a cada paciente.

Las variables se clasifican en datos básicos (4 campos), variables de entrada (9 campos), correspondientes a medidas cineantropométricas y variables de salida (2), que son los IMC e IMG (tabla 2).

Tabla 2. Variables analizadas

Variables		
Datos básicos	Variables de entrada cineantropométricas	Variables de salida índices
Identificación Edad	Talla	IMC
	Peso	IMG
	Radio cadera-cintura	
	Área de grasa visceral	
	Circunferencia media de cuello	
	Circunferencia media de abdomen	
	Circunferencia media de cadera	
	Circunferencia media de brazo	
	Circunferencia media de pierna	

Fuente: elaboración propia.

La información se depuró utilizando una metodología de minería de datos CRISP-DM (11, 12), la cual incluye los procesos de selección de datos, eliminación de datos duplicados, eliminación de campos con valores nulos, inconsistentes o irrelevantes e integración de diferentes orígenes de datos (13). Para asegurar una correlación confiable que permita verificar la evolución de las

variables con respecto al tiempo, se excluyeron los pacientes que asistieron a uno o dos controles.

El repositorio depurado se compone de 4949 registros pertenecientes a 890 individuos: 231 hombres y 659 mujeres, con más de tres controles. La cantidad de registros de control discriminada por género y rangos de edades se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución de los controles de la muestra por género y rango de edades

Rango de edades	Mujeres	Hombres
6-20 años	479	360
21-40 años	1456	307
41-60 años	1411	329
61-81 años	419	188
Total por sexo	3765	1184

Fuente: elaboración propia.

Las variables se ordenaron de manera descendente, de mayor a menor correlación, basada en el índice de determinación (R^2). En el caso del IMC se trabaja con la población sin diferencia de género, debido a que su cálculo no requiere la determinación de esta variable. Para el IMG se clasifica la población por género, siguiendo las indicaciones de Kelly *et al.* (10).

Se descartan las variables que presenten un índice de determinación (R^2) menor a 0,6 porque presentan una correlación de menor significancia.

Resultados

Correlación IMC - Variables de entrada

En el estudio de correlación, mediante el coeficiente de determinación, se analiza la

dependencia del IMC con respecto a cada una de las variables de entrada (tabla 2) para todos los individuos del repositorio final, sin diferenciación de género y en la tabla 4 se encuentran organizadas de mayor a menor las correlaciones entre variables. Las variables analizadas presentan una correlación positiva, débil, de media considerable y muy fuerte. Siendo las más fuertes la circunferencia media de cadera, la circunferencia media de cuello, la circunferencia media de abdomen y el peso.

Correlación IMG - Variables de entrada

Para el cálculo de correlación se usa el coeficiente de determinación del IMG y se utiliza el mismo método que para el cálculo del IMC, sin embargo, se divide el grupo por género. En el caso de los hombres, se analizaron 1184 registros: en la columna R^2 se encuentra el índice de determinación de todos los

Tabla 4. Distribución de las variables de acuerdo con R² con respecto a IMC

Variabes	nivel correlación	R ²
Circunferencia media de cadera	Muy fuerte	0,918
Circunferencia media de cuello	Fuerte	0,824
Circunferencia media de abdomen		0,793
Peso		0,773
Área de grasa visceral	Positiva media	0,745
Índice de músculo esquelético	Positiva débil	0,484
Índice de masa libre de grasa		0,454
Radio de cintura-cadera		0,442
Tasa metabólica basal		0,232
Masa libre de grasa		0,232
Masa de músculo esquelético		0,231

Fuente: elaboración propia.

datos de cada variable. Las variables más relevantes se encuentran en la tabla 5 y corresponden a: masa de grasa corporal, área de grasa visceral, índice de masa corporal, circunferencia media de abdomen y circunferencia media de cadera.

En cuanto al análisis de la información recolectada en la población femenina, se obtuvieron 3765 registros y la tabla 5 presenta los resultados de la correlación en orden descendente. Las variables de mayor correlación son: índice de masa corporal, área de grasa visceral, circunferencia medida de cadera, circunferencia media de cuello, circunferencia media de abdomen y peso. A diferencia de los hombres, las variables de circunferencia media de cuello y peso en las mujeres tienen una mayor influencia en el cálculo de este índice.

