



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN A LA SALUD

LICENCIATURA EN NUTRICIÓN HUMANA

TÍTULO DEL PROYECTO:

Comparación de la composición corporal a través del análisis de Absorciometría Dual de Energía de Rayos X (DXA) y de Impedancia Bioeléctrica en mujeres mayores de 60 años.

LUGAR Y PERIODO DE REALIZACIÓN:

Unidad de Nutrición, Composición Corporal y Gasto de Energía, Edificio G, piso 1 de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

7 de noviembre del 2022 al 7 de mayo de 2023

Nombre y matrícula de la estudiante:

Fernando David de la Merced Sánchez

Número: 2192030954

Asesor Interno

M. en C. María del Consuelo Velázquez Alva
Profesora investigadora titulada C

Departamento de Atención a la Salud

División de Ciencias Biológicas de la Salud

Diciembre 2023

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi familia

que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres y hermana por su apoyo y confianza.

Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos y metas

como persona y estudiante.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios

y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos,

enseñanzas y Amor.

A mi hermana por estar siempre presente,

acompañándome para poderme realizar.

A mi pareja por apoyarme incondicionalmente y ayudarme a ser

una mejor persona y profesionalista.

INDICE TEMÁTICO

Contenido

ABREVIATURAS	05
RESUMEN	06
INTRODUCCIÓN	07
1.Composición corporal.....	07
1.1 Modelos de evaluación de composición	07
1.1.1 Modelo de dos componentes.....	07
1.1.2 Modelo de tres compartimentos.....	07
1.1.3 Modelo de cuatro compartimentos.....	08
1.1.4 Modelo de multi-compartimental.....	08
2. Métodos de estudio de composición corporal.....	11
2.1 Absorciometría Dual de Energía de Rayos X.....	11
2.2 Análisis de Impedancia Bioeléctrica.....	12
3. Cambios en la composición corporal con la edad.....	14
3.1 Cambios en la masa grasa.....	14
3.2 Cambios en la masa magra.....	14
4. Obtención de los tejidos por ambos métodos de estudio de composición corporal.....	15
4.1 Obtención mediante Absorciometría Dual de Energía de Rayos X.....	15
4.2 Obtención mediante Análisis de Impedancia Bioeléctrica.....	17
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	21
General.....	21
Específicos.....	21
METODOLOGÍA	22
Diseño de estudio.....	22

Criterios de inclusión.....	22
Criterios de exclusión.....	23
Mediciones antropométricas.....	23
Evaluación de la composición corporal.....	25
RESULTADOS.....	29
DISCUSIÓN.....	39
ACTIVIDADES REALIZADAS.....	41
OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS.....	43
CONCLUSIÓN.....	44
RECOMENDACIONES.....	44
ANEXOS.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ecuaciones de Siri (Siri, W.E., 1961) y de Brozek (Brozek J. y cols., 1963).....	13
Tabla 2: Clasificación del peso según Lipschitz.....	24
Tabla 3: Clasificación del peso en adultos según la OMS.....	24
Tabla 4: Características antropométricas.....	32
Tabla 5: Medias obtenidas entre ambos métodos.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelos de estudio de composición corporal.....	8
Figura 2: Modelo de cinco componentes para el estudio de la composición corporal.....	9
Figura 3: Repercusión en los tipos de fibras musculares con la edad.....	15
Figura 4: Base física de la DXA. li: intensidad inicial; le: intensidad emergente.....	16
Figura 5: Vector de impedancia.....	17
Figura 6: Ley de Ohm.....	18
Figura 7: Posicionamiento de cuerpo entero DXA.....	26
Figura 8: Posicionamiento de cuerpo entero para la medición de BIA.....	27

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Población de estudio.....	29
Gráfico 2: Estado civil de las participantes.....	30
Gráfico 3: Grado de escolaridad de las participantes.....	31
Gráfico 4: Prevalencia de diabetes e hipertensión.....	31
Gráfico 5: Clasificación del índice de masa corporal de acuerdo con criterios de la OMS.....	33
Gráfico 6: Gráfico de concordancia del porcentaje de grasa corporal (BF%) estimado por DXA y BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).....	36
Gráfico 7: Gráfico de concordancia del porcentaje de grasa estimado por DXA y BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).....	37
Gráfico 8: Gráfico de concordancia de masa magra por DXA y masa muscular esquelética BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).....	38

Abreviaturas

- **ACT** = Agua corporal total
- **BIA** = Análisis de Impedancia Bioeléctrica
- **BMC** = Bone Mineral Content / Contenido Mineral Óseo
- **CC** = Composición corporal
- **DMO** = Densidad Mineral Ósea
- **DXA** = Absorciometría dual de energía rayos x
- **FFM** = Fat Free Mass / Masa libre de grasa
- **FM** = Fat Mass / Masa grasa
- **IC** = Intervalo de confianza
- **IMC** = Índice de Masa Corporal
- **IMMA** = Índice de Masa Apendicular
- **LM**: Lean Mass / Masa magra
- **LMT** = Lean Mass Tissue / Masa magra total
- **SMM** = Skeletal Muscle Mass / Masa músculo esqueletica
- **UH** = Unidades Hounsfield
- **XC** = Reactancia
- **Z** = Impedancia

Resumen

El proceso de envejecimiento conlleva cambios a nivel de la composición corporal (CC), principalmente por la disminución masa muscular y aumento de masa grasa, lo que repercute en su calidad de vida. Existen varias técnicas para el estudio de la composición corporal, entre los que encuentran basados en imagen y que son indirectos, como la Absorciometría dual de energía de rayos X (DXA) y los doblemente indirectos que se basan en ecuaciones de predicción, como el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA). Ambas técnicas han sido utilizadas y comparadas para la evaluación de la CC en población mayor de 60 años. Objetivo: Evaluar y comparar el porcentaje de grasa y la masa magre en un grupo de mujeres activas mayores de 60 años; a través de DXA como método de referencia y el equipo BIA (Inbody 720). Métodos: Se obtuvieron mediciones antropométricas y se midió la composición corporal por DXA y BIA para su comparación, a través de análisis de varianza y de coeficiente de correlación. Resultados: Participaron un total de 142 mujeres mayores cuya edad promedio fue de 69.7 ± 7.0 años. El valor promedio de su peso y estatura fue 63.9 ± 11.8 Kg y 153.2 ± 5.8 cm respectivamente El valor promedio de IMC fue de 27.1 ± 4.0 kg/m². El valor promedio del porcentaje de grasa por BIA y DXA fue de: $40.9 \pm 5.9\%$ y $43.8 \pm 4.8\%$ respectivamente, con un coeficiente de correlación de 0.88, $p < 0.0001$. Con respecto al valor promedio de la masa magra por BIA y DXA, éste fue de 19.9 ± 3.3 kg y 33.3 ± 4.2 kg respectivamente, con un coeficiente de correlación de 0.86 $p < 0.0001$. Conclusión: BIA tiende a subestimar el porcentaje de grasa con referencia a DXA. Inversamente, el valor de masa magra fue sobreestimado con referencia a DXA.

Introducción

1. Composición corporal

De acuerdo con la definición de Wang et al, la composición corporal es parte de la biología humana que estudia la cuantificación *in vivo* de los componentes que constituyen el cuerpo humano, así como de los cambios cuantitativos provocados por diversos factores, como hábitos alimenticios, actividad física, edad, estilo de vida sedentario, etc (1).

Para el estudio de la composición corporal se utilizan métodos objetivos que brindan información del estado nutricional y la capacidad funcional del cuerpo humano, además de ser útil para describir el crecimiento y desarrollo desde el nacimiento hasta el envejecimiento(2).

3.2 Modelos de evaluación de composición corporal

Los diversos métodos disponibles para evaluar la composición corporal se basan en modelos de dos compartimentos, tres compartimentos, cuatro compartimentos o modelos multi-compartimentales (2).

1.1.1 Modelo de dos componentes

El modelo de dos componentes o bicompartimental es el enfoque más simple del estudio de la composición corporal, el cual divide al cuerpo en masa grasa (FM, por sus siglas en inglés: Fat Mass) y la masa libre de grasa (FFM, por sus siglas en inglés: Fat Free Mass) que incluye el agua corporal total, minerales óseos y proteínas (Figura 1)(2).

La FM anhidra tiene una densidad supuesta de $0,9007 \text{ g/cm}^3$, mientras que la FFM tiene una densidad de $1,1000 \text{ g/cm}^3$ y un contenido de agua del 73,72 %. La hidrodensitometría, la pletismografía por desplazamiento de volumen (aire) y la hidrometría son los principales métodos basados en este modelo (2).

1.1.2 Modelo de tres compartimientos

El modelo de tres componentes toma en cuenta la FM y la FFM, sin embargo, subdivide la FFM en masa de tejido magro (LMT, por sus siglas en inglés: Lean Mass Tissue) y en contenido mineral óseo (BMC, por sus siglas en inglés: Bone Mineral Content). Además, el

modelo de tres compartimientos controla la variación interindividual en la hidratación de FFM. La técnica clara de medición de este modelo es la Absorciometría dual de energía rayos x (DXA), que se basa en la transmisión de rayos X de alta y baja energía a través del cuerpo (Figura 1) (2).

1.1.3 Modelo de cuatro compartimientos

El modelo de cuatro compartimientos de composición corporal se obtiene combinando varios métodos para dividir la masa corporal en grasas, minerales, densidad mineral ósea y proteínas, eliminando la necesidad de hacer suposiciones sobre la proporción relativa de estos constituyentes en el cuerpo (Figura 1). Dado que el modelo de cuatro compartimientos controla la variabilidad biológica tanto en el mineral óseo como en el agua corporal total, en teoría es más válido que el modelo de tres compartimientos. La dilución isotópica con óxido de deuterio (D2O) y el BOD-POD se basan en este modelo(2).

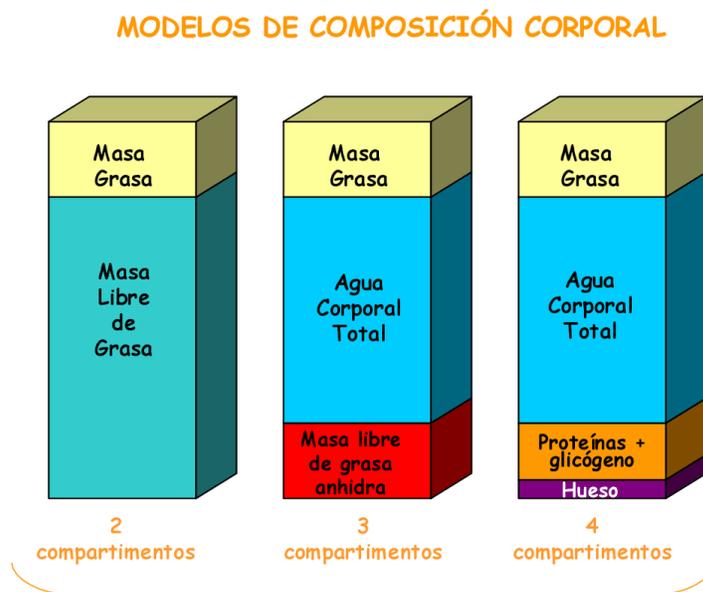


Figura 1: Modelos de estudio de composición corporal. Tomada de Bulló, M. (3)

1.1.4 Modelo multicompartmental

El modelo multicompartmental o mejor conocido como modelo de cinco componentes, fue desarrollado por Wang, et al. En 1992, en el que se divide al cuerpo humano en cinco

niveles para su estudio, donde se considera a la masa corporal como la sumatoria de todos los componentes a escala atómica, molecular, celular, tisular y en la totalidad del cuerpo humano (Figura 1) (4).

