FACULTAD DE MEDICINA

COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIANTE BIOIMPEDANCIOMETRÍA VERSUS ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DIABETES MELLITUS TIPO 2. REVISIÓN SISTEMÁTICA CON METAANÁLISIS.

Autor

Manuel Germánico López López

Año:

2023

FACULTAD DE MEDICINA

COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIANTE BIOIMPEDANCIOMETRÍA VERSUS ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DIABETES MELLITUS TIPO 2. REVISIÓN SISTEMÁTICA CON METAANÁLISIS.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Magister en Nutrición y Dietética

Profesor Guía
Santiago Gonzalo Cárdenas Zurita

Autor
Manuel Germánico López López

Año:

2023

DECLARACIÓN DEL PROFESOR

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación

Santiago Gonzalo Cárdenas Zurita

CI 0602520439

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Manuel Germánico López López

CI. 1804139424

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todos los maestros que participaron en el proceso de instrucción por su dedicación, compromiso y pasión en la enseñanza de esta prestigiosa maestría. Vuestra labor como educadores ha dejado una huella imborrable en nuestra formación académica y en nuestra vida personal y profesional.

Durante el tiempo que tuvo el honor de ser parte de esta maestría, tuvo el privilegio de aprender de los mejores expertos en el campo de la nutrición y la dietética. Vuestra experiencia y conocimientos han enriquecido nuestras mentes y nos han preparado para enfrentar los desafíos del mundo real en esta disciplina.

Además de tu profundo conocimiento, quiero resaltar tu paciencia y disposición para responder a nuestras preguntas y preocupaciones. Vuestra empatía y capacidad para adaptarse a las necesidades de los estudiantes han hecho que el proceso de aprendizaje sea mucho más enriquecedor y accesible.

Atentamente:

Manuel Germánico López López

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida, paciencia y constancia, siendo la guíá y la luz durante todo el camino recorrido.

A mis Padres

Quienes con su trabajo, cuidado y amor, forjaron en mí una vida de perseverancia. Gracias a mis padres, quienes nunca dejaron de creer en todos sus hijos, quiero dedicar este trabajo a esa dedicación, con cariño y eterno agradecimiento Luzmila y Manuel, los adoro.

Mi esposa

Sherezada por mantener tu confianza, cariño y amor que me han incentivado en proponer y cumplir mis metas.

Tema: Composición corporal mediante bioimpedanciometría versus índice de masa corporal en la estimación del riesgo de diabetes mellitus tipo 2. Revisión sistemática con metaanálisis.

Autor: Md. Manuel Germánico López López

RESUMEN

Introducción: La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad crónica que afecta a un número significativo de personas en todo el mundo. Identificar el riesgo de forma temprana es fundamental para la prevención primaria.
Objetivo: Comparar la utilidad de la determinación de la composición corporal mediante bioimpedanciometría con el IMC en la estimación del riesgo de desarrollar DM2.
Metodología: Se realizó una revisión sistemática con metaanálisis, siguiendo la metodología PRISMA. Se utilizó una estrategia de búsqueda basada en términos Mesh y operadores booleanos, descritos como (("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus, Type 2"[Mesh], Se incluyeron investigaciones publicadas en bases de datos especializadas. Artículos científicos de libre acceso, en idioma inglés, castellano o portugués. Diseño analítico, de cohortes, ensayos clínicos. Investigaciones realizadas con sujetos adultos, de ambos sexos, con una edad entre 20 y 79 años y, con obesidad. Para el estudio estadístico se utilizó el análisis de calidad la herramienta STROBE. Se realizó un metaanálisis de efectos aleatorios, utilizando el programa RevMan v5.0.
Resultados: Se identificaron 3287 artículos, de los cuales, solamente 8 cumplieron con los criterios de selección, con una población total de 48 058 sujetos adultos (18-65 años) con sobrepeso u obesidad, a los que se les realizó la determinación del porcentaje de grasa corporal total (%GT) mediante la BIA. El principal hallazgo fue que, siete de ocho autores concluyeron que el porcentaje de masa corporal medido por BIA, es superior al IMC en la predicción del riesgo de diabetes mellitus tipo 2. Solamente tres artículos aportaron datos útiles para el metaanálisis, con un alto grado de heterogeneidad (I^2= 99%). La diferencia de medias total es: 4.72 (IC 95%: -0.27-9,71); (p=0,06), lo que indica que este análisis no alcanzó significación estadística.
Conclusión: Se realizó una revisión sistemática con metaanálisis, en la que se incluyeron 8 investigaciones observacionales. El análisis cualitativo indica que, 7 de los 8 artículos concluyeron que el porcentaje de grasa corporal tota, medido por bioimpedanciometria, es superior al IMC en la predicción del riesgo de desarrollar DM2 en adultos con sobrepeso u obesidad; con lo que se sustenta la hipótesis planteada. El análisis cuantitativo no mostró resultados concluyentes, debido a la gran heterogeneidad en los reportes de los resultados de interés.

Palabras clave: composición corporal, bioimpedanciometría, índice de masa corporal, Diabetes mellitus tipo 2.

Title: Body composition using bioimpedanciometry versus body mass index in estimating the risk of type 2 diabetes mellitus. Systematic review with meta-analysis.

Author: Md. Manuel Germánico López López

ABSTRACT

Introduction: Type 2 diabetes mellitus is a chronic disease that affects a significant number of people around the world. Identifying risk early is essential for primary prevention.
Objective: Compare the usefulness of determining body composition through bioimpedanciometry with BMI in estimating the risk of developing DM2.
Methodology: A systematic review with meta-analysis was carried out, following the PRISMA methodology. A search strategy was used based on Mesh terms and Boolean operators, described as (("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus, Type 2"[Mesh]. research published in specialized databases. Free access scientific articles, in English, Spanish or Portuguese. Analytical, cohort design, clinical trials. Research carried out with adult subjects, of both sexes, aged between 20 and 79 years and with obesity. For the statistical study, the STROBE tool was used for quality analysis. A random effects meta-analysis was performed using the RevMan v5.0 program..
Results: 3,287 articles were identified, of which only 8 met the selection criteria, with a total population of 48,058 adult subjects (18-65 years) with overweight or obesity, in whom the percentage of fat was determined. total body (%GT) using BIA. The main finding was that seven of eight authors concluded that the percentage of body mass measured by BIA is superior to BMI in predicting the risk of type 2 diabetes mellitus. Only three articles provided useful data for the meta-analysis, with a high degree of of heterogeneity (I2= 99%). The total mean difference is: 4.72 (95% CI: -0.27-9.71); (p=0.06), indicating that this analysis did not reach statistical significance.
Conclusion: A systematic review with meta-analysis was carried out, which included 8 observational investigations. The qualitative analysis indicates that 7 of the 8 articles concluded that the percentage of total body fat, measured by bioimpedanciometry, is superior to BMI in predicting the risk of developing DM2 in overweight or obese adults; which supports the proposed hypothesis. The quantitative analysis did not show conclusive results, due to the great heterogeneity in the reporting of the results of interest.

Keywords: body composition, bioimpedanciometry, body mass index, Type 2 Diabetes mellitus.

Tabla de contenido

Índice de tablas

Índice de figuras

Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica de gran importancia hoy en día en todo el mundo y en América Latina, especialmente en Ecuador. Su incidencia y prevalencia están aumentando y se ha convertido en un importante problema de salud pública que requiere atención inmediata y eficaz La DM2 está fuertemente asociada con factores de riesgo modificables como la obesidad y el sedentarismo, lo que facilita la prevención y el tratamiento de la DM2 mediante intervenciones dirigidas a la modificación del estilo de vida y la identificación temprana de personas de alto riesgo (Cloete, 2022, p.62).

El índice de masa corporal (IMC) se ha utilizado históricamente como un indicador común para evaluar el riesgo de DM2 (Jensen et al., 2014, p.169; Piché et al., 2020, p.1477). Sin embargo, durante la última década, ha surgido un enfoque de investigación que enfatiza la importancia de utilizar mediciones de bioimpedancia como complemento del IMC para medir la composición corporal y evaluar este riesgo. Esta opinión se basa en el hecho de que el IMC calculado a partir del peso y la altura no tiene en cuenta la composición corporal específica, como la masa grasa y la masa magra, lo que en algunos casos puede llevar a una subestimación o sobreestimación del riesgo de DM2. Personal (Jensen et al., 2014, p.169; Piché et al., 2020, p.1477). Este estudio fue diseñado para abordar la necesidad de sintetizar la mejor evidencia disponible sobre el valor de la composición corporal determinada por mediciones de bioimpedancia versus el IMC en la evaluación del riesgo de DM2. Con este fin, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica reciente, incluidos estudios epidemiológicos, ensayos clínicos y revisiones sistemáticas, para proporcionar una visión integral e informada del problema.

1. Objetivo de investigación

Comparar la utilidad de la determinación de la composición corporal mediante bioimpedanciometría con el IMC en la estimación del riesgo de desarrollar DM2.

2. Presentación del Problema

El problema que originó el planteamiento de esta investigación radica en la necesidad de sintetizar la mejor evidencia disponible acerca del valor de la composición corporal determinada con bioimpedanciometría frente al índice de masa corporal (IMC) en la estimación del riesgo de diabetes mellitus tipo 2. Para solucionar este problema, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿La determinación de porcentaje de grasa corporal mediante bioimpedanciometría vs el índice de masa corporal en adultos entre 20 y 79 años con hipertensión arterial, mejora la predicción del riesgo de diabetes mellitus tipo 2?

3. Antecedentes

La DM2 se caracteriza por la incapacidad del cuerpo para utilizar eficientemente la insulina, lo que resulta en niveles elevados de glucosa en la sangre. El sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo conocidos para el desarrollo de esta enfermedad. Se dispone de diversas escalas de valoración del riesgo para determinar el riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2. Estas escalas consideran factores como la edad, el IMC, los antecedentes familiares, la actividad física y el origen étnico para estimar el nivel de riesgo de una persona (Cloete, 2022, p.62).

La obesidad, tradicionalmente definida como un exceso de grasa corporal que perjudica la salud, suele evaluarse en la práctica clínica mediante el índice de masa corporal (IMC), que se expresa como la relación entre el peso corporal en kilogramos y la altura en metros cuadrados (kg/ m2)(González-Muniesa et al., 2017, p.173).

Varios estudios han informado una relación en forma de J entre el IMC y el riesgo de mortalidad/morbilidad: un IMC superior a 30 kg/m2 (que define la obesidad en muchas pautas) está claramente asociado con un mayor riesgo de morbilidad/mortalidad. A pesar de sus limitaciones, el IMC se ha adoptado como una herramienta clínica rápida y sencilla para clasificar primero a los pacientes en categorías de riesgo y para controlar los cambios en la adiposidad a lo largo del tiempo, tanto a nivel individual como poblacional (Jensen et al., 2014, p.169; Piché et al., 2020, p.1477).