Discusión

Si bien en la literatura podemos encontrar algunos estudios que examinan la relación entre el IMC y sus equivalentes en grasa (IMG) en niños y adultos (14). Okorodudu *et al.* muestran cómo el IMC presenta una gran especificidad para el diagnóstico de la obesidad, pero una muy baja sensibilidad para identificar adiposidad y sub-diagnóstica, en más de la mitad de la población, con alto porcentaje de grasa corporal (PGC) (7). Por lo anterior, el IMG sería la herramienta más apropiada para realizar un diagnóstico de obesidad, según su definición de exceso de tejido grasa.

En este estudio se analizaron 159160 datos utilizando bioimpedanciometría electrónica, logrando determinar las variables

Tabla 5. Distribución de las variables de acuerdo con R² con respecto a IMG

IMG en hombres			IMG en mujeres			
Variabes	Nivel de correlación	R ²	Variabes	Nivel de correlación	R ²	
Área de grasa visceral	Muy fuerte	0,913	Índice de masa corporal	Muy fuerte	0,946	
Índice de masa corporal	Fuerte	0,839	Área de grasa visceral	Positiva alta	0,858	
Circunferencia media de abdomen	Positiva media	0,671	Circunferencia media de cadera		0,854	
Circunferencia media de cadera		0,650	Circunferencia media de cuello		0,783	
Circunferencia media de cuello		0,544	Circunferencia media de abdomen		0,752	
Radio de cintura-cadera		0,539	Peso		Positiva media	0,743
Peso		0,531				
Índice de músculo esquelético		Positiva débil	0,304	Índice de músculo esquelético	Positiva débil	0,406
Índice de masa libre de grasa	0,265		Índice de masa libre de grasa	0,375		
Tasa metabólica basal	0,140		Radio de cintura-cadera	0,370		
Masa libre de grasa	0,140		Masa de músculo esquelético	0,146		
Masa de músculo esquelético	0,135		Tasa metabólica basal	0,144		
				Masa libre de grasa		0,144

Fuente: elaboración propia.

de mayor impacto en el IMC, las cuales fueron circunferencias de cadera, cintura, cuello y peso, lo que corrobora una vez más que el IMC depende del volumen de los sujetos, sin importar características fundamentales como el género, la cantidad de grasa y músculo, entre otros; aunque

al ver la relación que presentan los indicadores de músculo con el IMC, los niveles de correlación si bien son positivos, son débiles.

Luego es apropiado afirmar que el IMC es más dependiente del nivel de grasa que del músculo, por ello, como herramienta diagnóstica

en obesidad es razonablemente adecuado, sin embargo, en rangos de sobrepeso o normopeso, esta herramienta pierde impacto en la caracterización de componentes dominantes que determinan el peso del individuo. Como se mencionó anteriormente, esto explica por qué es una herramienta sensible más no específica, pues los volúmenes altos de las circunferencias se asocian con un peso promedio bastante alto. Por otro lado, las medidas antropométricas varían según el género, la edad, la cantidad y la distribución de tejido graso subcutáneo, los cuales no se tienen en cuenta al medir el IMC y mucho menos favorecen el diagnóstico apropiado de la persona con obesidad, al igual que en el sobrepeso es difícil determinar si es por exceso de grasa (patológico) o por exceso de masa muscular (protector) (15).

Al considerar la masa grasa y en consecuencia el IMG, según los valores del estudio de Kelly *et al.* (10), logrando separar por género las variables antropométricas mayores fueron: perímetro de cuello, cintura y cadera; además, otras variables como grasa visceral tomaron gran relevancia, lo que se evidencia en la tabla 5; sin embargo, estas variables propias del tejido graso presentan una correlación menor (R^2) con el IMC (tabla 4), lo que indica que la interpretación para el diagnóstico de obesidad actual no tiene en cuenta de manera significativa a la grasa subcutánea.

Dos aspectos se deben mencionar: si bien es evidente que el IMG se correlaciona con variables de medición grasa, es muy importante destacar que este índice presenta una correlación considerablemente alta con los perímetros de cuello y cadera, incluso mejor que su correlación con tejido graso visceral (TGV), siendo incluso discretamente más importante en el género femenino. El TGV está directamente relacionado con el riesgo cardiometabólico (16). El segundo aspecto para destacar es el impacto que tiene el género sobre este índice, logrando determinar inclusivamente cuáles medidas antropométricas son más impactantes a nivel de grasa según el género. Así pues, en hombres el diámetro del perímetro abdominal se correlaciona con niveles altos de IMG, mientras que en mujeres esta correlación se encuentra muy estrecha con los perímetros de cuello y de cadera, lo cual es

esperable en este aspecto, y presenta una relación con distribución de grasa esperada según esta segmentación.