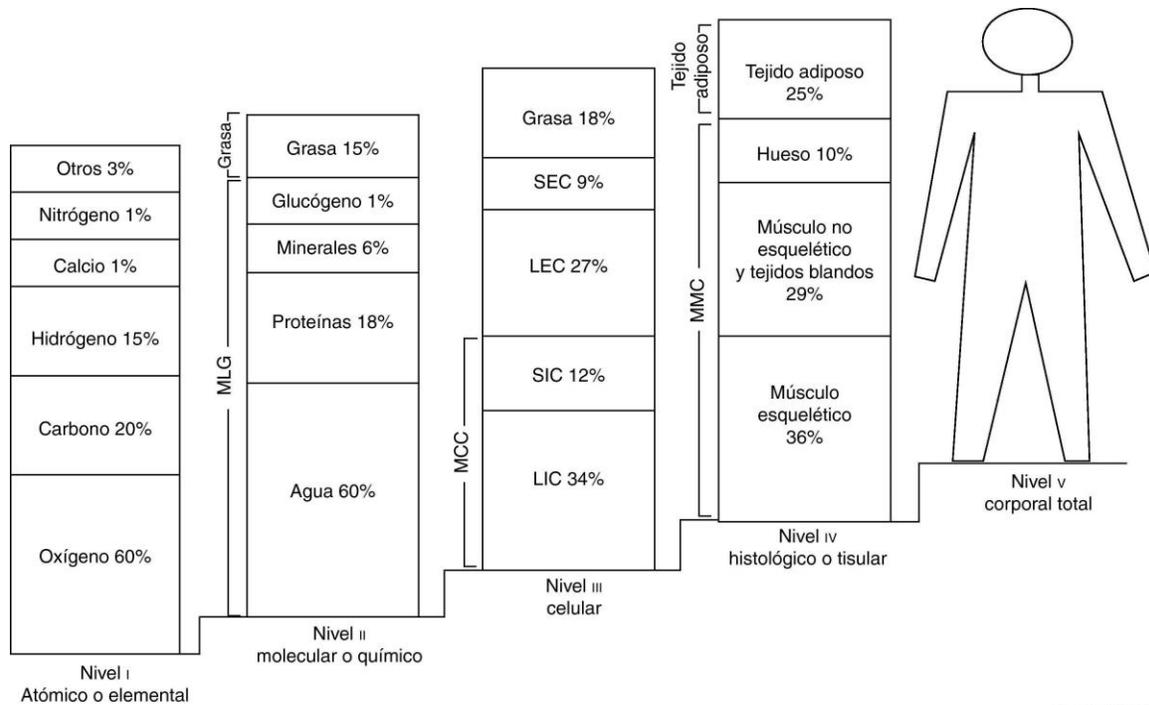


Figura 2: Modelo de cinco componentes para el estudio de la composición corporal. Tomada de Wang, et al (4).

- **Nivel atómico**

El cuerpo humano está formado principalmente por 11 elementos que son responsables de más del 99% de su peso total. Entre los que se encuentran en mayor proporción en tejidos y órganos son: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, cloro, sodio y magnesio. Dichos elementos son la base para la reconstrucción a nivel molecular (5).

- **Nivel molecular**

Los 11 elementos principales y los elementos traza adicionales que se encuentran en escasa cantidad se combinan para formar compuestos químicos que se agrupan en las

categorías del nivel molecular. Los principales componentes de este nivel son el agua, los lípidos, proteínas, minerales y carbohidratos. Estos componentes están representados por la masa magra (agua, proteínas y minerales) y otros compuestos no grasos que están presentes en cantidades más pequeñas (5).

- **Nivel celular**

En el cuerpo humano existen tres principales componentes: la masa celular, líquidos y sólidos extracelulares. En los adipocitos se almacenan los triglicéridos, que son almacenados y que se excluyen de la estimación de la “masa celular corporal”, término que se refiere a la porción protoplásmica activa de las células. Por ello, este nivel se considera compuesto por grasa, masa celular corporal, líquidos y sólidos extracelulares. Tanto la masa celular corporal como la masa magra, a nivel molecular, se utilizan con frecuencia en estudios de investigación como medida de la masa tisular metabólicamente activa (5).

- **Tejidos-sistemas**

Sus principales componentes son el tejido adiposo, el músculo esquelético, el hueso y los órganos vitales (ejemplo: hígado, riñones, corazón, etc.). El tejido adiposo incluye a los adipocitos con fibras de colágeno, fibroblastos, capilares y líquido extracelular. Existen cuatro tipos de tejido adiposo: subcutáneo, visceral, intersticial, y medular óseo. Al igual que en otros niveles, los componentes se agrupan en compartimentos metabólicamente activos como “masa corporal libre de tejido adiposo (5).

- **Cuerpo total**

El nivel corporal total incluye características del cuerpo como la masa y densidad corporales, estatura, resistencias, perímetros, pliegues cutáneos. Gran parte de los trabajos de campo se realizan a este nivel de estudio. La importancia de conocer estos modelos radica en que los métodos de medición se basan en ellos y se hallan influenciados por las suposiciones que cada uno de dichos modelos asume (5).

2. Métodos de estudio de la composición corporal

2.1 Absorciometría dual de energía de rayos X (DXA)

DXA es una técnica que se encuentra dentro de los métodos indirectos para la evaluación de la composición corporal, y que son aquellos que no realizan manipulación de los tejidos que son analizados, por lo que se realizan *in vivo*. Estos métodos son validados a partir del método directo o de la densitometría y posibilitan medir/estimar los tejidos corporales. A pesar de tener una elevada confiabilidad; desafortunadamente estos métodos indirectos siguen siendo poco accesibles, limitados y con elevado costo financiero (6).

Entre los métodos que se destacan en esta clasificación se encuentran: la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), Absorciometría dual de rayos X (DXA) y la plestimografía de desplazamiento de volumen; que fundamentalmente, a excepción de DXA se utilizan más con fines de investigación clínica (7).

DXA se utiliza para medir diferentes parámetros de la composición corporal como la masa magra, la masa grasa y la densidad mineral ósea (DMO), por lo tanto, con el uso de esta técnica se puede realizar un diagnóstico más preciso de obesidad (Porcentaje/Gramos de tejido grasa), sarcopenia (Índice de masa muscular esquelética apendicular) y osteopenia u osteoporosis (T-Score de la DMO). Por lo que actualmente DXA es considerada una técnica estándar de oro y método de referencia en el estudio de la composición corporal en investigación clínica (7).

DXA estima la composición corporal mediante la atenuación de fotones. Cuando los fotones atraviesan los tejidos son absorbidos o diseminados por el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton. Este último consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. La frecuencia o la longitud de onda de la radiación dispersada dependen de la dirección de la dispersión. En general el efecto de atenuación de fotones desciende al aumentar la energía del fotón teniendo como resultado la distinción de tres componentes principales: masa grasa, masa magra y la masa mineral esquelética (7).

2.2 Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

BIA (Por sus siglas en inglés: Bioelectrical Impedance Analysis) es una técnica que forma parte de los métodos considerados doblemente indirectos para el análisis de la composición corporal *in vivo* y en general, los diferentes equipos deben ser validados de acuerdo con los métodos indirectos (7).

Los métodos doblemente indirectos como la antropometría y el análisis de la impedancia bioeléctrica se siguen utilizando debido a su sencillez, seguridad y facilidad de interpretación. Sin embargo, como ya se mencionó previamente los equipos de BIA deben de ser validados para saber si presentan una mejor aplicación práctica vs métodos indirectos como DXA. Pese a su menor costo financiero, su validación no debe de pasarse por alto ya que se pueden obtener resultados incorrectos tanto en estudios epidemiológicos como clínicos (7).

La impedancia bioeléctrica es un método simple, no invasivo y de bajo costo, que se fundamenta en la conductividad eléctrica a través del agua total del cuerpo y que varía de acuerdo con los diferentes compartimentos. Se emite una pequeña corriente eléctrica alterna inocua con una bajo poder medido en amperes que es muy bajo (casi imperceptible). Esta técnica se basa en ecuaciones de predicción previamente obtenidas a través del peso bajo el agua y que la mayoría de los software las utilizan, y las más conocidas son las ecuaciones de Siri y de Brozek para la obtención de la masa grasa y por ende de la masa libre de grasa y de acuerdo con el valor de la resistencia eléctrica el volumen corporal total que representa el agua(7).

La masa libre de grasa por su elevada concentración de agua y electrólitos con carga positiva (sodio y potasio) actúa como un buen tejido de conducción eléctrica, y en contraparte, la masa grasa no conduce la corriente eléctrica. Por lo tanto, la impedancia (resistencia) es directamente proporcional a la cantidad de grasa corporal (7).

BIA es un método seguro y sin efectos adversos conocidos, sin embargo, existen ciertos factores que puede generar errores al no considerar primero su validación y otros factores como el nivel de hidratación de los sujetos, la edad, el sexo y el grupo étnico al que se pertenece (7).

- **Ecuación de Siri y Brozek**

En la actualidad existen escasa ecuaciones antropométricas validadas para la población latinoamericana, ya que estas tienen que mostrar altos índices de correlación ($R > 0.6$) y tener un error estándar de estimación menor al 5% mediante otros métodos de estudio de composición corporal (DXA, pletismografía y BIA). Sin embargo, debido a las diferencias biológicas, culturales y étnicas, para que dichas ecuaciones tengan la sensibilidad y precisión adecuadas estas deben ser específicas para cada población (8).

Existen distintas ecuaciones para estimar el porcentaje de grasa de masa grasa a partir de la densidad corporal, entre las más conocidas están las ecuaciones de Siri (1961) y Brozek (1963), ambas ecuaciones están basadas en el modelo bicompartimental. La ecuación de Siri utiliza la densidad estimada de la masa libre de grasa, mientras que la de Brozek utiliza un cuerpo de referencia de composición y densidad específica, además de evitar estimar la densidad de la masa libre de grasa (9).

La ecuación de Siri supone que la densidad de la masa magra y masa grasa son de 1.1 y 0.901 g/cm³, respectivamente, en tanto que los valores asignados a estos componentes según la fórmula de Brozek es de 1.1033 g/cm³ para la masa magra y de 0.88876 gr./cm³ para la masa grasa (10).

Siri (1961)	Brozek (1963)
Porcentaje de grasa	Porcentaje de grasa
$\left(\frac{4.95 - 4.50}{Dc} \right) \times 100$	$\left(\frac{4.57 - 4.124}{Dc} \right) \times 100$

Tabla 1: Ecuaciones de Siri (Siri, W.E., 1961) y de Brozek (Brozek J. y cols., 1963).
Tomada de Sáez Madain P (10).