El sobrepeso y la obesidad han alcanzado proporciones epidémicas en todo el mundo, lo que representa importantes riesgos para la salud y cargas económicas para las personas y las sociedades. Convirtiéndose en importantes problemas de salud pública a nivel mundial, contribuyendo a diversas enfermedades crónicas y reduciendo el bienestar general. La evaluación precisa del estado del peso es crucial para identificar a las personas en riesgo y diseñar intervenciones efectivas (Caballero, 2019, p.5).

Su incidencia ha aumentado constantemente a escala mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2016, más de 1900 millones de adultos tenían sobrepeso, de los cuales más de 650 millones eran obesos. La prevalencia de la obesidad casi se triplicó entre 1975 y 2016, lo que refleja una tendencia preocupante. América Latina Prevalencia: América Latina no es inmune a la crisis mundial de sobrepeso y obesidad. La región ha experimentado un aumento significativo en la prevalencia en las últimas décadas. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la prevalencia de sobrepeso y obesidad en América Latina y el Caribe aumentó del 38,5 % en 2000 al 59,4 % en 2016 (Organización Mundial de la Salud, 2018, p.1). Este aumento se atribuye a la rápida urbanización, cambios en los patrones dietéticos y estilos de vida sedentarios.

La evaluación de la composición corporal divide la masa corporal total de un individuo en proporciones relativas de masa grasa (FM) y masa libre de grasa (FFM). La masa libre de grasa se compone de músculos, huesos, órganos, ligamentos, tendones y agua.

La cuantificación de grasa, músculos, huesos y agua es muy informativa en el diagnóstico, manejo y tratamiento de varias afecciones relacionadas con la nutrición que afectan la salud individual y de la población. Una vez que se ha determinado el estado nutricional de un individuo luego de una evaluación de riesgos nutricionales, se debe desarrollar un protocolo para lograr las metas propuestas. Estos resultados pueden variar desde la pérdida de peso en pacientes con sobrepeso u obesidad con diabetes mellitus tipo 2 o en riesgo de padecerla, hasta aumentos significativos en la masa de tejido magro o la densidad mineral ósea en pacientes con sarcopenia u osteoporosis (Holmes & Racette, 2021, p.2493) .

Los métodos más comunes para evaluar la composición corporal incluyen mediciones antropométricas, análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), mediciones del espesor de los pliegues cutáneos y pletismografía por desplazamiento de aire (Kuriyan, 2018, p.648) .

3. Justificación

La obesidad representa una destacada problemática de salud pública en las naciones occidentales, con más del 66% de la población estadounidense presentando exceso de peso o padeciendo obesidad. Entre las medidas utilizadas para evaluar la obesidad a nivel poblacional, el Índice de Masa Corporal (IMC) se erige como una herramienta común. Otros indicadores pertinentes abarcan la relación cintura-cadera, el porcentaje de grasa corporal o grasa visceral, así como la circunferencia de la cintura. La medición del IMC típicamente se emplea para evaluar el riesgo de desarrollar afecciones crónicas, tales como diabetes, hipertensión, depresión y diversos tipos de cáncer. Los resultados del cálculo del IMC permiten clasificar a los individuos en una de las cuatro categorías predeterminadas, y esta información se utiliza con fines educativos para concienciar tanto a los pacientes como al público en general acerca de los potenciales riesgos para la salud asociados a cada categoría específica (Khanna et al., 2022, p.222).

Adicionalmente, la DM2 representa un importante problema de salud pública a nivel mundial, con un aumento en su incidencia y prevalencia en Latinoamérica y Ecuador. Los esfuerzos para abordar esta enfermedad deben funcionar en la prevención primaria, la promoción de estilos de vida saludable y el diagnóstico temprano (Calahorrano & Fernández, 2018, p.5).

En consecuencia, conocer la utilidad de los métodos disponibles para la evaluación del riesgo de DM2 es de vital importancia en la prevención de esta enfermedad. La relevancia de esta investigación radica en que aporta una síntesis cuantitativa de la mejor evidencia disponible acerca de la comparación de ambos métodos: composición corporal según BIA e IMC en la evaluación del riesgo de DM2, en sujetos adultos. Con esto, se pretende contribuir a la toma de decisiones clínicas en la prevención de DM2.

Con los resultados de esta investigación se pone de manifiesto la necesidad de profundizar en el estudio de este tema, creando diseños robustos, que aporten evidencia de calidad, que facilite la toma de decisiones al momento de evaluar el riesgo de DM2 en adultos con sobrepeso u obesidad.

4. Planteamiento del problema

La obesidad se ha convertido en un problema de salud mundial. La acumulación de grasa abdominal se asocia con el síndrome metabólico, diabetes mellitus, y las enfermedades

cardiovasculares; también es un factor de riesgo independiente de mortalidad por todas las causas (Kivimäki et al., 2017, p.278). La obesidad central con peso normal, definida por una alta relación cintura-cadera, se asoció con una mayor mortalidad cardiovascular que la obesidad definida por el IMC (Sahakyan et al., 2015, p.827).

Adicionalmente, en el *Dallas Heart Study* de 1200 participantes obesos sometidos a resonancia magnética, la cantidad de tejido adiposo visceral (IVA) se asoció con un fenotipo de obesidad metabólica, dislipidémica y aterogénica más grave en comparación con la cantidad de tejido adiposo subcutáneo (Neeland et al., 2013, p.450).

Por otra parte, se acepta que el índice de masa corporal (IMC) es la medida preferida de adiposidad general utilizada en entornos clínicos y de salud pública para identificar a las personas con mayor riesgo de diabetes tipo 2. Sin embargo, el IMC no discrimina a individuos con diferente composición corporal de masa grasa y masa corporal magra. Por lo tanto, el IMC no logra capturar el verdadero efecto dañino de la masa grasa sobre el riesgo de diabetes tipo 2, que puede verse aún más diluido por el efecto potencialmente beneficioso de la masa corporal magra (Lee et al., 2018, p.1114).

Habitualmente, en la práctica clínica se utilizan mediciones simples (índice de masa corporal: IMC; circunferencia de la cintura; circunferencia de la cadera; relación cintura-cadera) para estimar el nivel de sobrepeso; sin embargo, sus limitaciones son importantes, de ahí el interés en utilizar otros métodos más precisos como la bioimpedancia (BIA), que permite un análisis más detallado de la composición corporal evaluando la proporción de masa grasa (FM) y masa libre de grasa (FFM) o magra, el agua corporal total (TBW), las tasas metabólicas basales (BMR) y el requerimiento (energético) promedio estimado (EAR) (Kuriyan, 2018).

La impedancia corresponde a la resistencia ofrecida por un tejido (conductor biológico) respecto al paso de una corriente alterna de baja intensidad; esta impedancia es función del contenido de agua del cuerpo, así como de la frecuencia de la señal de corriente alterna aplicada. En el cuerpo humano, la masa libre de grasa, debido a los electrolitos disueltos en agua, es un buen conductor de la electricidad en comparación con la masa grasa, por lo que el principio del BIA es medir el agua del cuerpo y deducir la cantidad de FFM, suponiendo un factor de hidratación constante (Rahal, 2023, p.3).

4.1. Pregunta PICO

P: Adultos entre 20 y 79 años con hipertensión arterial, sin diabetes mellitus.

I: Determinación de composición corporal por impedancia bioeléctrica

C: Índice de masa corporal

O: Estimación del riesgo de diabetes mellitus tipo 2.

La pregunta de investigación que direccionó el desarrollo de esta revisión fue: *¿La determinación de porcentaje de grasa corporal mediante bioimpedanciometría vs el índice de masa corporal en adultos entre 20 y 79 años con hipertensión arterial, mejorara la predicción del riesgo de diabetes mellitus tipo 2*?

5. Pertinencia del tema a desarrollar

La investigación de factores de riesgo modificables para prevenir la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es de suma importancia en el ámbito de la salud pública debido a la creciente prevalencia de esta enfermedad a nivel mundial.

Uno de los enfoques más recientes y prometedores en esta área de investigación es la consideración de la composición corporal como un factor clave en la prevención de la DM2.

La obesidad, en particular la acumulación de grasa abdominal, se ha identificado como un factor de riesgo significativo para el desarrollo de la DM2 (Kuriyan, 2018). La grasa visceral, que se almacena en el abdomen, libera sustancias químicas que pueden desencadenar la resistencia a la insulina y la inflamación, lo que contribuye al desarrollo de la enfermedad (Ruze et al., 2023, p.57). Por lo tanto, la identificación y la modificación de la composición corporal, especialmente la reducción de la grasa abdominal, se ha convertido en un objetivo clave en la prevención de la DM2.

La investigación sobre la pertinencia de identificar factores de riesgo modificables mediante la determinación de la composición corporal permitirá desarrollar nuevas escalas de predicción o modificar las existentes hoy en día que permitan prevenir o retrasar la aparición de el DM2.

6. Marco de referencia

6.1. Marco teórico

6.1.1. Diabetes mellitus tipo 2

La diabetes mellitus (DM) comprende un grupo de trastornos metabólicos frecuentes que comparten el fenotipo de la hiperglucemia. Existen varios tipos diferentes de DM resultado de una interacción compleja entre genética y factores ambientales. De acuerdo con la causa de la DM, los factores que contribuyen a la hiperglucemia pueden ser deficiencia de la secreción de insulina, disminución de la utilización de glucosa o aumento de la producción de esta. El trastorno de la regulación metabólica que acompaña a la DM provoca alteraciones fisiopatológicas secundarias en muchos sistemas orgánicos, y supone una pesada carga para el individuo que padece la enfermedad y para el sistema sanitario (Galicia et al., 2020, p.6278).

En Latinoamérica, la DM2 también ha experimentado un crecimiento alarmante. Según la OPS, se estima que más de 60 millones de personas en la región tienen diabetes, y se espera que esta cifra aumente en los próximos años. La prevalencia de la DM2 en países latinoamericanos varía, pero se encuentra en niveles preocupantes. Países como México, Argentina, Chile y Brasil tienen una alta prevalencia de diabetes, lo que refleja la necesidad de brotes efectivos para abordar este problema de salud pública (Mesa & Falcón, 2017, p.26).

La DM se clasifica con base en el proceso patógeno que culmina en hiperglucemia. Las dos categorías amplias de la DM se designan tipo 1 y tipo 2. Sin embargo, cada vez hay un mayor reconocimiento de otras formas de diabetes, en las cuales se comprende mejor la patogenia molecular y puede asociarse con un único defecto genético. Estas formas alternativas, así como otras variantes “atípicas”, pueden compartir características de DM tipo 1, tipo 2 o de ambos. La DM tipo 1 se desarrolla como consecuencia de una respuesta autoinmunitaria contra las células β productoras de insulina, lo que ocasiona una deficiencia de insulina. La DM tipo 2 es un grupo heterogéneo de trastornos que se caracterizan por grados variables de resistencia a la insulina, menor secreción de dicha hormona y una mayor producción de glucosa hepática. Diversos defectos en la acción, secreción o ambas funciones de la insulina causan el fenotipo común de hiperglucemia en la DM tipo 2 y tienen grandes posibilidades terapéuticas en la época actual, en que se

dispone de fármacos para corregir o modificar trastornos metabólicos específicos (Davies et al., 2022, p.1925).