Resulta muy relevante tener estos perímetros, pues además del detalle, no se suele contar con la tecnología de mayor especificidad, como ocurre en la vasta mayoría de los consultorios de atención primaria y especializada. El tener mediciones antropométricas, además de IMC, ayudará al médico a realizar un acercamiento no solo a la corpulencia del sujeto, sino al contenido graso, así es el caso de mujeres con IMC en rangos de normalidad, pero con mediciones de cadera fuera de rangos, lo que debería advertir a ese profesional a tener una evaluación más profunda y al mismo tiempo analizar el tipo de acciones a tomar, esto también debería ocurrir en el paciente normopeso por IMC con perímetro abdominal elevado, cuya información ya conocida es de muy bajo nivel de aplicación. De esta manera se logra una mejor especificidad y sensibilidad para el adecuado y oportuno diagnóstico de obesidad, ciñéndose estrictamente con el peso en kilos de masa grasa, por lo tanto, es necesario valorar con mayor precisión el estado de sobrepeso/obesidad en la población general, para evaluar mejor los tipos de composición corporal y así evidenciar tempranamente el exceso de peso graso, que no necesariamente tiene relación con el peso corporal total y que puede acelerar las comorbilidades propias de esta enfermedad crónica.

De igual forma, al usar IMC es muy importante considerar el uso concomitante de mediciones antropométricas como son cuello, cintura y cadera, para hacer una caracterización algo más precisa del exceso de grasa, lo cual debe especificarse según el género.

Comprender adecuadamente el análisis de la composición corporal, más allá de los números de forma aislada con la incorporación de índices como el índice de masa grasa (IMG), el índice de masa libre de grasa (IMLG) y el índice de masa muso esquelético (IMME), permite un adecuado diagnóstico.

Por último, se debe aclarar que la determinación de la estatura y el peso en función del IMC, la edad, el género y la antropometría a nivel ambulatorio no requieren de equipos costosos, accesibilidad

a instalaciones especializadas, entrenamiento riguroso o exposición a radiación, por tal razón, un adecuado examen físico donde se incluya la antropometría como otro signo vital esencial para la evaluación médica de la composición corporal es imperativo en esta población.

El presente estudio tiene fortalezas, primero, comparamos la composición corporal de los sujetos determinando diferentes variables con metodología homologada, utilizando diferentes índices validados a nivel internacional. Segundo, no hay estudios que determinen la correlación de las variables de mayor impacto sobre IMC e IMG, los demás estudios informaron sobre la masa absoluta de grasa y el tejido libre de grasa. Tercero, los datos son obtenidos de una fuente única, no susceptible de alteraciones en la toma de mediciones, disminuyendo el posible sesgo de medición y, así mismo y dado el número de controles de los individuos, disminuyen la posibilidad de desviaciones y estas últimas al aparecer, son fácilmente determinadas. De igual forma por la metodología usada, se evita el sesgo de observador, dando mayor confianza a los resultados informados. Por último, el número de la población analizada y los diferentes rangos de IMC, conforman una población heterogénea donde logramos enmarcar las correlaciones mencionadas, independiente de su IMC.

De igual forma, es importante establecer que se presentan ciertas limitaciones potenciales. Al no tener referentes y dado que las publicaciones al respecto no son abundantes, se puede presentar el sesgo de publicación; además, al tener una base de datos que solo contiene información de bioimpedanciometría, el no tener datos bioquímicos (perfil lipídico, glucosa, PCR, entre otros), dificulta establecer el riesgo cardiometabólico relacionado con la población evaluada y está claro que la determinación de IMG requiere de herramientas tecnológicas que no son de fácil acceso. Este aspecto, si bien no es una limitación, sí hace parte de una debilidad en la replicación de este análisis en niveles de atención básica en medicina, por lo que este estudio puede servir de herramienta para más estudios que logren desarrollar herramientas de fácil acceso, basado en antropometría para el seguimiento de los pacientes con exceso de grasa.