3. Cambios en la composición corporal con la edad

El envejecimiento del cuerpo humano conlleva varios cambios en la composición corporal, como la pérdida de la masa muscular, el aumento de la grasa corporal y la infiltración de grasa en el músculo, este último está relacionado con la disminución de la funcionalidad en grupos de mayor edad (11).

3.1 Cambios en la masa grasa

El proceso de envejecimiento conlleva consigo cambios en la redistribución de la masa grasa, lo que resulta en un aumento general de la grasa del tronco (principalmente grasa abdominal), una reducción de la grasa apendicular (principalmente grasa subcutánea) y un aumento de la grasa visceral (alrededor de los órganos internos). Además, la masa grasa tiende a aumentar con la edad debido a la reducción de actividad física y modificaciones en la síntesis de testosterona y hormona de crecimiento que afectan a su vez el anabolismo del tejido muscular, teniendo un aumento anual de 0.3 y 0.4 kg para hombres y mujeres respectivamente.

3.2 Cambios en la masa magra

Paralelamente al aumento de la masa grasa asociado al envejecimiento, se produce un descenso de la masa magra (Músculo, piel, órganos y hueso) y la fuerza muscular a partir de los 30 años, en donde se alcanza su punto máximo, sin embargo, la pérdida de la masa muscular absoluta no comienza a descender hasta la quinta década de vida, dicha pérdida se ve más reflejada en las extremidades inferiores que en las superiores. La disminución de la masa magra y fuerza es más pronunciada en hombres que en mujeres, se estiman que el porcentaje de pérdida se encuentra entre un 0,5 y un 2% por año, atribuyendo la reducción principalmente al descenso del número de fibras musculares de torsión rápida (Fibras tipo II) que de torsión lenta (Fibras tipo I) (Figura 3). Además de observarse una disminución de las unidades motoras y del flujo sanguíneo. Todos estos cambios se traducen en una menor capacidad del músculo para generar fuerza y movilidad (12,13).

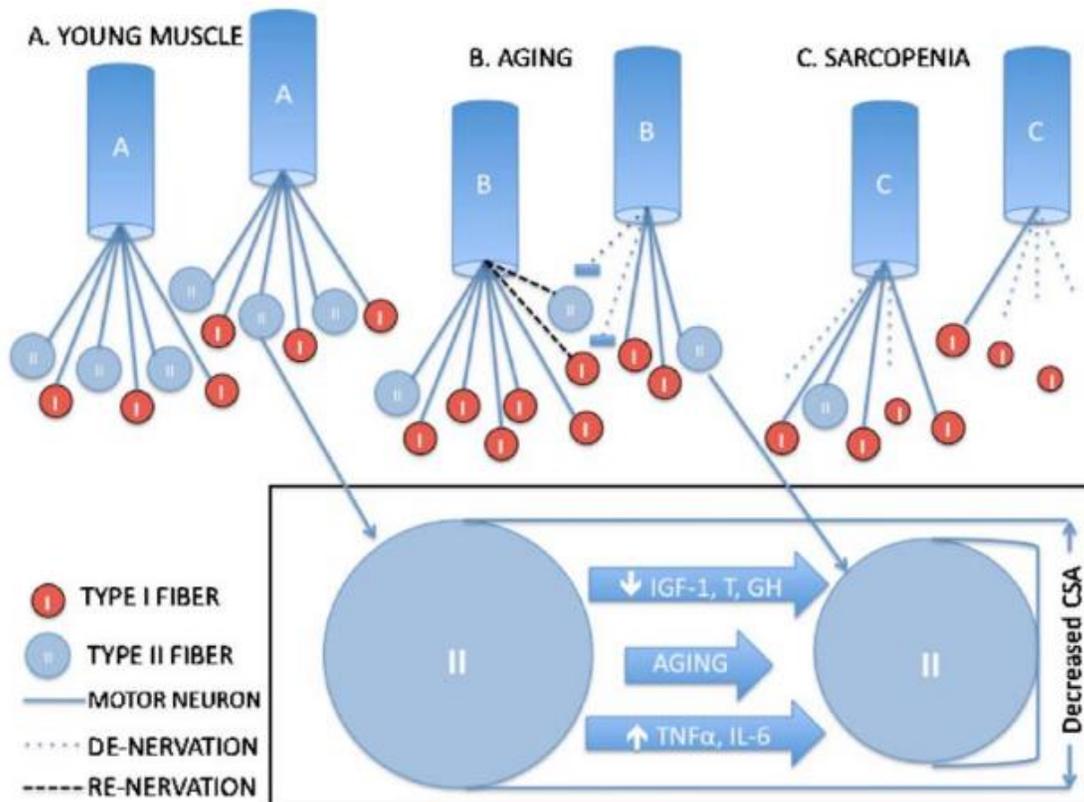


Figura 3: Repercusión en los tipos de fibras musculares con la edad. Tomado de Lang, T. et al (14)

4. Obtención de los tejidos por ambos métodos de estudio de composición corporal

4.1 Obtención mediante Absorciometría dual de energía de rayos X

Como se mencionó anteriormente, el principio por el cual se basa DXA es mediante la atenuación de fotones de rayos x, los cuales son absorbidos o diseminados por los tejidos, haciendo que el fotón de rayos x choque con un electro libre, perdiendo parte de su energía (Figura 4). En base a esto, DXA realiza estimaciones a partir de las diferentes atenuaciones que sufre un haz de rayos X de doble energía al atravesar los diferentes componentes óseos y tejidos blandos. Sin embargo, DXA estima tres compartimentos: masa mineral ósea, masa grasa y masa de tejido blando no óseo (15,16).

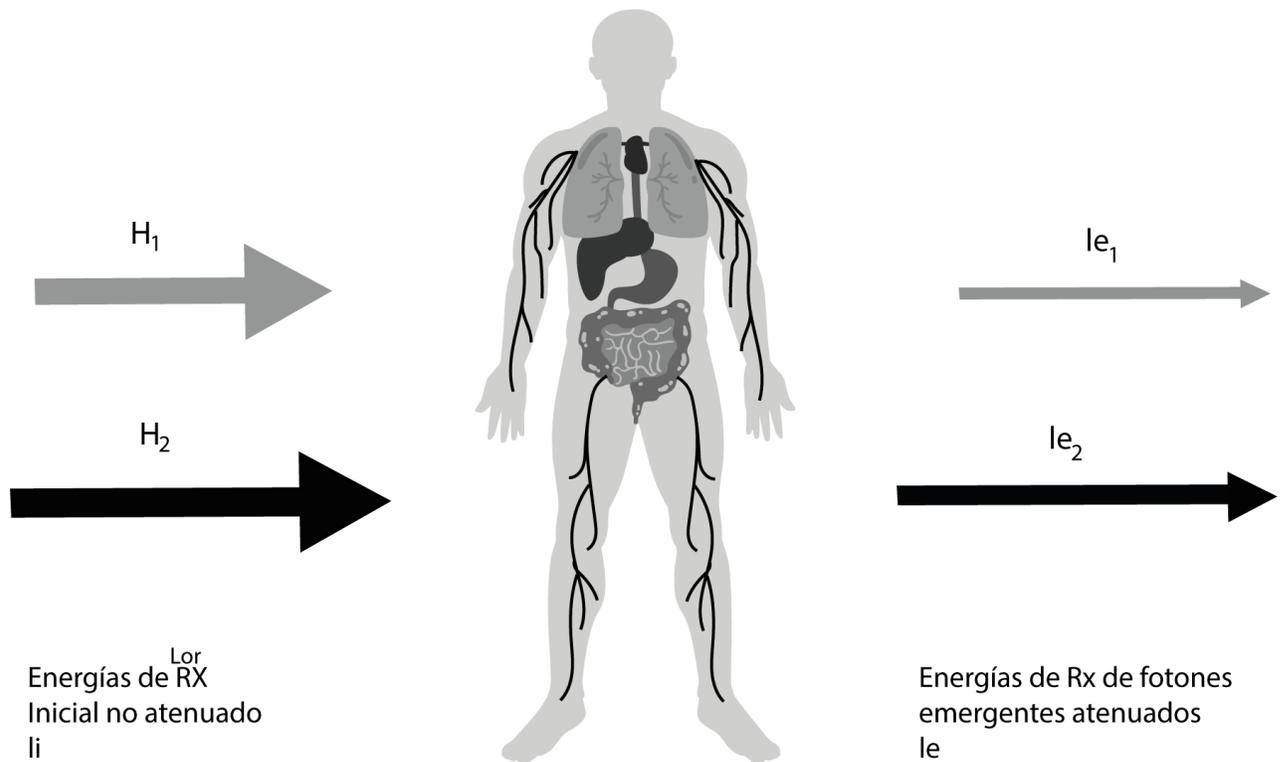


Figura 4: Base física de la DXA. I_i : intensidad inicial; I_e : intensidad emergente. Tomada de Bellido Guerrero D, et al (16)

El componente graso de los tejidos blandos es estimado a partir de la variación del cociente de atenuación de los tejidos blandos entre los niveles de energía más bajos y los más elevados; basado en las constantes de atenuación para la grasa pura (Valores negativos alrededor de -100 Unidades Hounsfield, UH) y el tejido magro no óseo (10 a 40 UH) mediante la medición de elementos químicos de ambos tejidos mediante análisis de activación de neutrones (16–18).

Las constantes de atenuación son prácticamente invariables entre los diferentes tejidos, por lo que la variación en el cociente de los coeficientes de atenuación a diferentes niveles de energía reflejará la cantidad de grasa en cada píxel de tejido blando analizado (16).

4.2 Obtención mediante análisis de Impedancia bioeléctrica

Anteriormente se mencionó el principio por el cual trabaja BIA para la estimación de la composición corporal, mediante la medición de la respuesta eléctrica del cuerpo humano y sus tejidos al paso de una corriente alterna de baja intensidad, siendo imperceptible para nuestro organismo (19).

BIA registra la impedancia (Z), siendo la oposición de un conductor al paso de a corriente eléctrica alterna, la cual se determina con relación a los vectores de la resistencia R que es la oposición del paso de la corriente por las soluciones electrolíticas intra y extracelulares. El segundo vector es la reactancia (X_c), el cual es el retraso en el paso de la corriente debido a la acción de las membranas celulares (19,20).