6.1.2. Composición corporal

Antecedentes históricos

El adecuado análisis de la composición corporal requiere delimitar la composición corporal en función de sus diferentes componentes, dando lugar a diferentes composiciones corporales o modelos compartimentales. Así, se propuso un modelo de análisis de la composición corporal basado en la aplicación del principio de Arquímedes, en el que el peso corporal estaba representado por dos componentes principales, la masa grasa y la masa magra (Behnke et al., 1995, 295).

Posteriormente, se desarrolló un nuevo modelo, conformado por cuatro componentes básicos: masa grasa, masa ósea, agua y proteínas. En la década de 1970, se creó el modelo de composición corporal de cinco compartimentos. Este modelo final de cinco compartimentos se centra en cinco componentes o niveles de estudio con estructuras y composición cada vez más complejas. Estos componentes son (Wang et al., 1992, p.20):

- **Primer componente** está representado por el nivel atómico o elemental, formado por elementos como oxígeno (60%), carbono (20%), hidrógeno (15%), calcio y nitrógeno (1% cada uno), entre otros.
- **Segundo nivel**, también llamado nivel molecular o químico, está formado por agua (60%), lípidos (15%), proteínas (18%), glucógeno (1%) y minerales (6%).
- **Tercer nivel**, o celular, se refiere a la masa celular, los líquidos extracelulares, los sólidos extracelulares y la grasa.
- **Cuarto nivel**, conocido como nivel histológico o tisular, incluye elementos como músculo esquelético, músculo no esquelético, tejido blando, tejido adiposo y hueso.
- **Quinto y último nivel**, también se conoce como nivel corporal total.

Los modelos multicompartimentales se consideran actualmente el estándar de oro para la estimación de la composición corporal a nivel molecular y tienen la capacidad de tener en cuenta múltiples componentes, lo que produce estimaciones más precisas que los métodos más simples. Sin embargo, requieren un mínimo de 2 dispositivos para medir

compartimentos adicionales del cuerpo y pueden no ser la técnica más factible o práctica (Wang et al., 1992, p.20).

Por lo tanto, que utilizan un solo dispositivo de 2 compartimentos (pletismografía por desplazamiento de aire, análisis de impedancia bioeléctrica, espectroscopia de impedancia bioeléctrica, y pesaje hidrostático) y modelos de 3 compartimentos se utilizan más comúnmente para estimar la masa grasa (FM) y la masa libre de grasa (FFM). Debido a que se miden menos compartimentos corporales, se deben cumplir varios supuestos para obtener estimaciones precisas de la composición corporal mediante estos métodos. Dependiendo del dispositivo, la validez de las medidas puede verse influenciada por la hidratación, la distribución de la grasa, las proporciones corporales y la densidad corporal libre de grasa (Fosbøl & Zerahn, 2015, p.82).

Modelo bi compartimental

Es el modelo más utilizado para analizar la composición corporal en humanos. Este modelo supone la división de los componentes del cuerpo en dos compartimentos, masa grasa total y masa libre de grasa, es decir, la consideración de los dos compartimentos a nivel molecular. Según este modelo, las características químicas y la densidad de ambos compartimentos permanecen constantes, siendo la densidad de la masa grasa total de 0,9007 g/ml a una temperatura de 36 °C. Según este modelo, la masa grasa total es anhidra, aunque su grado de hidratación en adultos sanos es del 13%, como se verá más adelante. La masa magra tiene una densidad de 1,1000 g/mL a una temperatura de 36°C12 y un contenido de agua del 73%, destacando una concentración de potasio de 150 mequiv. /L (González Jiménez, 2013, p.70).

Masa grasa total

Para el cuerpo la masa grasa (FM) total representa un componente esencial, a la vez como reserva de energía y aislante nervioso. Este componente puede variar en los sujetos en función de la edad y el sexo y con el tiempo. El 83% de la masa grasa total es tejido adiposo, del cual el 50% es subcutáneo. La distribución del tejido graso en el cuerpo es irregular, con diferencias entre la capa grasa de reserva y la grasa esencial. Se considera que la masa grasa total no contiene proteínas, pero en realidad representa el 3% de la masa grasa. También se cree que no contiene agua, pero su nivel medio de hidratación en

adultos es del 13%, proporción que puede aumentar en la obesidad. La densidad de masa grasa es 0,9007 g/ml (González Jiménez, 2013, p.70; Thomas et al., 2013, p.57).

Masa libre de grasa

La masa magra (FFM) está compuesta por minerales, proteínas, glucógeno y agua, es decir, abarca el agua corporal total intracelular y extracelular. Su grado de hidratación medio es del 73% y tiene una densidad aproximada de 1,1000 g/mL a una temperatura de 36°C.12 En los niños, la masa magra tiene una densidad menor (1,084 g/mL), en parte debido a un proceso de osificación incompleto. También se encuentran variaciones en las personas de raza negra, que presentan una masa magra de mayor densidad (1,113 g/mL). La hidratación de la masa magra es muy variable, es decir, no parece verse muy alterada por la raza o el sexo. Así, el agua corporal representa entre el 55% y el 65% del peso corporal y el 73% de la masa magra (González Jiménez, 2013, p.70).

Determinación de la composición corporal

El modelo más utilizado para evaluar la composición corporal (CC) en la práctica clínica y epidemiológica divide el cuerpo en masa grasa (FM) y masa libre de grasa (FFM), es decir, el modelo bicompartimental. La masa grasa indica el componente corporal libre de agua; los componentes restantes del cuerpo (músculo esquelético, órganos internos y tejido adiposo intersticial) se incluyen en la masa libre de grasa. Los métodos más precisos para medir la masa grasa y la masa libre de grasa según el modelo bicompartimental son la densitometría (pesaje bajo el agua), la hidrometría (dilución de deuterio), la eco-MRI y el recuento de potasio corporal total (TBK). Sin embargo, estos métodos se caracterizan por protocolos de medición complejos y requieren experiencia especializada y equipos costosos, lo que hace que su aplicación en entornos clínicos sea limitada (Marra et al., 2019, p.354).

La evaluación de la composición corporal divide la masa corporal total de un individuo en proporciones relativas de masa grasa (FM) y masa libre de grasa (FFM). La masa libre de grasa se compone de músculos, huesos, órganos, ligamentos, tendones y agua. La cuantificación de grasa, músculos, huesos y agua es muy informativa en el diagnóstico, manejo y tratamiento de varias afecciones relacionadas con la nutrición que afectan la salud individual y de la población. Una vez que se ha determinado el estado nutricional de un individuo luego de una evaluación de riesgos nutricionales, se debe desarrollar un

protocolo para lograr las metas propuestas. Estos resultados pueden variar desde la pérdida de peso en pacientes con sobrepeso u obesidad con diabetes mellitus tipo 2 o en riesgo de padecerla, hasta aumentos significativos en la masa de tejido magro o la densidad mineral ósea en pacientes con sarcopenia u osteoporosis (Holmes & Racette, 2021, p.2493).

Cada vez más, se evidencia el papel de la composición corporal en la evaluación de las anomalías de la masa corporal. Los cambios en los requerimientos de masa grasa dependen de la edad y el sexo y están relacionados con la función de la masa grasa. Como la clasificación del IMC utilizada hasta la fecha no tiene en cuenta las diferencias de sexo, edad y composición corporal, por lo que se han implementado otros métodos basados en medidas antropométricas, utilizando la bioimpedancia BAI o métodos combinados de IMC de Mialich (Chwałczyńska et al., 2022, p.950).

6.1.3. Bioimpedancia

El análisis de la bioimpedancia eléctrica (BIA) es una forma muy fiable, no invasiva y, al mismo tiempo, segura y eficaz de examinar la composición corporal en personas sanas, así como en aquellas que padecen diversos tipos de enfermedades, como diabetes, hipertensión, obesidad y otras. otras. Consiste en medir la resistencia eléctrica total resultante del cuerpo, que es una derivada de la resistencia (resistencia pasiva) y la reactancia (resistencia activa) utilizando un conjunto de electrodos de superficie, que se conectan a un analizador informático y utilizan una corriente de una determinada frecuencia e intensidad (Dubiel, 2019, p.130).

El método se desarrolló originalmente para proporcionar una predicción cuantitativa del agua corporal total (TBW) y la masa libre de grasa (FFM) o la masa corporal magra (LBM) basándose en un modelo de dos compartimentos del cuerpo humano. El principio subyacente de BIA se basa en la ley de Ohm que establece que la diferencia de potencial o voltaje a través de un conductor está directamente relacionada con la oposición (resistencia) al flujo de corriente (Ward & Brantlov, 2023, p.381).

La impedancia es el análisis vectorial de la resistencia, la oposición al flujo de una corriente, y la reactancia, la oposición a un cambio de corriente debido a la capacitancia de un material. Cuando se envía una corriente eléctrica a través del cuerpo, los tejidos

presentan distintos niveles de resistencia. El agua corporal rica en electrolitos es muy conductora; por lo tanto, los músculos, al tener un mayor contenido de agua, encontrarán menos resistencia que los tejidos relativamente anhidros, como la grasa. Por el contrario, la reactancia aumenta proporcionalmente al número de células y su integridad, debido a la capacitancia de la membrana (Moonen & Van Zanten, 2021, p.345).

El cuerpo humano se compone de agua, proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales, que juntos constituyen el peso corporal. Estos componentes construyen células, tejidos y órganos. Las proteínas son componentes importantes de los músculos, las grasas son componentes importantes de los lípidos y los minerales son componentes importantes de los tejidos óseos. En personas sanas, el contenido de estos ingredientes permanece casi constante. El agua corporal total (ACT) es la suma del agua corporal extracelular (AEC) y el agua corporal intracelular, que se encuentra principalmente en los músculos y órganos internos. El modelo básico de dos componentes supone que el cuerpo humano está compuesto de masa grasa corporal (BFM) y masa libre de grasa (FFM). Dentro de la FFM se distinguen los minerales óseos y la llamada masa magra blanda (SLM). SLM se compone de masa celular corporal (BCM) y agua extracelular, mientras que BCM está compuesta de proteínas y agua intracelular (Mundi et al., 2019, p.50).

La masa grasa corporal consiste en grasa subcutánea ubicada directamente debajo de la piel, que constituye la mayor parte de la grasa de la parte inferior del cuerpo (muslos y glúteos) y el área de grasa visceral (AGV) en el abdomen. El rango saludable de porcentaje de grasa corporal en las mujeres es del 18 al 28%. Los hombres tienen una FM más baja que las mujeres y un mayor contenido de componentes libres de grasa, como la masa del músculo esquelético (SMM) y la masa ósea. Los estudios no han indicado diferencias en los AGV entre hombres y mujeres (Dmitruk et al., 2018, p.96).