Conclusión

Este estudio muestra que el uso del IMC para identificar el exceso de adiposidad corporal de forma individual es sensible en población con índices elevados en rangos de obesidad, pero es muy poco sensible en población con sobrepeso o normopeso, pues este índice está determinado por el volumen que presenta el individuo a estudiar, dado que la correlación con variables de tejido graso es limitada. Por otro lado, el uso de IMG es específico para el diagnóstico de sobrepeso/obesidad, cuyas variables presentaron una mayor relación con la masa grasa, teniendo en cuenta el índice de determinación, que son: circunferencia media de cadera, circunferencia media de cuello y circunferencia media de abdomen, aunque según el grado de correlación es diferente de acuerdo con el género.

La relevancia de este estudio es el cálculo de masa grasa a partir de medidas antropométricas, para obtener el IMG y al ser este último específico para el diagnóstico de sobrepeso/obesidad, la implementación de cineantropometría en la consulta de paciente con obesidad es crucial para un adecuado abordaje del paciente, al no contar con la tecnología para determinar composición corporal.

Agradecimientos

El estudio fue apoyado por la dirección científica de la Clínica Las Américas Auna y la dirección de investigación de la Universidad Cesmag.

Declaración de fuentes de financiación

Los autores declaran que no contaron con fuentes de financiación para la realización de esta investigación.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

- [1] Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, *et al.* Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes.* 2008;32(6):959–66. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.11>
- [2] Flegal KM, Kit BK, Orpana H, Graubard BI. Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2013;309:71–82. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.113905>
- [3] Heymsfield SB, Cefalu WT. Does body mass index adequately convey a patient's mortality risk? *JAMA.* 2013;309(1):87–8. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.185445>
- [4] Clin N, Suárez-Carmona MW, Sánchez-Oliver AJ, Suárez-Carmona W, Antonio C, Sánchez-Oliver J. Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física. *Nutr Clin Med.* 2018;XII(3):128–39.
- [5] WHO. WHO Technical Report Series 894: Obesity: preventing and managing the global epidemic; Ginebra, Suiza. World Health Organization; 2000. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
- [6] Ford ES, Mokdad AH. Epidemiology of obesity in the Western Hemisphere. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008;93(11):1–8. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-1356>
- [7] Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, *et al.* Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: A systematic review and meta-analysis. *Int J Obes.* 2010;34(5):791–9. <https://doi.org/10.1038/ijo.2010.5>
- [8] Mottillo S, Filion KB, Genest J, Joseph L, Pilote L, Poirier P, *et al.* The metabolic syndrome and cardiovascular risk: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2010 sept. 28;56(14):1113–32. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.05.034>
- [9] Karastergiou K, Smith SR, Greenberg AS, Fried SK. Sex differences in human adipose tissues – The biology of pear shape. *Biol Sex Differ.* 2012;3(1):1–12. <https://doi.org/10.1186/2042-6410-3-13>
- [10] Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One.* 2009;4(9):2–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007038>
- [11] Rodríguez O. Metodología para el Desarrollo de Proyectos en Minería de Datos CRISP-DM. 2010. Disponible en: <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- [12] Wirth R. CRISP-DM : Towards a Standard Process Model for Data Mining. Disponible en: <http://cs.unibo.it/~danilo.montesi/CBD/Beatriz/10.1.1.198.5133.pdf>
- [13] Orallo JH, Ramírez MJ. Introducción a la Minería de Datos. España: Pearson Educación; 2004.
- [14] Whitney DG, Miller F, Pohlig RT, Modlesky CM. BMI does not capture the high fat mass index and low fat-free mass index in children with cerebral palsy and proposed statistical models that improve this accuracy. *Int J Obes.* 2019;43(1):82–90. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0183-1>
- [15] Lyall DM, Celis-Morales C, Ward J, Iliodromiti S, Anderson JJ, Gill JM, *et al.* Association of body mass index with cardiometabolic disease in the UK biobank: A mendelian randomization study. *JAMA Cardiol.* 2017;2(8):882–9. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.5804>
- [16] Liu J, Fox CS, Hickson DM, May WD, Hairston KG, Carr JJ, *et al.* Impact of abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue on cardiometabolic risk factors: The Jackson Heart Study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(12):5419–26. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-1378>