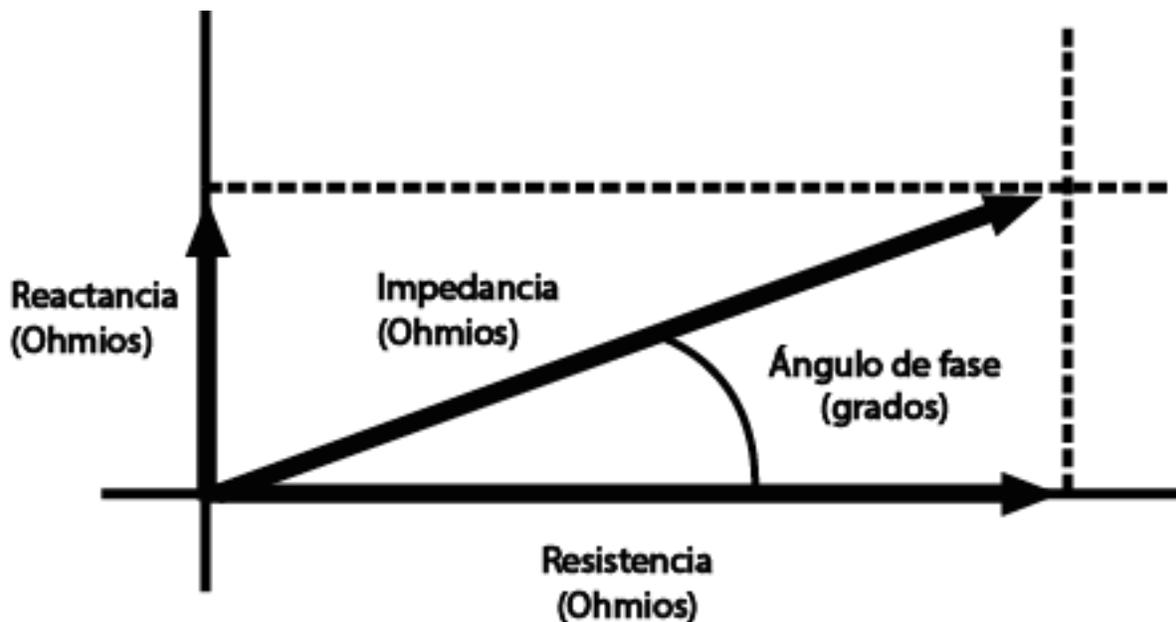


Figura 5: Vector de impedancia. Tomada de Alias J (19).

Los tejidos que tienen mayor contenido de agua y electrolitos, como la masa libre de grasa, son buenos conductores de la corriente eléctrica, lo cual produce una menor impedancia. Por otro lado, los tejidos con menor porcentaje de grasa como el tejido óseo y adiposo presentan una mayor impedancia (19).

El análisis de la BIA convencional permite estimar el volumen de los fluidos corporales a partir de parámetros bioeléctricos registrados en el análisis de bioimpedancia, basado en la ley de Ohm, la cual establece que la oposición de la corriente producida por un conductor cilíndrico homogéneo (Cuerpo entero o un segmento) es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a la superficie de la sección. BIA permite calcular volúmenes y masas corporales a partir de modelos predictivos, donde L/Z y L^2/R son la base para predecir el agua corporal total (ACT) y, por extensión, la MLG, asumiendo una hidratación constante. Restando la masa libre de grasa del peso corporal total, se estima la masa grasa (19).

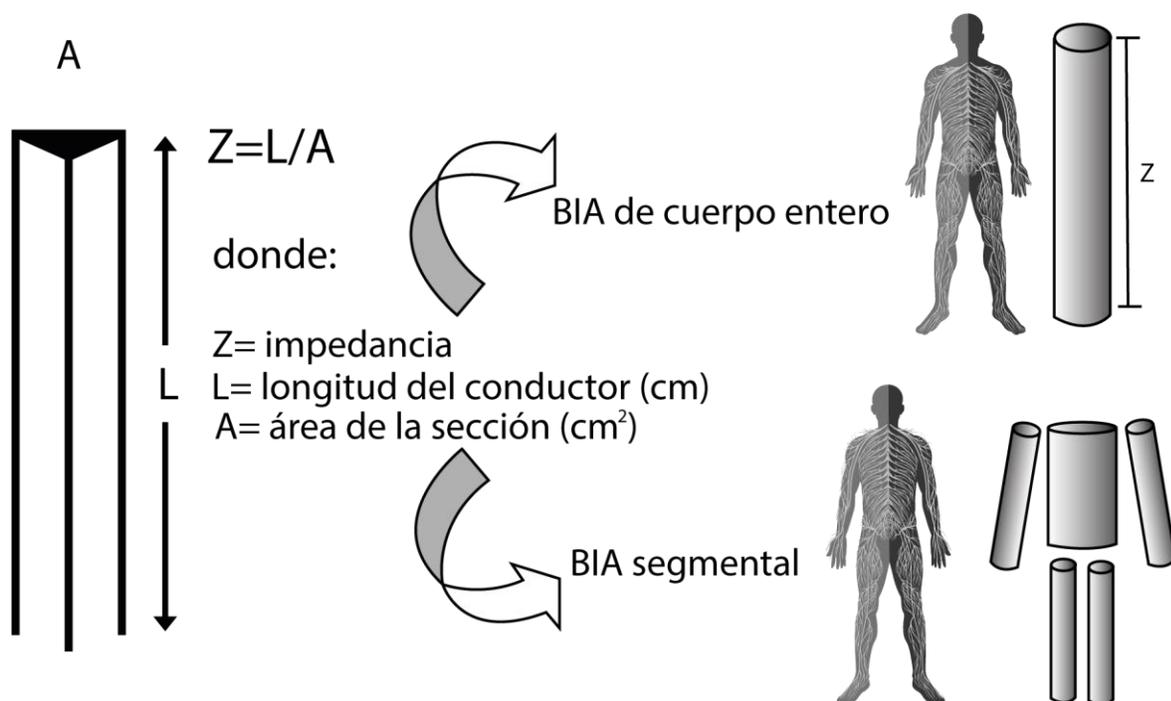


Figura 6: Ley de Ohm. Tomada de Alias J (19).

Para garantizar la validez de las estimaciones se requiere que el sujeto se encuentre en una situación de estabilidad metabólica, sin alteraciones hidroelectrolíticas ni cambios bruscos en el contenido hídrico, además que los modelos predictivos se adecúen a la población estudiada (19).

Justificación

De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud, para el año 2030, una de cada seis personas en el mundo tendrá más 60 años; por ende, la población de adultos mayores aumentara de mil millones en 2020 a 1,400 millones, debido a que la esperanza de vida se ha prolongado a más de 60 años. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, el envejecimiento es resultado de la acumulación de daños moleculares, celulares, tisulares y orgánicos a lo largo del tiempo, lo cual provoca un descenso gradual de la capacidad física y mental (21).

A través del proceso del envejecimiento, se presentan paulatinamente cambios en la composición corporal, entre los que se destaca el incremento del masa grasa o tejido adiposo y el descenso de la masa magra; específicamente de la masa muscular (Índice de masa muscular apendicular, IMMA) lo cual tiene como consecuencia que las personas puedan llegar a ser obesas y tener sarcopenia; todo lo cual, tiene como resultado una disminución de la calidad de vida, un mayor grado de dependencia y un riesgo aumentado de mortalidad (22).

En la actualidad, existen diversos métodos para la determinación de la composición corporal; los cuales se dividen en métodos directos, indirectos y doblemente indirectos. Dentro de los métodos directos se cuenta con la resonancia magnética nuclear y la tomografía computarizada, sin embargo, ambos son muy costosos. En los métodos indirectos se cuenta con la técnica de Absorciometría Dual de Rayos X (DXA) así como la pletismografía de desplazamiento de aire, aunque su accesibilidad puede ser restringida. Finalmente, en los métodos doblemente indirectos se cuenta con el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) que se fundamenta en propiedades biofísicas del organismo y se basa en la aplicación de ecuaciones de predicción (23). BIA a su vez, se fundamenta en la oposición de las células, tejidos y líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica alterna para la obtención de dos variables que son la resistencia y la reactancia, con las cuales se pueden obtener valores de vectores de impedancia y del ángulo de fase (24).

La masa magra contiene la mayor cantidad de fluidos y electrolitos corporales, lo que la hace ser un buen conductor eléctrico (baja impedancia u oposición), mientras que la masa grasa actúa como un aislante (alta impedancia) (25).

Por otro lado, DXA se basa en la absorción de rayos X por los diferentes componentes del organismo, empleando fotones de rayos X de alta y baja energía,

diferenciando estructuras y tejidos del organismo con base en su densidad y su contenido de minerales, lo que permite analizar la composición corporal del cuerpo entero (26,27).

Ambas técnicas han sido utilizadas y comparadas para la evaluación de la composición corporal en mujeres mayores de 60 años, sin embargo, un estudio realizado por Gába A. y colaboradores en 2014, realizaron una comparación entre la impedancia bioeléctrica de una y múltiples frecuencias vs DXA, concluyen que BIA tiende a subestimar el tejido adiposo y sobrestimar masa magra en relación con DXA. BIA de múltiples frecuencias parece ser un método más apropiado para la evaluación de la composición corporal que BIA de una sola frecuencia en mujeres mayores de 60 años con un IMC >30 Kg/m² (28). Otro estudio, realizado por Perna S y colaboradores en 2017, en mujeres mayores de 65 años, concluyo que BIA es una buena alternativa para la estimación de masa magra y tejido adiposo solo en pacientes con sobrepeso u obesidad y en aquellos con buen estado de hidratación (29).

En México existen pocos estudios en los cuales se comparan estas dos técnicas de composición corporal en adultos mayores, por lo que este estudio puede ser de utilidad para recomendar cualquiera de estos métodos.

Objetivos

- **Objetivo General:**

- Evaluar y comparar el estado de la composición corporal en mujeres mayores de 60 años mediante Absorciometría dual de energía de rayos x (DXA) y análisis de impedancia bioeléctrica (BIA).

- **Objetivos específicos:**

- Reportar peso, estatura, Índice de masa corporal y su clasificación de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud.
- Analizar las diferencias que pudieran existir en el compartimiento del porcentaje de la masa grasa con los dos equipos de evaluación de la composición corporal.
- Analizar las diferencias que pudieran existir en el compartimiento de la masa magra (kilogramos) con los dos equipos de evaluación de la composición corporal.

Metodología

Diseño del estudio

El presente estudio tiene un diseño transversal. El grupo de estudio fue seleccionado entre los asistentes a un club deportivo y social al sureste de la Ciudad de México, entre los meses de noviembre 2022 a mayo de 2023. Este club cuenta con apoyo gubernamental y es gratuito para adultos mayores de 60 años. Entre las actividades que pueden realizar los asistentes están las siguientes: baile (Zumba y regional), tejido, canto (coro). Además de tener disponible un gimnasio con clases de gimnasia, acondicionamiento físico, spinning, yoga, Thai Chi y similares. Así mismo los asistentes practica ejercicio cardiovascular como frontenis, pingpong, cachi bol, entre otras.

Para que la población que asiste al deportivo pudiera participar en el estudio, se colocó un anuncio en la entrada, se registró a aquellas mujeres que estaban interesadas en que se les realizara un estudio de evaluación de su composición corporal a través de dos métodos: DXA y BIA, además, firmaron una carta de consentimiento informado (Anexo 1). Esta por demás mencionar que estos estudios fueron gratuitos.