Los dispositivos BIA de frecuencia única (SF-BIA) utilizan una frecuencia única (generalmente 50kHz) para medir la impedancia. Sin embargo, las corrientes de baja frecuencia no penetrarán las membranas celulares y, por lo tanto, solo medirán la impedancia del agua extracelular. Luego se estima el agua corporal total mediante ecuaciones proporcionales. Las corrientes de alta frecuencia atravesarán las células. Esta impedancia refleja el agua en los compartimentos intracelular y extracelular, lo que conforman el agua corporal total (Mundi et al., 2019, p.50).

Porcentaje de grasa corporal y visceral

La adiposidad corporal se localiza principalmente debajo de la piel (tejido adiposo subcutáneo) o alrededor de órganos internos (tejido adiposo visceral), aunque también se puede encontrar en la médula ósea (médula ósea amarilla), retroorbitaria y periarticular. regiones y dentro de tejidos como músculos (intermusculares) y órganos vitales, a menudo denominado depósito de grasa ectópica. Predominantemente, el tejido adiposo se acumula como tejido adiposo subcutáneo (80 a 90%), y los principales depósitos de tejido adiposo subcutáneo son las áreas abdominal, subescapular, glútea y femoral. La importancia de esta distinción de depósitos es que los depósitos de tejido adiposo subcutáneo están ubicados justo debajo de la piel y no se comunican con los órganos internos (Frank et al., 2019, p.1710).

Los estudios de cuerpo entero mediante técnicas de imagen han revelado que las mujeres premenopáusicas presentan más tejido adiposo subcutáneo en las zonas abdominal y gluteofemoral que los hombres, especialmente tejido adiposo subcutáneo superficial, que sería el tejido adiposo más proximal a la piel. Alternativamente, el tejido adiposo visceral se encuentra principalmente dentro de la cavidad intraabdominal, muy cerca de los órganos principales, incluidos el hígado y los intestinos. Una distinción importante con este depósito es que drena sus constituyentes (ácidos libres grasos y adipocinas) hacia la circulación portal, donde pueden ejercer sus acciones para afectar el metabolismo. Se cree que el tejido adiposo visceral representa entre el 6% y el 20% de la grasa corporal total, con cantidades mayores en los hombres que en las mujeres. Además, hay una pequeña cantidad de tejido adiposo visceral alrededor del corazón, conocida como grasa epicárdica (Frank et al., 2019, p.1710).

El tejido adiposo visceral se ha relacionado con un mayor riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 (DM2). En particular, la obesidad abdominal, específicamente la adiposidad visceral, se asocia con un mayor riesgo de desarrollar DM2 que la obesidad periférica. Se correlaciona con la secreción y sensibilidad de insulina independientemente del IMC y la grasa subcutánea en sujetos con DM2. Además, el mayor riesgo de morbilidad y mortalidad por complicaciones vasculares en pacientes diabéticos está relacionado con factores genéticos, niveles elevados de glucosa y complicaciones metabólicas. El tejido adiposo desempeña funciones esenciales en el mantenimiento de la homeostasis de los lípidos y la glucosa, y se han identificado varios tipos de tejido

adiposo, incluidos el blanco, el marrón y el beige, que residen en varias ubicaciones anatómicas específicas en todo el cuerpo. En la obesidad, el tejido adiposo se vuelve disfuncional, lo que promueve un entorno proinflamatorio, hiperlipidémico y resistente a la insulina que contribuye a la DM2 (Huang et al., 2023, p.114).

Clasificación de la obesidad según el porcentaje de grasa corporal

De acuerdo al porcentaje de grasa corporal, la evaluación se realiza se la siguiente manera, según el sexo de los pacientes (Cardozo, 2016, p.68):

Tabla 1. Evaluación nutricional según el porcentaje de grasa corporal

Evaluación	Porcentaje de grasa corporal en hombres	Porcentaje de grasa corporal en mujeres
Delgado	< 8%	<15%
Óptimo	8.1%-15.9%	15.1%-20.9%
Sobrepeso ligero	16.0%-20.9%	21.0%-25.9%
Sobrepeso	21.0%-24.9%	26.0%-31.9%
Obesidad	≥25%	≥ 32%

Fuente: Cardozo (2016)

6.1.4. Índice de masa corporal (IMC):

El índice de masa corporal (IMC) es un método comúnmente utilizado para evaluar el estado del peso. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilogramos por su altura en metros al cuadrado (IMC = peso (kg) / altura (m^2)). El IMC proporciona un valor numérico que clasifica a las personas en diferentes categorías de estado de peso, que incluyen bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad. Sin embargo, no diferencia entre masa grasa y masa muscular, lo que puede ser una limitación para deportistas o personas con masa muscular elevada (Khanna et al., 2022, p.223).

El IMC es la medida preferida de adiposidad general utilizada en entornos clínicos y de salud pública para identificar a las personas con mayor riesgo de diabetes tipo 2. Sin embargo, el IMC no discrimina a individuos con diferente composición corporal de masa grasa y masa corporal magra. Por lo tanto, el IMC no logra capturar el verdadero efecto dañino de la masa grasa sobre el riesgo de diabetes tipo 2, que puede verse aún más diluido

por el efecto potencialmente beneficioso de la masa corporal magra (Prentice & Jebb, 2001, p.141).

7. Marco metodológico

7.2 Metodología

Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática con metaanálisis, siguiendo la metodología PRISMA.

Estrategia de búsqueda

Se utilizó una estrategia de búsqueda basada en términos Mesh y operadores booleanos, que se describe a continuación:

- (("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus, Type 2"[Mesh]
- (("Body Fat Distribution"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus"[Mesh]
- (("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Body Composition"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]
- (("Body Composition"[Mesh]) OR "Body Mass Index"[Mesh]) AND "Obesity, Abdominal"[Mesh]

Criterios de inclusión

- Se incluyeron investigaciones publicadas en bases de datos especializadas, desde 2013 hasta 2023.
- Artículos científicos de libre acceso, en idioma inglés, castellano o portugués.
- Diseño analítico, de cohortes, ensayos clínicos.
- Investigaciones realizadas con sujetos adultos, de ambos sexos, con una edad entre 20 y 79 años y, con obesidad.

Criterios de exclusión

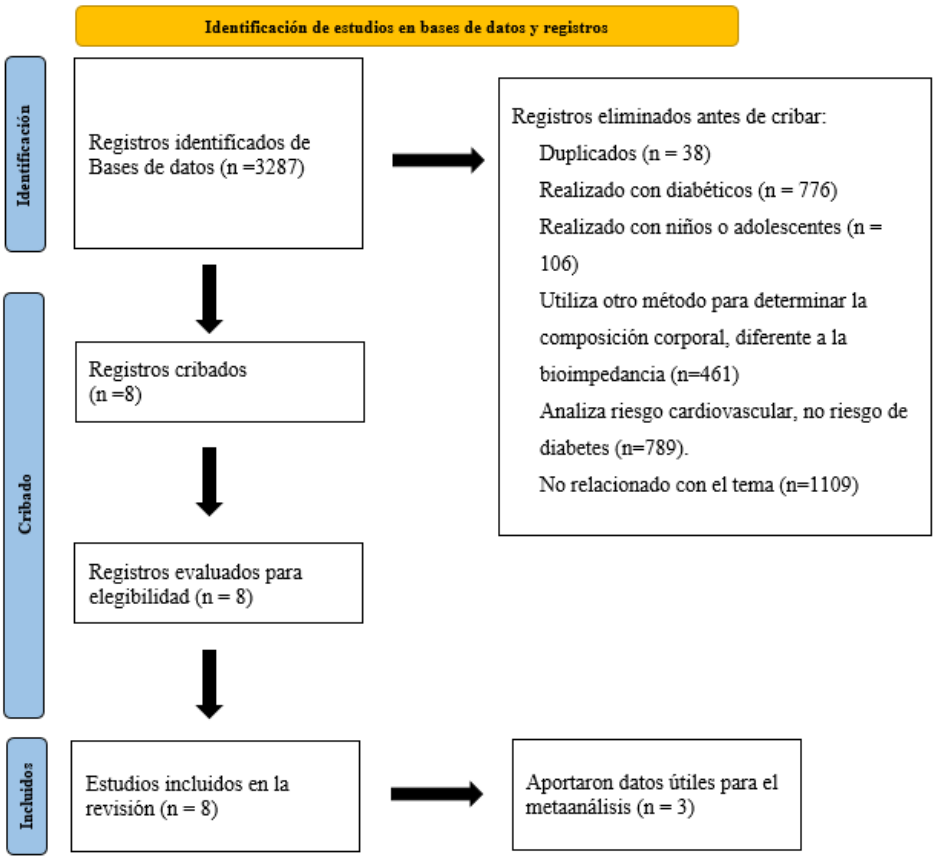
- Se excluyeron publicaciones con diseño cualitativo, actas de conferencia, editoriales, tesis de grado.
- Investigaciones en las que se hayan incluido sujetos con diagnóstico conocido de DM2.
- Investigaciones sobre el riesgo de diabetes gestacional.

- Investigaciones con baja calidad, con una metodología no reproducible.

Gráfico de selección de Artículos

Siguiendo la estrategia de búsqueda descrita se identificaron 3287 artículos elegibles. De estos, se eliminaron 776 por haber sido realizados con sujetos con Diabetes mellitus tipo 2 conocida, 106 investigaciones realizadas con población pediátrica, 461 artículos, porque utilizaron otros métodos para la determinación de la composición corporal, diferentes a la bioimpedancia (BIA), 789 investigaciones en las que se analizaba el valor de la composición corporal en la predicción del riesgo cardiovascular, no de diabetes mellitus y, se eliminaron 1109 artículos por no guardar relación con el tema estudiado y 38 duplicados. (Ver anexo 2). En la Figura 1 se muestra el proceso de selección

Figura 1. Diagrama PRISMA de selección de artículos



Fuente: (Page et al., 2021)

Al finalizar el proceso de selección, quedaron 8 investigaciones, que fueron incluidas en esta revisión sistemática. De estas, solamente tres aportaron datos útiles para realizar un metaanálisis.

Nivel de confianza de los artículos

Las investigaciones seleccionadas tienen un diseño analítico, observacional, por lo que no es factible utilizar la herramienta AMSTAR para su análisis, ya que esta fue creada para analizar la calidad de artículos de revisión sistemática y no existen revisiones sistemáticas sobre este tema. Teniendo en cuenta el diseño de las investigaciones seleccionadas, se utilizó para el análisis de calidad la herramienta STROBE, como se muestra en el Anexo 1 de este documento. Todos los artículos seleccionados tuvieron un nivel de cumplimiento con la lista de chequeos de STROBE (*Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology*) superior al 90%, lo que indica que su calidad es buena. Adicionalmente, se realizó el análisis del riesgo de sesgo de las investigaciones incluidas, como se muestra en la figura 2.