A las mujeres que aceptaran participar en el estudio, se les realizaron los siguientes estudios:

- Cuestionario para registrar variables sociodemográficas (Anexo 2).
- Mediciones antropométricas
- Análisis mediante DXA
- Análisis mediante BIA

Criterios de inclusión:

- Mujeres mayores de 60 años
- Con movilidad independiente
- Con tratamiento y supervisión médica si padecían alguna enfermedad crónica no transmisible
- Que firmaran una carta de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Mujeres mejores de 60 años
- Con antecedentes de caída y fracturas
- Con antecedentes de hospitalización previa (3 meses antes del estudio)
- Con padecimientos crónicos graves:
 - Enfermedad cardiovascular (Isquémica o hipertensiva)
 - Insuficiencias:
 - Cardíaca
 - Renal
 - Hepática
 - Pulmonar
 - Enfermedad de Parkinson
 - Neuropatía diabética avanzada
 - Artritis reumatoide
 - Deterioro cognitivo
 - Con signos de edema,
 - Con discapacidad física
 - Con prótesis ortopédica

Mediciones antropométricas

Todas las mediciones fueron realizadas utilizando protocolos recomendados, validados y estandarizados, así como con instrumentos calibrados (30,31).

La evaluación antropométrica incluyó el registro de las siguientes mediciones:

- Peso (kg)
- Estatura (cm)
- Índice de masa corporal [peso (kg)/estatura (m²)]

Los instrumentos utilizados incluyeron:

- Una báscula de piso digital marca SECA modelo 813
- Un estadímetro portátil SECA modelo 213

El IMC se clasificó de acuerdo con los criterios de la OMS y de Lipschitz (30,31).

Tabla 2. Clasificación del peso según Lipschitz

<i>Bajo peso</i>	(IMC <22 Kg/m ²)
<i>Eutrófico</i>	(IMC 22-27 Kg/m ²)
<i>Exceso de peso</i>	(IMC >27 Kg/m ²)

Tomada de Lipschitz DA. (32).

Tabla 3. Clasificación del peso en adultos según la OMS

<i>Bajo peso</i>	(IMC <18.50 Kg/m ²)
<i>Peso normal</i>	(IMC 18.50-24.99 Kg/m ²)
<i>Sobrepeso</i>	(IMC ≥ 25.00 Kg/m ²)
<i>Preobesidad</i>	(IMC 25.00-29.99 Kg/m ²)
<i>Obesidad Clase I</i>	(IMC 30.00-34.99 Kg/m ²)
<i>Obesidad Clase II</i>	(IMC 35.00-39.99 Kg/m ²)
<i>Obesidad Clase III</i>	(IMC ≥40.00 Kg/m ²)

Tabla tomada y traducida de World Health Organization (33)

Evaluación de la composición corporal

Absorciometría de rayos X de energía dual (DXA)

Para el estudio de DXA se pidió a cada una de las participantes que usaran ropa deportiva ligera, sin cremalleras ni adornos metálicos, joyas (relojes, aretes, collares y anillos), pasadores, monedas y llaves, para evitar interferencia con las mediciones de DXA. Las exploraciones DXA de cuerpo entero se realizaron siguiendo las instrucciones del fabricante, por un técnico de laboratorio con experiencia y para ello se utilizó el equipo DXA Hologic Discovery Wi.

Cada imagen escaneada fue analizada por el personal técnico quien realizó las correcciones necesarias para garantizar resultados confiables y de alta calidad.

El equipo DXA fue calibrado cada día por la mañana antes de realizar las mediciones.

Los valores de GC total se expresaron en gramos y porcentajes, así como los de la masa magra en gramos.

Para el realizar el escaneo, se le pidió a cada participante que se recostara sobre la mesa del equipo en posición supina a lo largo de su eje longitudinal, utilizando la línea media como referencia. Se pidió a cada participante que mantuviera las puntas de los dedos gordos de los pies en estrecho contacto, mientras se realizaban las exploraciones. Las manos de las mujeres se mantuvieron en posición boca abajo dentro del campo de exploración del equipo. Mientras se realizaba el escaneo corporal, se pidió a las participantes que permanecieran quietas. Los escáneres de cuerpo entero tuvieron una duración aproximada de 6 minutos por persona. Al final del estudio se le dio su hoja de resultado con una interpretación de su composición corporal (Anexo 3).

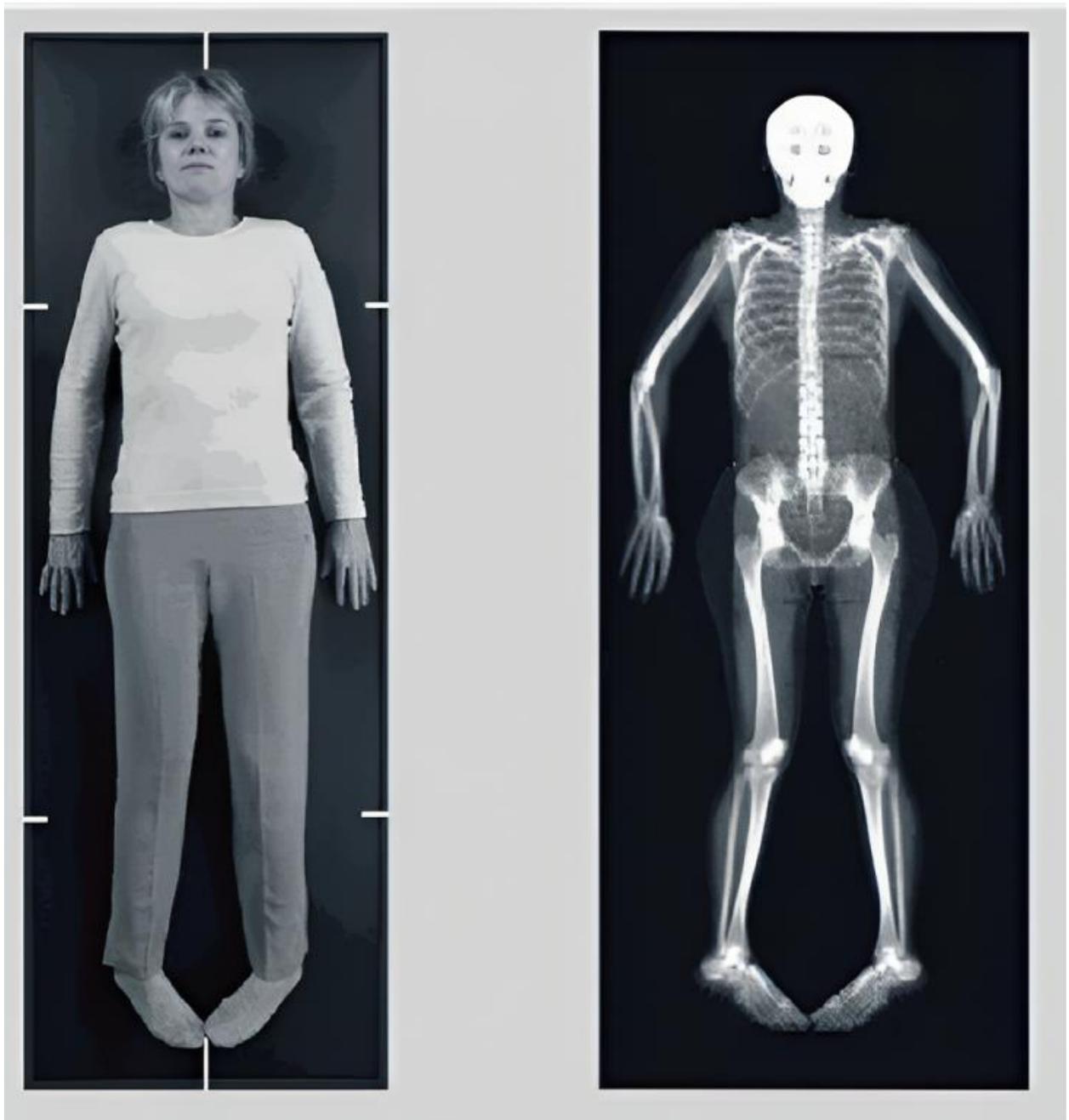


Figura 7: Posicionamiento de cuerpo entero DXA. Tomada de Guía del usuario, Hologic (34)

Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

Para el análisis de BIA se utilizó un equipo de frecuencia múltiple con una corriente entre 100 y 500 mA. El dispositivo estaba equipado con ocho electrodos táctiles (cuatro en la plataforma, para conectar los pies, y cuatro en cada una de las dos manijas, para conectar los dedos de la mano y asegurar el paso de la corriente eléctrica alterna. El equipo utilizado el in-body 720 (capacidad 250 kg) (Figura 8).

A las mujeres se les dio la construcción de que ayunaran de 8 a 12 h antes de cada medición de BIA. Las evaluaciones se realizaron por la mañana y el mismo día. A cada persona se le pidió que evitara la sobrehidratación y evitara realizar ejercicio extenuante antes de las mediciones. Finalmente, a cada participante se le pidió que vaciara su vejiga antes de las pruebas y que se retirarán los zapatos. Posteriormente se le entregó su hoja de resultados con su respectiva interpretación de composición corporal (Anexo 4).



Figura 8: Posicionamiento de cuerpo entero para la medición de BIA (35).

Para el análisis de variables se utilizó el programa estadístico de JMP

El análisis estadístico de los datos es presentado y calculado como valores promedio y desviación estándar para variables continuas y porcentajes y frecuencias para variables categóricas, el valor de significancia fue de $p < 0.05$ y se utilizó el software JMP versión 11 para el análisis.