Figura *(Chen et al., 2020, p.452; Wang et al., 2021, p.2154; Xu et al., 2021, p.6091; Zhang et al., 2022, p.103; Zhao et al., 2017, p.947). Se analizó una población total de 48058 sujetos adultos (18-65 años) con sobrepeso u obesidad, a los que se les realizó la determinación del porcentaje de grasa corporal total (%GT) mediante la bioimpediancia eléctria.*

En la Tabla 2 se resumen las características de estas investigaciones

Tabla 2. Descripción de las investigaciones incluidas

Autor/es/año/país	Objetivo	Diseño	n	Edad	Resultados	Conclusión
Kurniawan et al. (2018). Indonesia	Investigar si la masa corporal, el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura , el porcentaje de grasa corporal (BF) o el nivel de grasa visceral (VF) podrían convertirse en un mejor predictor de resistencia a la insulina en adultos varones jóvenes sanos.	Transversal	140	18-25 años	El peso corporal, IMC, circunferencia abdominal, porcentaje de grasa total y visceral son significativamente mayores en el grupo de resistencia a la insulina	La resistencia a la insulina tuvo una fuerte correlación con el peso corporal, IMC, circunferencia abdominal, Porcentaje de grasa corporal, y grasa visceral. En el área bajo la curva de masa corporal, BF y VF fueron ligeramente mayores que WC y BMI. Las mediciones antropométricas se correlacionaron fuertemente con la IR, pero el peso

						corporal, BF, VF tuvieron una correlación más fuerte que la CC y el IMC en adultos varones jóvenes sanos.
Wang et al. (2021). China	Medir las asociaciones específicas de sexo entre las índice masa muscular/masa grasa del brazo, la pierna, el tronco y todo el cuerpo y la diabetes tipo 2 incidente.	Prospectivo	464 817	56.5 ±8.2	Hubo una asociación significativamente positiva entre el IMC total y regional y la diabetes tipo 2 incidente, incluso después de ajustar por el IMC y otras covariables. Se observó una interacción significativa (p<0,001) entre la categoría de IMC y el índice masa muscular/masa grasa de diferentes partes del cuerpo. En el análisis estratificado por categoría de IMC y terciles de índice masa muscular/masa grasa, las personas con sobrepeso/obesidad con un tercil alto de índice masa muscular/masa grasa tendieron a tener el índice de riesgo más alto, que oscilaba entre 5,91 y 7,94 en todo el cuerpo y en áreas regionales.	Las relación masa grasa-masa muscular totales y regionales más altas se asociaron con un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, independientemente del IMC. Esta asociación se fortaleció notablemente en los participantes con un IMC ≥ 25 kg/m2.

Xu et al., (2021). China	Evaluar el riesgo de desarrollar diabetes en individuos chinos con obesidad de peso normal (NWO).	Cohortes	1128	41,66	Los análisis de regresión de Cox indicaron que los índices de riesgo de diabetes ajustados multivariados en personas con peso normal y obesidad (NWO), sobrepeso sin obesidad (OWNO) y sobrepeso y obesidad (OWO) fueron 2.110 (IC 95% 1.026–4.337, p = 0.025), 0.441 (IC 95% 0.101–1.928, p = 0.232) y 3.465 (95 % IC 2,163–5,551, p < 0,001), respectivamente, en relación con las personas del NWNO.	Los sujetos con peso normal y obesidad tienen un mayor riesgo de desarrollar diabetes. El porcentaje de grasa corporal (medido por BIA) constituye una mejor medida de evaluación de la obesidad que el IMC
Zhang et al. (2022). China	Evaluar la relación entre el porcentaje de grasa corporal y el riesgo de diabetes tipo 2.	Prospectivo	2471	46.3 ± 10.2	Los hombres y mujeres con un % de grasa corporal en el tronco >25,5 y 34,4% (≥ quintil 4), respectivamente, tenían un riesgo significativamente mayor de diabetes tipo 2 (p-tendencia = 0,001). Además, los valores de corte óptimos del % de grasa corporal total y del tronco fueron 21,9 y 25,2% para los hombes, y 36,7%. y 30,3% para las mujeres, respectivamente.	El riesgo de incidencia de diabetes tipo 2 aumentó significativamente por encima del nivel específico de % de grasa total y del tronco tanto en hombres como en mujeres.

Zhao et al. (2017). China	Determinar el efecto del cambio de grasa corporal sobre el riesgo de diabetes en la población con tolerancia normal a la glucosa (NGT).	Cohortes	1857	20-75	Los individuos con un porcentaje de grasa corporal normal que se volvieron obesos recientemente tenían un mayor riesgo de diabetes, que era comparable con los individuos con obesidad estable. Cuando se tuvieron en cuenta tanto el % de grasa corporal como el IMC, los sujetos con solo un IMC normal estable tuvieron un mayor riesgo de diabetes que aquellos con solo un % de BF normal estable. Demostraron que desarrollar obesidad durante un corto período de tiempo se asociaba con un gran aumento del riesgo de diabetes.	Los sujetos con un porcentaje de glucemia normal al inicio del estudio y un estado obeso en el seguimiento se asociaron con un gran aumento en el riesgo de diabetes. Evitar el aumento de la grasa corporal, incluso entre personas delgadas, es importante para prevenir la diabetes. Además, en comparación con los sujetos con un IMC normal y estable, el riesgo de diabetes fue comparativamente bajo en sujetos con un % de grasa corporal normal y estable
Escobedo et al. (2020). México	Estimar la prevalencia de diabetes en una población adulta trabajadora de la Ciudad de México y evaluar la fuerza de asociación con diferentes factores de riesgo.	Cohortes	1042	18-64	Si bien en el análisis crudo individual todas las mediciones de obesidad se asocian con la diabetes tipo 2, en el análisis ajustado por edad, sexo y otras variables solo el porcentaje de grasa corporal muestra asociación con la diabetes con un gradiente que muestra que cuanto mayor es el porcentaje de grasa corporal , mayor es el riesgo. El IMC obtuvo una menor utilidad en la	El porcentaje de grasa corporal total , medido por BIA, ofrece mejores resultados en la prediccion del riesgo de DM2 en sujetos con obesidad

					predicción del riesgo de DM2 (OR: 1.2; IC 95%: 0.6-2.5, para el IMC >30 kg/m2) que el porcentaje de grasa corporal > 36% (OR:3.0; IC 95%: 1.4-6.4), medido con BIA	
Chen et al. (2020). China	Investigar la relación entre los indicadores de composición corporal y el riesgo de diabetes mellitus tipo 2	Transversal	3367	18-65	La relación cintura-cadera por encima del estándar (odds ratio [OR] = 1,56, intervalo de confianza [IC] del 95 %: 1,18–2,07, P = 0,002), porcentaje de grasa corporal por encima del valor de referencia (OR = 1,62, 95 % IC: 1,01–2,68, P = 0,049) y VFA grandes (OR = 1,01, IC del 95%: 1,01–1,02, P = 0,001) son predictores importantes de DM2	Mostraron una alta tasa de prevalencia de DM2 asociada a indicadores de composición corporal. La edad, el sexo, la relación cintura-cadera, el porcentaje de grasa corporal fueron factores de riesgo independientes para la DM2.
Baker et al.(2021). Dinamarca	Explorar la asociación entre la masa corporal magra, la masa grasa y la diabetes tipo 2.	Cohortes	38053	18-65	Cuando se ajustó por masa grasa, el análisis principal mostró una asociación inversa no lineal entre la masa corporal magra y el riesgo de diabetes en los hombres, pero no en las mujeres. Sin embargo, el análisis de sensibilidad no encontró asociación ni para hombres ni para mujeres.	La masa corporal magra no se asoció con la incidencia de diabetes tipo 2 al excluir los casos que pueden haber sido subclínicos al inicio del estudio. Los resultados implican que la salud pública debería centrarse en la reducción de la masa grasa para la prevención de la diabetes.

Elaboración propia

8. Resultados

A continuación, se amplían los aportes más importantes de cada una de las investigaciones seleccionadas al tema de esta revisión:

En primer lugar, Kurniawan et al., en el año 2018, observaron que los cinco índices de obesidad, peso corporal, IMC, circunferencia abdominal, porcentaje de grasa corporal y porcentaje de grasa visceral tienen una correlación significativa con la resistencia a la insulina. Un análisis más detallado reveló que el área bajo la curva para el peso corporal, porcentaje de grasa corporal y grasa visceral era ligeramente mayor que el de la circunferencia de la cintura y el IMC para predecir la resistencia a la insulina. Para estos autores, el porcentaje de grasa corporal tuvo una sensibilidad y especificidad superior al IMC en la predicción de resistencia a la insulina (Kurniawan et al., 2018, p.5).

Adicionalmente, Wang et al., en el 2021, realizaron un estudio prospectivo, en el que se incluyeron un total de 464.817 participantes libres de diabetes al inicio del estudio. La relación masa grasa-masa muscular se calculó como la masa grasa dividida por la masa muscular en las partes correspondientes del cuerpo (cuerpo total, brazo, pierna y tronco). Estos autores observaron que las relaciones masa grasa-masa muscular totales y regionales se asociaron de forma independiente con el riesgo de diabetes tipo 2. Las relaciones masa grasa-masa muscular de todo el cuerpo y las piernas mostraron las asociaciones más fuertes con la incidencia de diabetes en hombres y mujeres, respectivamente. Estas asociaciones obviamente se fortalecieron entre los participantes con un IMC > 25 kg/m2. Las implicaciones clínicas podrían ser estratificar las estrategias para la prevención de la diabetes, por ejemplo, apuntando a reducir la masa grasa y aumentar la masa muscular, especialmente entre personas con un IMC superior a 25 kg/m2 (Wang et al., 2021, p.2154).

También, Xu et al., en el 2021, observaron que, en comparación con las personas que no desarrollaron diabetes, las personas que desarrollaron diabetes durante el seguimiento tenían una edad inicial, un IMC, un porcentaje de grasa total, una presión arterial, un nivel de glucosa y unos niveles de triglicéridos más altos. Además, las tasas de incidencia de diabetes en personas con peso normal sin obesidad, peso normal con obesidad, sobrepeso sin obesidad y sobrepeso con obesidad fueron 5,69% (27 casos), 11,30% (12 casos), 3,53% (2 casos) y 19,09% (72 casos) por 1000 personas-año, respectivamente (Xu et al., 2021, p.65).