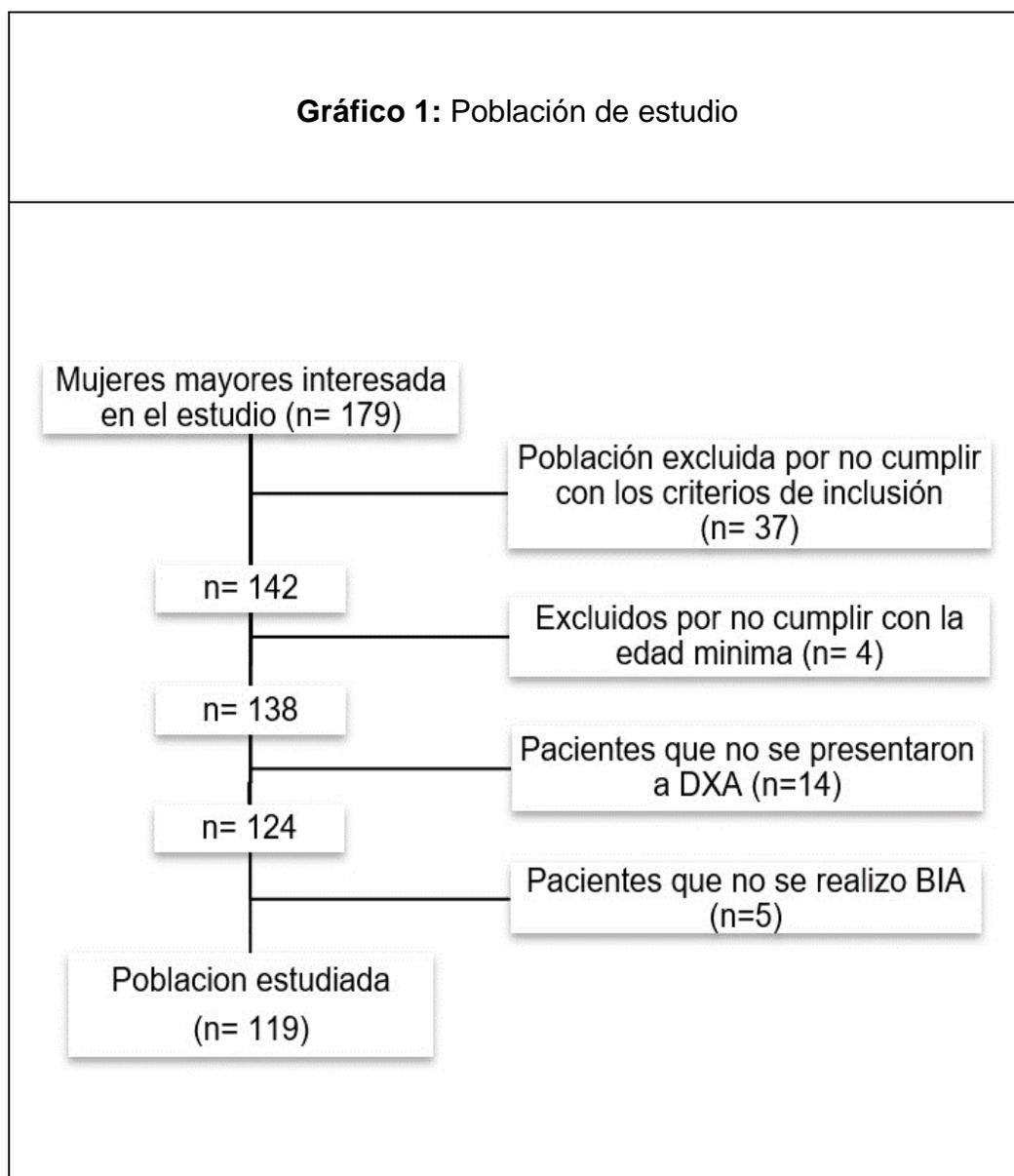
Análisis estadístico

La descripción de los datos incluyó valores promedio y desviación estándar (\pm) para variables continuas. Los datos categóricos se presentan como porcentajes. Para realzar la evaluación de precisión entre ambos métodos.

Se realizó análisis de varianzas para identificar diferencias en las estimaciones del porcentaje de masa grasa y masa magra, con un índice de confianza del 95% (IC95%). Además de realizar gráficos correspondientes de la correlación que representa la línea de concordancia perfecta (línea de 45 grados en los ejes cartesianos) y la línea del eje mayor reducido de los métodos que se comparan.

Resultados

En el presente estudio, 179 mujeres estuvieron interesadas en participar y firmar el consentimiento informado, sin embargo, después de aplicar los criterios de exclusión, 37 participantes no fueron candidatas para seguir con el estudio, dejando 142 participantes para mediciones antropométricas, cuatro de ellas fueron excluidas por no cumplir con el criterio de edad. Finalmente, solo 119 mujeres se presentaron para el análisis de cc mediante BIA y 124 mediante DXA. (Gráfico 1).



Se estudiaron a 142 mujeres mayores con un promedio de edad de 69.7 (\pm 7.0) años. Con respecto a su estado civil el 32.3% (n=46) estaban casadas, el 29.5% (n=42) se mantenían solteras, el 21.8% (n=31) eran viudas, el 12.6% (n=18) estaban divorciadas y el 3.8% (n=5) estaban en unión libre (Gráfico 2).

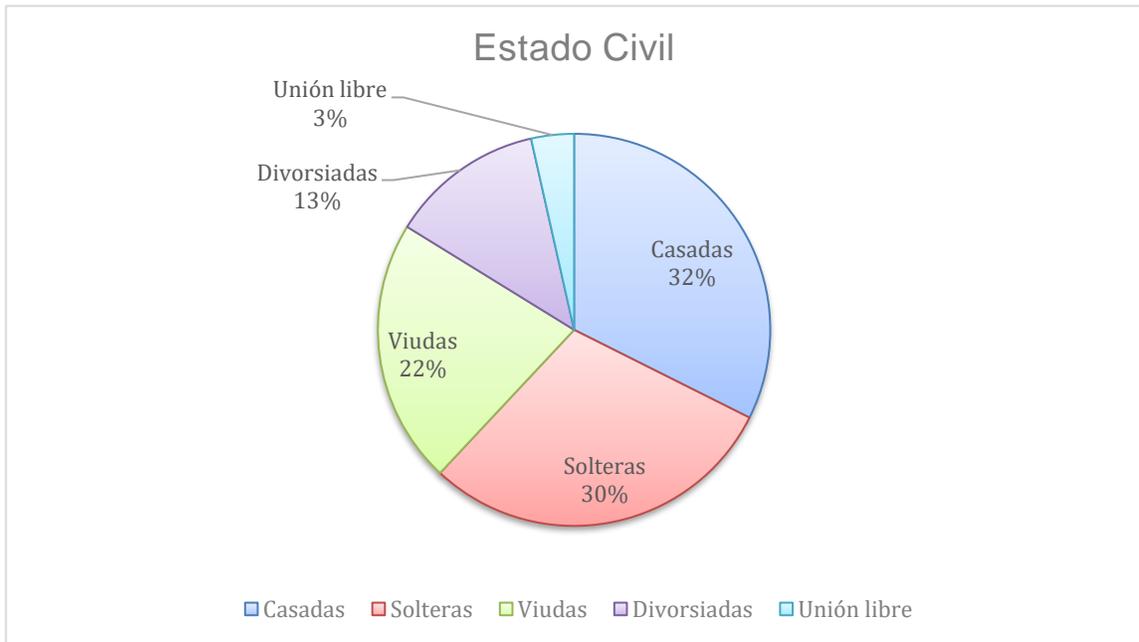


Gráfico 2: Estado civil de las participantes.

Con respecto a su grado de escolaridad el 59.5% (n=22) tenía formación universitaria terminada, el 16.2% (n=6) tenía preparatoria terminada, el 8.1% (n=3) tenía formación universitaria trunca, de la misma forma el 8.1% (n=3) tenía secundaria terminada, el 2.7% (n=1) tenía preparatoria trunca, el 2.7% (n=1) tenía secundaria trunca y el 2.7% (n=1) tenía posgrado (Gráfico 3).

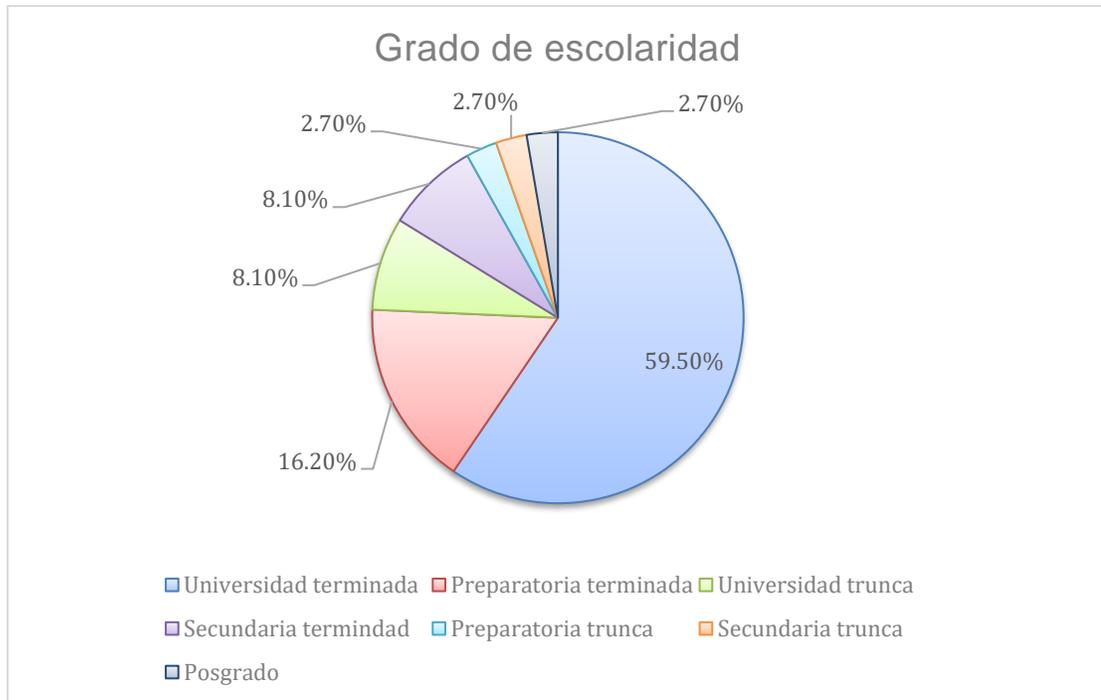


Gráfico 3: Grado de escolaridad de las participantes.

Las dos enfermedades más prevalentes fueron la hipertensión arterial y diabetes mellitus; 42.2% (n=60) tenían diagnóstico de hipertensión la cual se encontraba controlada bajo prescripción médica y con respecto a la diabetes mellitus tipo II solamente el 12.6% (n=18) la padecía (Gráfico 4).

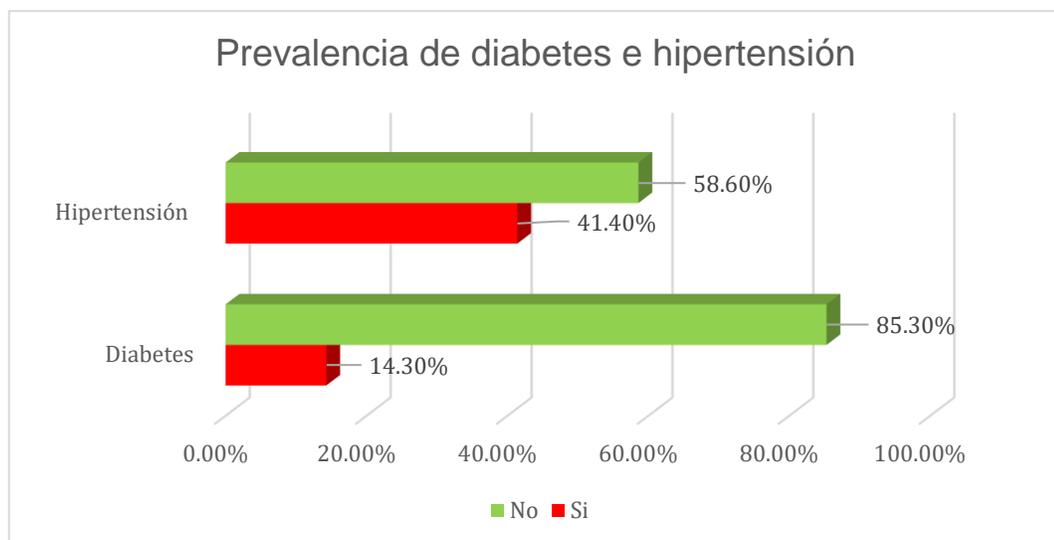


Gráfico 4: Prevalencia de diabetes e hipertensión.

Parámetros antropométricos

La edad promedio de las participantes fue de 69.7 años \pm 7.0 (Tabla 4).