Los índices de riesgo ajustados multivariados de diabetes en personas normopeso con obesidad (NWO), sobrepeso sin obesidad (OWNO) y sobrepeso con obesidad (OWO) fueron 2.110 (IC 95%: 1.026–4.337, p = 0.025), 0.441 (IC 95%: 0.101–1.928, p = 0.232) y 3,465 (IC 95% 2,163–5,551, p <0,001), respectivamente, en comparación con las personas con peso normal, sin obesidad (NWNO). En los participantes masculinos, el peso normal con obesidad no se asoció significativamente con la diabetes en comparación con el peso normal sin obesidad, mientras que, en las participantes femeninas, se produjo una asociación significativa entre el peso normal con obesidad y la diabetes. Estos autores concluyeron que los sujetos con peso normal y obesidad tienen un mayor riesgo de desarrollar diabetes. El porcentaje de grasa corporal (medido por BIA) constituye una mejor medida de evaluación de la obesidad que el IMC (Xu et al., 2021, p.65).

Por otra parte, Zhang et al., en el año 2022, determinaron que el nivel total de porcentaje de grasa corporal superior al 21,1% se asoció significativamente con un mayor riesgo de diabetes tipo 2 en los hombres, mientras que las mujeres solo mostraron una asociación significativa cuando el valor del porcentaje de grasa corporal era superior a 38,6% y el riesgo de diabetes tipo 2. Estos autores observaron que, en los hombres, en comparación con los sujetos en el primer quintil del % total de masa magra, aquellos en el tercero (RR = 2,03, IC 95% 1,09–3,79), cuarto (RR = 2,56, IC 95% 1,46–4,48) y quinto (RR = 2,16, IC del 95%: 1,22–3,82) el quintil tuvo mayor riesgo de diabetes tipo 2 después de ajustar por todos los posibles factores de confusión (p<0,001) (Zhang et al., 2022, p.132).

Para las mujeres, el RR fue 1,92 (IC 95%1,14; 3,24) en el quinto quintil (p = 0,014). Los hombres y mujeres con un porcentaje de grasa coral en el tronco >25,5 y 34,4%, respectivamente, tenían un riesgo significativamente mayor de diabetes tipo 2 (p = 0,001). Además, los valores de corte óptimos de porcentaje de grasa corporal total y troncal fueron 21,9 y 25,2% para los machos, y 36,7 y 30,3% para las hembras, respectivamente. Llegaron a la conclusión de que el riesgo de incidencia de diabetes tipo 2 aumentaba significativamente por encima del nivel específico de porcentaje de grasa corporal total y del tronco tanto en hombres como en mujeres chinos, y los valores de corte óptimos del porcentaje de grasa corporal total eran valiosos para la aplicación clínica del % de BF en función de la diferencia de sexo (Zhang et al., 2022, p.132).

Mientras que Zhao et al., observaron que, en comparación con los sujetos con porcentaje de grasa corporal total normal estable (control), los sujetos que se volvieron obesos

durante el seguimiento tenían defectos en la secreción de insulina y tenían un mayor riesgo de desarrollar diabetes (RR: 7,102, IC 95%: 1,740–28,993). Además, en comparación con aquellos que mantuvieron un porcentaje de grasa corporal total e IMC normales tanto al inicio como en el seguimiento, los sujetos que tenían un IMC normal al inicio y en el seguimiento, pero un porcentaje de grasa corporal anormal al inicio y/o en el seguimiento aún tenían un mayor riesgo de desarrollar diabetes (RR: 4.790, IC 95% 1.061–21.621), mientras que aquellos con porcentaje de grasa corporal normal al inicio y en el seguimiento, pero con un IMC anormal al inicio y/o en el seguimiento, no lo tenían. Los sujetos con un porcentaje de glucemia normal al inicio del estudio y obesos en el seguimiento se asocian con un mayor riesgo de diabetes. Mantener la grasa corporal normal es más relevante que el IMC para prevenir la diabetes (Zhao et al., 2017, p. 497).

En México, Escobedo et al., en el año 2020 encontraron que la edad, la presión arterial, los triglicéridos y el porcentaje de grasa corporal, fueron los principales factores de riesgo relacionados con la aparición de diabetes tipo 2. No se observó relación con la actividad física y la dieta. El IMC obtuvo una menor utilidad en la predicción del riesgo de DM2 (OR: 1.2; IC 95%: 0.6-2.5, para el IMC >30 kg/m2) que el porcentaje de grasa corporal > 36% (OR:3.0; IC 95%: 1.4-6.4), medido con BIA (Escobedo-de la Peña et al., 2020, p.564).

Chen et al., en el año 2020 en una población de 1.974 participantes (58,63%) fueron considerados con sobrepeso u obesidad (IMC ≥ 24,0 kg/m2). En el grupo con un porcentaje de grasa corporal total superior al promedio se encontró el 86.4% de los sujetos analizados. El porcentaje de grasa visceral promedio de los participantes fue de 94,76 ± 34,01 cm2. Entre los participantes, el 12,53% fueron diagnosticados con DM2. Los autores concluyeron que tanto el porcentaje de grasa corporal total, como el porcentaje de grasa visceral, eran más adecuados para la predicción del riesgo de DM2 que las medidas antropométricas (IMC e índice cintura cadera); ($p<0,05$) (Chen et al., 2020, p.452).

Por último, Baker et al., en Dinamarca, observaron que un alto nivel de masa corporal magra se asociaba con un riesgo ligeramente menor de diabetes tipo 2 en los hombres después de ajustar por masa grasa, pero no en las mujeres. En los análisis de sensibilidad que excluyeron los casos ocurridos dentro de los primeros 2 años de seguimiento, no encontraron asociación entre la masa corporal magra y la diabetes tipo 2 para ninguno de

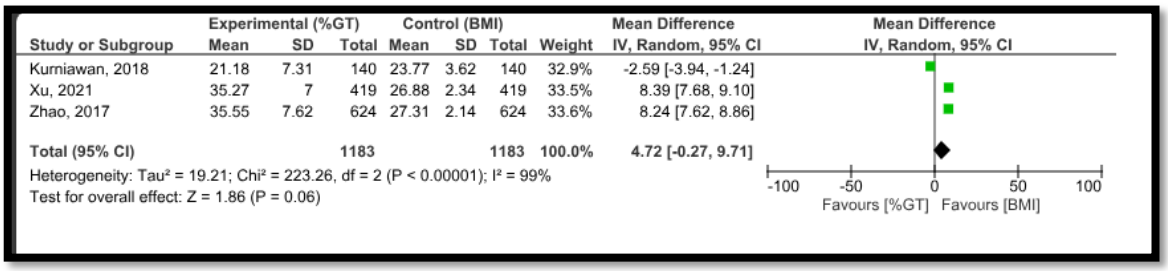
los sexos. Los niveles altos de grasa corporal se asociaron con un mayor riesgo de diabetes tipo 2, como se identificó previamente en otros estudios (Baker et al., 2019, p.445).

En la Figura 3 se muestra en análisis cuantitativa (metaanálisis) de efecto aleatorio, con diferencia de medias, de la información recolectada. Solamente tres artículos aportaron datos útiles para un metaanálisis, esto sucedió porque, la forma de presentación de los datos fue muy heterogénea, en algunos artículos los resultados se presentaron en frecuencias y porcentajes, mientras que, en otros, se reportaron en promedio y desviación estándar.

Las investigaciones analizadas tuvieron un alto grado de heterogeneidad (I^2= 99%), lo que indica que son bastante diferentes entre sí los resultados obtenidos. En la rama derecha del diagrama de árbol se representa el Índice de masa corporal (IMC/BMI), mientras que en el lado izquierdo se representa el porcentaje de grasa corporal total (%GT), se observa que, de las tres investigaciones analizadas, dos se encuentran a la derecha y solamente una se encuentra a la izquierda.

La diferencia de medias total es: 4.72 (IC 95%: -0.27-9,71); (p=0,06), lo que indica que este análisis no alcanzó significación estadística; a pesar de que, en el análisis cualitativo, los autores analizados concuerdan en que el porcentaje de grasa corporal es superior al índice de masa corporal en la evaluación del riesgo de DM2. Esto pudiera explicarse por las limitaciones en cuanto al número de investigaciones que cumplieron con los criterios de selección y a la heterogeneidad de los reportes por los diferentes autores.

Figura 2. Comparación de porcentaje de grasa corporal total con el índice de masa corporal en la predicción del riesgo de diabetes mellitus. Forest plot.



Elaboración propia

9. Discusión

Tanto el índice de masa corporal (IMC) como el porcentaje de grasa corporal se han estudiado como predictores del riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (DM2). El IMC es una medida de obesidad ampliamente utilizada, pero tiene limitaciones ya que no distingue entre grasa y masa muscular. Por otro lado, el % BF es una medida de la proporción de grasa respecto a músculo magro y se ha sugerido como un índice alternativo de obesidad que podría ser un mejor predictor del riesgo de DM2.

Con el objetivo de comparar la utilidad de la determinación de la composición corporal mediante bioimpedanciometría con el IMC en la estimación del riesgo de desarrollar DM2 se realizó esta revisión sistemática, en la que, el principal hallazgo fue que, siete de ocho autores concluyeron que el porcentaje de masa corporal medido por bioimpediancia, es superior al IMC en la predicción del riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (Chen et al., 2020, p.452; Escobedo-de la Peña et al., 2020, p.564; Kurniawan et al., 2018, p.96; Wang et al., 2021, p.2154; Xu et al., 2021, p.6090; Zhang et al., 2022, p.103; Zhao et al., 2017, p.947); sin embargo, no se puedo demostrar esto en el análisis cuantitativo, debido a la gran heterogeneidad de las investigaciones analizadas.

Esto indica que, el IMC tiene limitaciones para identificar sujetos con peso normal, pero con obesidad metabólica, con una acumulación importante de grasa corporal y visceral, a pesar de no alcanzar la categoría de sobrepeso u obesidad con el IMC; lo que evidencia la importancia de evaluar directamente los depósitos de tejido graso, como parte de la valoración del riesgo de resistencia a la insulina y DM2 (Buss, 2014, p.264).

Es razonable que la adiposidad pueda definirse en función de la composición corporal, como una masa grasa alta y una masa muscular baja, en lugar de índices indirectos, como el índice de masa corporal (IMC), que se utiliza comúnmente como estimación de la adiposidad general. Por otra parte, existe una estrecha relación entre una mayor masa grasa, una menor masa muscular y la incidencia de diabetes. Una hipótesis interesante es que la masa grasa representa la carga metabólica, la masa muscular representa la capacidad metabólica e interactúan para determinar el riesgo metabólico (Bosy-Westphal et al., 2018, p.638).