El valor promedio del peso actual fue 63.9 \pm 11.6 Kg, valores que corresponden a 138 mujeres ya que no se registró el peso de 4 participantes (Tabla 4).

El valor promedio de la estatura fue de 153.2 \pm 5.8 cm con un máximo de 167 y un mínimo de 137 (Tabla 4).

El valor promedio del Índice de masas corporal fue de 27.2 \pm 4.1 (Tabla 4).

Tabla 4: características antropométricas

	Mujeres (n= 138)	Valor mínimo	Valor máximo
Edad promedio	69.7 \pm 7.0	60	90
Peso (Kg)	63.9 \pm 11.6	45.05	100.9
Estatura (cm)	153.2 \pm 5.8	138	167
IMC (Kg/m ²)	27.1 \pm 4.0	19.3	40.3

La clasificación del índice de masa corporal de acuerdo con la OMS indico que el 46.5% (n=65) de las participantes tuvo sobrepeso, 25% (n=35) presento obesidad y solamente el 27.1% (n=38) estuvo dentro de los rangos de normalidad, finalmente el 1,4% (n=2) presento bajo peso. Todos estos datos corresponden a 140 mujeres, es decir que se perdieron valores de 2 mujeres (Gráfico 5).

Clasificación del Índice de masa corporal

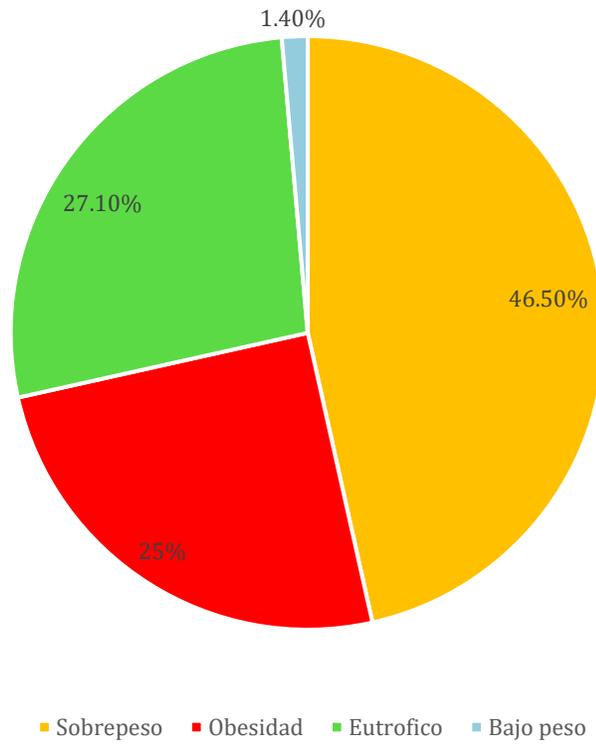


Gráfico 5: Clasificación del índice de masa corporal de acuerdo con criterios de la OMS.

Masa grasa

Valores mediante DXA

Masa grasa

El análisis de masa grasa mediante DXA, obtuvo un valor promedio de 43.8 ± 4.8 kg, obtenido de 124 mujeres mayores.

Porcentaje de grasa

El análisis del porcentaje de grasa corporal mediante DXA, obtuvo un valor promedio de $43.8 \pm 4.8\%$, obtenido de 124 mujeres mayores (Valor máximo 53.7 y mínimo 30.8).

Índice de masa grasa

La relación entre el porcentaje de masa grasa entre estatura al cuadrado obtuvo un valor promedio de $12.1 \pm 3.2 \%$.

Relación androide-ginoide

La relación de la grasa corporal de la zona androide y ginoide, obtuvo un valor promedio de 1.0 con una desviación estándar de 0.1.

Valores mediante BIA

Masa grasa

En el análisis de la masa grasa mediante BIA obtuvo un valor promedio 27.0 ± 8.0 Kg, obtenido de 119 mujeres mayores.

Porcentaje de grasa

En cuanto al porcentaje de grasa corporal se obtuvo un valor promedio de $40.9 \pm 5.9\%$.

Masa magra

Valores mediante DXA

Masa magra entre la estatura al cuadrado (kg/m²)

El valor promedio de masa magra sobre la estatura en kg /m² fue de 14.0 kg/m², con una desviación estándar de 1.2.

Masa magra

El valor promedio obtenido de la masa magra fue de 33.3 kg, con una desviación estándar de 4.2 %

Masa magra apendicular

El valor promedio de Masa magra apendicular entre la estatura en kg/m², fue de 5.6 kg/m² ±0.7 (valor máximo 8.4 y valor mínimo 4.3)

Valores mediante BIA

Masa músculo esquelética (SMM)

En el análisis del SMM mediante BIA se obtuvo un valor promedio 19.9 ± 3.3 Kg, obtenido de 119 mujeres mayores.

Tabla 5: Medias obtenidas entre ambos métodos

	DXA	BIA
Porcentaje de grasa (%)	43.8 ± 4.8	40.9 ± 5.9
Masa grasa (Kg)	28.4 ± 7.0	27.0 ± 8.0
Masa magra (Kg)	19.9 ± 3.3 Kg (SMM)	33.0 ± 3.7 (LMT)

Correlación entre BIA y DXA

Masa grasa BIA vs DXA

Se realizó un análisis de varianza entre las variables de masa grasa en kilogramos obtenido de BIA (Inbody_MFA_BFM) y la masa grasa en kilogramos mediante DXA (DXA_Fat_Mass_Total), en el que se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.96 y un valor de $p < 0.0001$ (IC= 95%) (Gráfico 6).

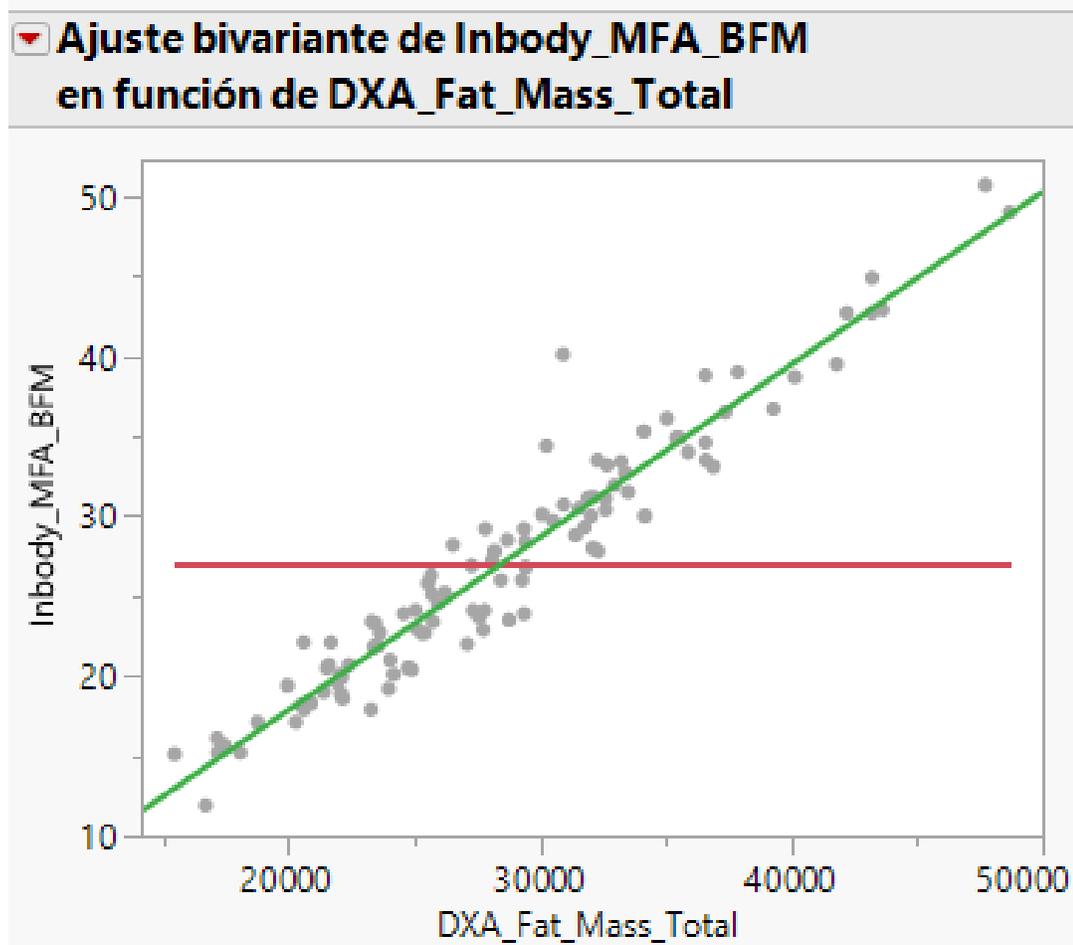


Gráfico 6: Gráfico de concordancia de la masa grasa estimado por DXA y BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).

Porcentaje de grasa mediante BIA y DXA

Se realizó un análisis de varianza entre las variables de porcentaje de grasa (Inbody_OD_PBF) obtenido de BIA y el porcentaje de grasa (DXA_Total_body_%Fat) mediante DXA, en el que se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.88 y un valor de $p < 0.0001$ (IC= 95%) (Gráfico 7).