La asociación entre relaciones masa grasa-masa muscular y diabetes tipo 2 es biológicamente plausible. La resistencia a la insulina, seguida de la posterior disfunción compensatoria de las células β, desempeña un papel clave en la patogénesis de la diabetes tipo 2. Los principales tejidos sensibles a la insulina, incluido el tejido adiposo y el músculo esquelético evaluados aquí, se ven profundamente afectados por la composición corporal alterada. El tejido adiposo secreta una serie de adipocinas y citocinas. Por ejemplo, la adiponectina se asocia positivamente con la sensibilidad a la insulina, pero el TNF-α y la IL-6 pueden activar respuestas inflamatorias. La adiposidad induce niveles bajos de adiponectina y altos niveles de citoquinas proinflamatorias que pueden exacerbar la resistencia a la insulina (Barazzoni et al., 2018, p,150).

La distribución de la grasa corporal juega un papel clave en los efectos de la obesidad en la salud. La grasa visceral es más sensible a la estimulación lipolítica y a la migración de macrófagos y por tanto más susceptible a liberar ácidos grasos libres a la circulación, aumentando el depósito de grasa ectópica en músculo, hígado y páncreas y su efecto adverso sobre la sensibilidad a la insulina y probablemente la producción de esta hormona (Gómez-Ambrosi et al., 2011, p.1439).

La ubicación anatómica de la grasa visceral juega un papel único. Las adipocinas y citoquinas liberadas por el tejido adiposo visceral drenan hacia la vena porta, por lo que el hígado queda expuesto a las secreciones no diluidas de este tejido. El aumento de la grasa visceral aumenta la liberación de ácidos grasos libres, que es responsable de la disminución de la sensibilidad a la insulina y de la reducción de la captación periférica de glucosa. Esto provoca un aumento de los niveles de glucosa en sangre, lo que conduce al desarrollo de prediabetes que puede progresar a diabetes si no se trata. La grasa visceral se asocia con una mayor infiltración de macrófagos que promueve un perfil proinflamatorio y, posteriormente, resistencia a la insulina (Tchernof & Després, 2013, p.359).

Esto se explica porque, la obesidad es un trastorno de naturaleza heterogénea, caracterizado por una marcada variabilidad interindividual en aspectos tales como la distribución del tejido adiposo, el perfil metabólico y el grado de riesgo cardiovascular y metabólico. Entre las manifestaciones de esta heterogeneidad, se destaca la prominente influencia del almacenamiento de grasa abdominal, en contraste con la obesidad

periférica o glúteo-femoral, en el aumento del riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 y enfermedades coronarias (Pluta et al., 2022, p.624).

Dicha variabilidad se manifiesta en una serie de diferencias anatómicas, celulares, moleculares, fisiológicas, clínicas y pronósticas entre dos tipos fundamentales de tejido adiposo: el subcutáneo y el visceral. Aunque ambas variedades de tejido adiposo contribuyen al desarrollo de la resistencia a la insulina, el excesivo depósito de tejido adiposo visceral se asocia de manera desfavorable con la salud humana. El tejido adiposo visceral, en comparación con su contraparte subcutánea, presenta una mayor actividad metabólica y hormonal, con propiedades proinflamatorias y una mayor propensión al proceso de lipólisis (Vera-Ponce et al., 2023, p.14).

En consecuencia, se acepta que entre los adultos con un IMC normal, aquellos con un porcentaje de grasa corporal alto tenían más probabilidades de tener prediabetes o diabetes que aquellos con un porcentaje de grasa corporal más bajo pero un IMC que indica sobrepeso. Además, entre todos los indicadores de composición corporal, el porcentaje de grasa corporal y la grasa visceral mostraron los efectos predictivos más fuertes sobre la DM2 (Lebiedowska et al., 2021, p.993). Esto indica que, si bien el IMC es una medida de obesidad ampliamente utilizada, el porcentaje de grasa corporal se ha sugerido como un mejor predictor del riesgo de DM2, y los estudios han encontrado que el porcentaje de grasa corporal y visceral son predictores importantes de DM2.

9.1. Limitaciones

La principal limitación en el desarrollo de esta revisión sistemática se relaciona con el escaso número de investigaciones en las que se compara la composición corporal medida por bioimpedanciometría con el índice de masa corporal en la predicción del riesgo de desarrollar DM2, lo que también limitó el análisis cuantitativo y, evidencia la necesidad de profundizar en el estudio de este tema.

10. Conclusiones

Se realizó una revisión sistemática con metaanálisis, en la que se incluyeron 8 investigaciones observacionales. El análisis cualitativo indica que, 7 de los 8 artículos concluyeron que el porcentaje de grasa corporal tota, medido por bioimpedanciometria, es superior al IMC en la predicción del riesgo de desarrollar DM2 en adultos con sobrepeso u obesidad; con lo que se sustenta la hipótesis planteada. El análisis

cuantitativo no mostró resultados concluyentes, debido a la gran heterogeneidad en los reportes de los resultados de interés.

Referencias

Baker, C. F., Overvad, K., & Dahm, C. C. (2019). Lean body mass and risk of type 2 diabetes—A Danish cohort study. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, *18*(2), 445-451. https://doi.org/10.1007/s40200-019-00438-7

Barazzoni, R., Gortan Cappellari, G., Ragni, M., & Nisoli, E. (2018). Insulin resistance in obesity: An overview of fundamental alterations. *Eating and Weight Disorders: EWD*, *23*(2), 149-157. https://doi.org/10.1007/s40519-018-0481-6

Behnke, A. R., Feen, B. G., & Welham, W. C. (1995). The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. 1942. *Obesity Research*, *3*(3), 295-300. https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1995.tb00152.x

Bosy-Westphal, A., Braun, W., Geisler, C., Norman, K., & Müller, M. J. (2018). Body composition and cardiometabolic health: The need for novel concepts. *European Journal of Clinical Nutrition*, *72*(5), 638-644. https://doi.org/10.1038/s41430-018-0158-2

Buss, J. (2014). Limitations of Body Mass Index to Assess Body Fat. *Workplace Health & Safety*, *62*(6), 264-264. https://doi.org/10.1177/216507991406200608

Calahorrano, A. Z., & Fernández, E. (2018). Diabetes mellitus tipo 2 en el Ecuador: Revisión epidemiológica. *Mediciencias UTA*, *2*(4), Article 4. https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/medi/article/view/1219

Cardozo, L. A. (2016). Body fat percentage and prevalence of overweight—Obesity in college students of sports performance in Bogotá, Colombia. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, *3*, 68-75. https://doi.org/10.12873/363cardozo

Chen, Y., He, D., Yang, T., Zhou, H., Xiang, S., Shen, L., Wen, J., Chen, S., Peng, S., & Gan, Y. (2020). Relationship between body composition indicators and risk of

type 2 diabetes mellitus in Chinese adults. *BMC Public Health*, *20*(1), 452-460. https://doi.org/10.1186/s12889-020-08552-5

Chwałczyńska, A., Kosendiak, A., Sobiech, K. A., & Andrzejewski, W. (2022). Fat-fat-free index in body mass assessment in young people. *Frontiers in Physiology*, *13*, 947514. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.947514

Davies, M. J., Aroda, V. R., Collins, B. S., Gabbay, R. A., Green, J., Maruthur, N. M., Rosas, S. E., Del Prato, S., Mathieu, C., Mingrone, G., Rossing, P., Tankova, T., Tsapas, A., & Buse, J. B. (2022). Management of hyperglycaemia in type 2 diabetes, 2022. A consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetologia*, *65*(12), 1925-1966. https://doi.org/10.1007/s00125-022-05787-2

Dmitruk, A., Czeczelewski, J., Czeczelewska, E., Golach, J., & Parnicka, U. (2018). Body composition and fatty tissue distribution in women with various menstrual status. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, *69*(1), 95-101.

Dubiel, A. (2019). Bioelectrical impedance analysis in medicine. *World Scientific News*, *125*(2), 127-138.

Escobedo-de la Peña, J., Ramírez-Hernández, J. A., Fernández-Ramos, M. T., González-Figueroa, E., & Champagne, B. (2020). Body Fat Percentage Rather than Body Mass Index Related to the High Occurrence of Type 2 Diabetes. *Archives of Medical Research*, *51*(6), 564-571. https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.05.010

Fosbøl, M. Ø., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *35*(2), 81-97. https://doi.org/10.1111/cpf.12152

Frank, A. P., de Souza Santos, R., Palmer, B. F., & Clegg, D. J. (2019). Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health

risks. *Journal of Lipid Research*, *60*(10), 1710-1719. https://doi.org/10.1194/jlr.R086975

Galicia-Garcia, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(17), Article 17. https://doi.org/10.3390/ijms21176275

Gómez-Ambrosi, J., Silva, C., Galofré, J. C., Escalada, J., Santos, S., Gil, M. J., Valentí, V., Rotellar, F., Ramírez, B., Salvador, J., & Frühbeck, G. (2011). Body adiposity and type 2 diabetes: Increased risk with a high body fat percentage even having a normal BMI. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *19*(7), 1439-1444. https://doi.org/10.1038/oby.2011.36

González Jiménez, E. (2013). Body composition: Assessment and clinical value. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, *60*(2), 69-75. https://doi.org/10.1016/j.endoen.2012.04.015

Holmes, C. J., & Racette, S. B. (2021). The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrients*, *13*(8), 2493. https://doi.org/10.3390/nu13082493

Huang, H., Zheng, X., Wen, X., Zhong, J., Zhou, Y., & Xu, L. (2023). Visceral fat correlates with insulin secretion and sensitivity independent of BMI and subcutaneous fat in Chinese with type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, *14*, 1144834. https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1144834

Khanna, D., Peltzer, C., Kahar, P., & Parmar, M. S. (2022). Body Mass Index (BMI): A Screening Tool Analysis. *Cureus*, *14*(2), 221-235. https://doi.org/10.7759/cureus.22119

Kivimäki, M., Kuosma, E., Ferrie, J. E., Luukkonen, R., Nyberg, S. T., Alfredsson, L., Batty, G. D., Brunner, E. J., Fransson, E., Goldberg, M., Knutsson, A., Koskenvuo, M., Nordin, M., Oksanen, T., Pentti, J., Rugulies, R., Shipley, M. J., Singh-Manoux, A., Steptoe, A., … Jokela, M. (2017). Overweight, obesity, and risk of cardiometabolic multimorbidity: Pooled analysis of individual-level data for 120 813 adults from 16 cohort studies from the USA and Europe. *The Lancet. Public Health*, *2*(6), e277-e285. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30074-9

Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *The Indian Journal of Medical Research*, *148*(5), 648-658. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18

Kurniawan, L. B., Bahrun, U., Hatta, M., & Arif, M. (2018). Body Mass, Total Body Fat Percentage, and Visceral Fat Level Predict Insulin Resistance Better Than Waist Circumference and Body Mass Index in Healthy Young Male Adults in Indonesia. *Journal of Clinical Medicine*, *7*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/jcm7050096

Lebiedowska, A., Hartman-Petrycka, M., & Błońska-Fajfrowska, B. (2021). How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women. *Irish Journal of Medical Science (1971 -)*, *190*(3), 993-998. https://doi.org/10.1007/s11845-020-02403-3

Lee, D. H., Keum, N., Hu, F. B., Orav, E. J., Rimm, E. B., Willett, W. C., & Giovannucci, E. L. (2018). Comparison of the association of predicted fat mass, body mass index, and other obesity indicators with type 2 diabetes risk: Two large prospective studies in US men and women. *European Journal of Epidemiology*, *33*(11), 1113-1123. https://doi.org/10.1007/s10654-018-0433-5

Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pasanisi, F., & Contaldo, F. (2019). Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance

Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media & Molecular Imaging*, *2019*(2), 3548284. https://doi.org/10.1155/2019/3548284

Mesa, J., & Falcón, E. (2017). Guías ALAD sobre el Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con Medicina Basada en Evidencia Edición 2019. *Revista ALAD*, *2*(2), 25-32. https://www.revistaalad.com/guias/5600AX191_guias_alad_2019.pdf

Moonen, H. P. F. X., & Van Zanten, A. R. H. (2021). Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness. *Current Opinion in Critical Care*, *27*(4), 344-353. https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000840

Mundi, M. S., Patel, J. J., & Martindale, R. (2019). Body Composition Technology: Implications for the ICU. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, *34*(1), 48-58. https://doi.org/10.1002/ncp.10230

Neeland, I. J., Ayers, C. R., Rohatgi, A. K., Turer, A. T., Berry, J. D., Das, S. R., Vega, G. L., Khera, A., McGuire, D. K., Grundy, S. M., & de Lemos, J. A. (2013). Associations of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with markers of cardiac and metabolic risk in obese adults. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *21*(9), E439-447. https://doi.org/10.1002/oby.20135

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement:

An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pluta, W., Dudzińska, W., & Lubkowska, A. (2022). Metabolic Obesity in People with Normal Body Weight (MONW)—Review of Diagnostic Criteria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/ijerph19020624

Prentice, A. M., & Jebb, S. A. (2001). Beyond body mass index. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *2*(3), 141-147. https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x

Rahal, L. (2023). Methods and Interests of Bioelectric Impedance in Medical Practice. *Physical Sciences Forum*, *6*(1), Article 1. https://doi.org/10.3390/psf2023006003

Sahakyan, K. R., Somers, V. K., Rodriguez-Escudero, J. P., Hodge, D. O., Carter, R. E., Sochor, O., Coutinho, T., Jensen, M. D., Roger, V. L., Singh, P., & Lopez-Jimenez, F. (2015). Normal-Weight Central Obesity: Implications for Total and Cardiovascular Mortality. *Annals of Internal Medicine*, *163*(11), 827-835. https://doi.org/10.7326/M14-2525

Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology. (2023). *Checklists*. STROBE. https://www.strobe-statement.org/checklists/

Tchernof, A., & Després, J.-P. (2013). Pathophysiology of human visceral obesity: An update. *Physiological Reviews*, *93*(1), 359-404. https://doi.org/10.1152/physrev.00033.2011

Thomas, E. L., Fitzpatrick, J. A., Malik, S. J., Taylor-Robinson, S. D., & Bell, J. D. (2013). Whole body fat: Content and distribution. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, *73*(2), 56-80. https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2013.04.001

Vera-Ponce, V. J., Guerra, J. V., Torres-Malca, J. R., Zuzunaga-Montoya, F. E., Loayza-Castro, J. A., Guillen, N. R. P., Zenas-Trujillo, G. Z., Valladares-Garrido, M. J., Ramos, W. C. M., & Cruz-Vargas, J. A. D. L. (2023). Metabolically Obese Normal-Weight Phenotype as a Risk Factor for High Blood Pressure: A Five-Year Cohort. *Journal of Endocrinology and Metabolism*, *13*(1), Article 1. https://doi.org/10.14740/jem.v13i1.855

Wang, N., Sun, Y., Zhang, H., Chen, C., Wang, Y., Zhang, J., Xia, F., Benedict, C., Tan, X., & Lu, Y. (2021). Total and regional fat-to-muscle mass ratio measured by bioelectrical impedance and risk of incident type 2 diabetes. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *12*(6), 2154-2162. https://doi.org/10.1002/jcsm.12822

Wang, Z. M., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *56*(1), 19-28. https://doi.org/10.1093/ajcn/56.1.19

Ward, L. C., & Brantlov, S. (2023). Bioimpedance basics and phase angle fundamentals. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, *24*(3), 381-391. https://doi.org/10.1007/s11154-022-09780-3

Xu, S., Ming, J., Jia, A., Yu, X., Cai, J., Jing, C., Liu, C., & Ji, Q. (2021). Normal weight obesity and the risk of diabetes in Chinese people: A 9-year population-based cohort study. *Scientific Reports*, *11*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85573-z

Zhang, S., Jiang, H., Wang, L., Jia, X., Zhang, J., Wang, H., Zhang, B., Wang, Z., & Ding, G. (2022). Longitudinal relationship between body fat percentage and risk of type 2 diabetes in Chinese adults: Evidence from the China Health and Nutrition Survey. *Frontiers in Public Health*, *10*(1), 103-115. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1032130

Zhao, T., Lin, Z., Zhu, H., Wang, C., & Jia, W. (2017). Impact of body fat percentage change on future diabetes in subjects with normal glucose tolerance. *IUBMB Life*, *69*(12), 947-955. https://doi.org/10.1002/iub.1693

Anexos

Anexo 1. Análisis de calidad de los artículos (STROBE)

Item		**Descripción**	**Baker, 2019**	**Chen, 2020**	**Escobedo, 2020**	**Kurniwian, 2018**	**Wang, 2021**	**Xu, 2021**	**Zhang, 2022**	**Zhao, 2017**
Título y resumen	1	(a) Indica, en el título o en el resumen, el diseño del estudio con un término habitual	1	1	1	1	1	1	1	1
		(b) Proporciona en el resumen una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado								
Introducción	2	Explica las razones y el fundamento científicos de la investigación que se comunica	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	Indica los objetivos específicos, incluida cualquier hipótesis preespecificada	1	1	1	1	1	1	1	1
Metodología	4	Presente al principio del documento los elementos clave del	1	1	1	1	1	1	1	1

		diseño del estudio								
	5	Describa el marco, los lugares y las fechas relevantes, incluido los períodos de reclutamiento, exposición, seguimiento yrecogida de datos	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	(a) Estudios de casos y controles: proporciona los criterios de elegibilidad así como las fuentes y el proceso diagnóstico de loscasos y el de selección de los controles. Proporciona las razones para la elección de casos y controles. (b) Estudios de casos y controles: en los estudios apareados, proporcione los criterios para la formación de las parejas y elnúmero de controles por cada caso	1	0	1	1	0	1	0	0
	7	Variables: Define claramente todas las variables: de respuesta, exposiciones, predictoras,	1	1	1	1	1	1	1	1

		confusoras y modificacoras del efecto.Si procede, proporcione los criterios diagnósticos								
	8	Fuente de datos: Para cada variable de interés, proporcione las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida).Si hubiera más de un grupo, especifique la comparabilida d de los procesos de medida	1	1	1	1	1	1	1	1
	9	Sesgo: Especifica todas las medidas adoptadas para afrontar fuentes potenciales de sesgo	1	1	0	0	1	0	1	1
	10	Muestra: Explicacómo se determinó el tamaño muestral	1	0	1	1	1	1	1	1
	11	Variables cuantitativas: Explica cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis. Si procede, explique qué grupos se definieron y por qué	1	1	1	1	1	1	1	1
	12	Métodos estadísticos: Especifique	1	1	1	1	1	1	1	1

		todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión								
Resultados	13	Participantes: a) Describe el número de participantes en cada fase del estudio; por ejemplo: cifras de los participantes potencialmente elegibles, los analizados para ser incluidos, los confirmados elegibles, los incluidos en el estudio, los que tuvieron un seguimientocompleto y los analizados(b) Describe las razones de la pérdida de participantes en cada fase(c) Considera el uso de un diagrama de flujo	1	1	1	1	1	1	1	1
	14	Datos descriptivos: (a) Describe las características de los participantes en el estudio (demográficas, clínicas, sociales) y la informaciónsobre las exposiciones y	1	1	1	1	1	1	1	1

		los posibles factores de confusión(b) Indica el número de participantes con datos ausentes en cada variable de interés								
	15	Datos para resultados: Describa el número de participantes en cada categoría de exposición, o bien proporcione medidasresumen de exposición	1	1	1	1	1	1	1	1
	16	Resultados por importancia: (a) Proporciona estimaciones no ajustadas y, si procede, ajustadas por factores de confusión, así como su precisión(IC 95%). Especifica los factores de confusión por los que se ajusta y las razones para incluirlos(b) Si categoriza variables continuas, describe los límites de los intervalos	1	1	1	1	1	1	1	1
	17	Otros análisis: Describe otros análisis efectuados (de subgrupos,	1	1	1	1	1	1	1	1

		interacciones o sensibilidad								
Discusión	18	Resultados principales: Resume los resultados principales de los objetivos del estudio	1	1	1	1	1	1	1	1
	19	Limitaciones: Discute las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta posibles fuentes de sesgo o de imprecisión. Razona tanto sobrela dirección como sobre la magnitud de cualquier posible sesgo	1	1	0	0	1	0	1	0
	20	Interpretación: Proporciona una interpretación global prudente de los resultados considerando objetivos, limitaciones, multiplicidadd e análisis, resultados de estudios similares y otras pruebas empíricas relevantes	1	1	1	1	1	1	1	1
	21	Generalización : Discuta la posibilidad de generalizar los resultados (validez externa)	1	1	1	1	1	1	1	1
Otra información	22	Financiamiento: Especifica la financiación y el papel de los	0	1	1	1	1	1	1	1

		patrocinadores del estudio y, si procede, del estudio previo en el que se basa elpresente artículo								
		Total	21	20	20	20	21	20	21	20
		% de cumplimiento	95,5	90,9	90,9	90,9	95,5	90,9	95,5	90,9

Fuente: (*Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology*, 2023)

Anexo 2. Estrategia de búsqueda

Mesh	PUBMED	Cochrane	Google Scholar
(("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus, Type 2"[Mesh]	24	0	6
(("Body Fat Distribution"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus"[Mesh]	21	0	1
(("Body Mass Index"[Mesh]) AND "Body Composition"[Mesh]) AND "Electric Impedance"[Mesh]	627	99	73
(("Body Composition"[Mesh]) OR "Body Mass Index"[Mesh]) AND "Obesity, Abdominal"[Mesh]	2049	216	171
Total (3287)	2721	315	251

Elaboración propia

Eliminados	n
Realizado con pacientes diabéticos	776
Realizado con pacientes pediátricos	106
Utiliza otro método para determinar la composicion corporal, diferente a BIA	461
Analiza riesgo cardiovascular (no de diabetes)	789
Duplicados	38
No relacionados con el tema	1109
Total	**3279**

Elaboración propia