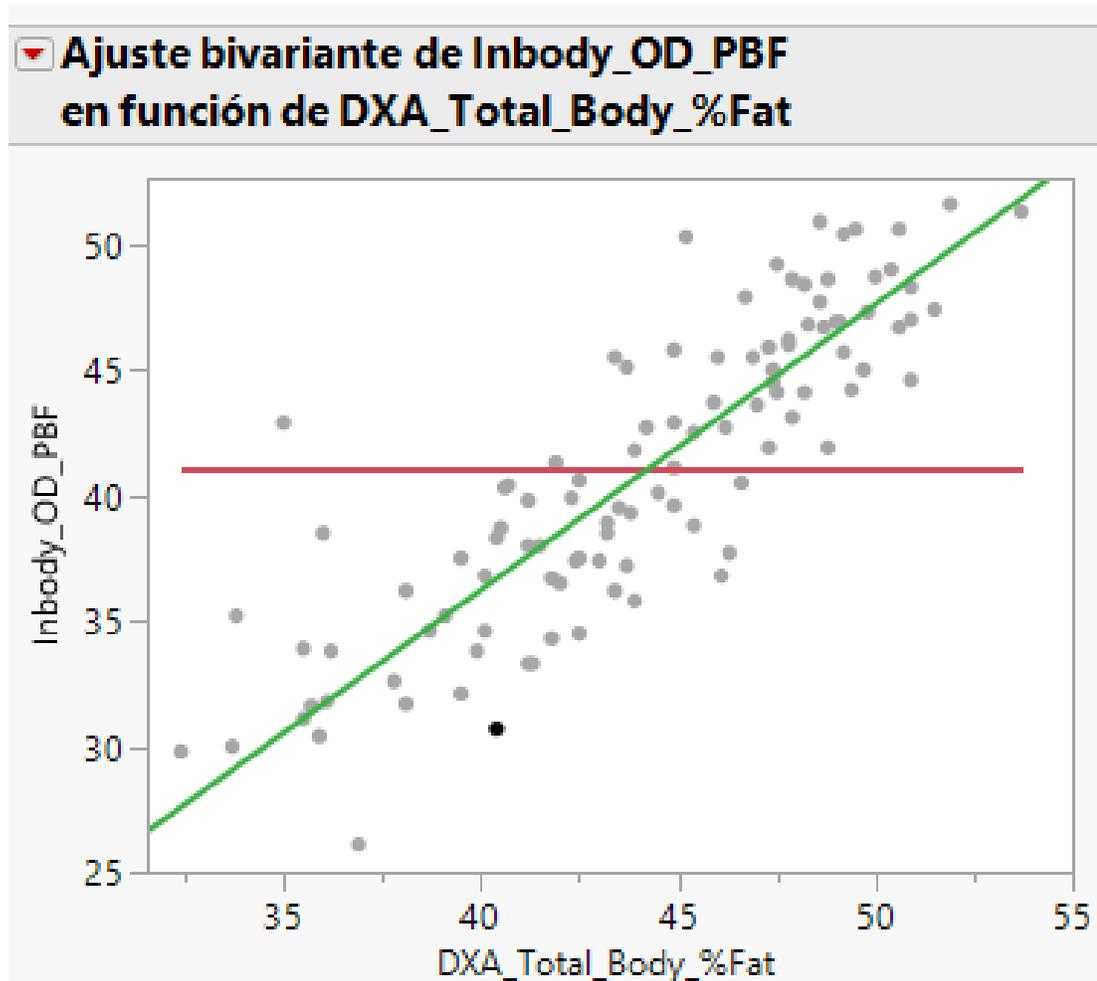


Gráfico 7: Gráfico de concordancia del porcentaje de grasa estimado por DXA y BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).

Correlación de masa magra BIA VS DXA

Se realizó un análisis de varianza entre las variables de Músculo Esquelético obtenido de BIA (Inbody_MFA_SMM) y la masa magra mediante DXA (DXA_Lean_Mass_Total), en el que se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.86 y un valor de $p < 0.0001$ (IC= 95%) (Gráfico 8).

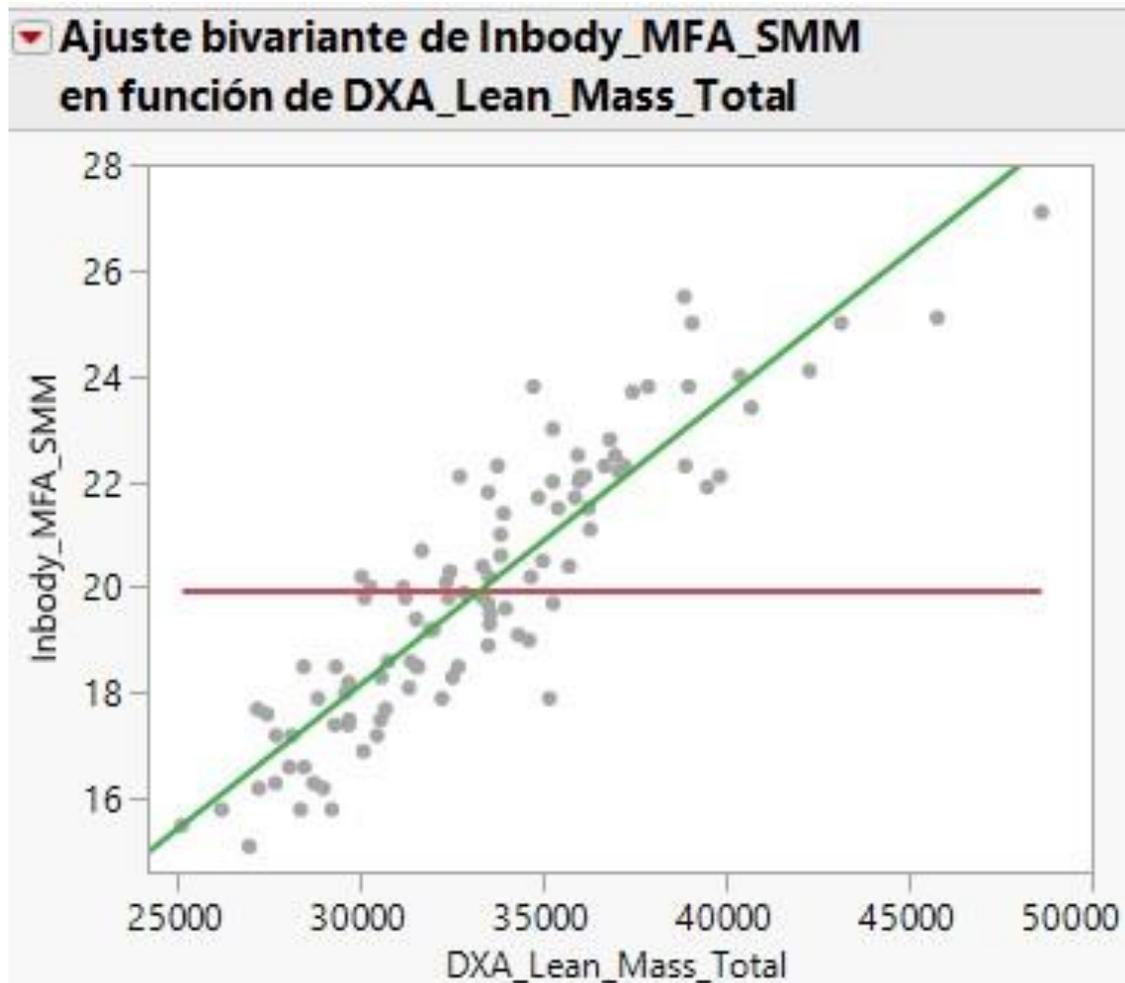


Gráfico 8: Gráfico de concordancia de masa magra por DXA y masa muscular esquelética BIA (equipo multifrecuencia InBody 720).

DISCUSIÓN

En este estudio se comparó el porcentaje de grasa corporal y la masa magra obtenidos por dos métodos de evaluación de la composición corporal como: BIA y DXA; usando este último como un estándar de oro. Todo ello en un grupo en mujeres activas mayores de 60 años.

Los resultados obtenidos mostraron una relación estadísticamente significativa entre el porcentaje de grasa tanto por BIA como por DXA. Así mismo, se observó que el porcentaje de grasa tuvo una diferencia de 2.9% con relación al DXA.

Por otro lado, la masa magra obtenida por BIA (SMM) en comparación con DXA (LMT) mostro una diferencia estadísticamente significativa, en la que BIA sobreestimo la masa magra, con un valor de 13.1 kg. Sin embargo, la diferencia entre las estimaciones con BIA en comparación con DXA fueron inferiores a un punto porcentual. En cuanto a la masa grasa reportada en kilogramos, se observó una fuerte correlación entre ambos equipos, con una diferencia de 1.4 kg de BIA respecto a DXA, con un coeficiente de 0.96 y un valor de p menor a 0.0001.

De acuerdo con un estudio realizado recientemente por Velázquez-Alva y col. en 2022, se evaluó también la concordancia del porcentaje de grasa en mujeres adultas activas mediante BIA, tomando como referencia DXA y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la comparación pareada del porcentaje de grasa corporal por DXA y por BIA, obteniendo un coeficiente de concordancia de 0.814. El valor del porcentaje de grasa promedio fue 40,3 ($\pm 4,8$) y 40,7 ($\pm 6,2$) para DXA y BIA, respectivamente. Además, las mediciones de BIA en mujeres que midieron más de 145 cm de estatura se acercaban más a los valores medidos por DXA (36).

Por otro lado, un estudio publicado en adultos mayores coreanos, realizado por Lee, S. y col. en 2018, comparó la precisión al medir la masa muscular esquelética con el equipo In-body 770, tomando como referencia DXA, en el que los valores obtenidos de BIA fueron de 15,3 \pm 2,5 kg vs DXA, los cuales fueron de 13,5 \pm 2,2 kg, con una diferencia de medias de 1.8 kg. Las estimaciones de BIA correlacionaron con lo valores de DXA, sin embargo, la estimación con BIA sobreestimo las mediciones de masa muscular sobre todo en mujeres con un IMC bajo (37).

Otro estudio también recientemente publicado, en el que se analizó y comparó la masa magra con BIA y DXA, fue el de Anusitviwat C. y col. en 2023, reportó que la concordancia entre BIA y DXA fue elevada para la masa magra de todo el cuerpo (Coeficiente de correlación intraclase [ICC]= 0,954) y la masa muscular esquelética (ICC = 0,954). Sin embargo, se sobrestimó la diferencia media en la masa muscular de BIA de doble frecuencia. Los autores que el equipo de BIA utilizado BIA tiene una alta precisión y confiabilidad para la evaluación de la masa muscular magra en adultos mayores(38).

Otro trabajo de investigación llevado a cabo en adultos mayores Taiwaneses, por Fang W. y col. en 2020, en el que se comparó la masa muscular y la masa grasa con el mismo equipo utilizado en este trabajo de tesis: BIA (In-body 720) vs DXA, se observó que las estimaciones por BIA correlacionaron con las estimadas por DXA. El coeficiente de correlación entre BIA y DXA para la masa muscular fue de 0,96 y el de la masa grasa fue de 0,93. Sin embargo, el equipo In-body 720 tiende a subestimar la masa muscular y la masa grasa (39).

Otro estudio, realizado por Perna S. y col. en 2019, evaluaron masa libre de grasa, masa grasa y porcentaje de grasa corporal en adultos mayores y reportaron que BIA subestimó la masa libre de grasa y sobrestimó la masa grasa y el porcentaje de grasa corporal en grupo de participantes que presentaban un rango de edad de 75 a 85 años y que presentaban un contenido de agua corporal total <60%. Así mismo, observaron que los mismos hallazgos encontrados se observaron en aquellos c con bajo peso y peso normal y en pacientes con sarcopenia (40).

Gaba A. y col. en 2018, reportaron que los compartimentos de masa libre de grasa y de masa grasa, evaluados por BIA y DXA presentaron una mayor concordancia para masa grasa ($p=0.01$) vs masa libre de grasa ($p=0.08$). BIA sobrestimó la masa libre de grasa con 3,38 a 8,28 kg y subestimó la masa grasa de 2,51 a 5,67 kg en comparación con DXA. Para aquellas mujeres con $IMC \geq 40 \text{ Kg/m}^2$, las diferencias variaron, justo de acuerdo con su IMC. Para un $IMC < 16 \text{ Kg/m}^2$, BIA subestimó la masa libre de grasa en 2,25 kg y sobreestimó la masa grasa en 2,57 kg (28).

Los estudios de validación de equipos de composición corporal son necesarios ya que en la actualidad y gracias a los avances tecnológicos existe en el mercado una gran oferta de analizadores de impedancia bioeléctrica que varían en su costo, en el

número de electrodos, en corriente eléctrica, en transportación y en las ecuaciones de predicción de su software. De hecho, el precio de estos equipos puede tener una gran variación y con frecuencia se adquieren los más económicos, pero no necesariamente son los que ya se encuentran validados. Los factores que pueden que pueden afectar la variabilidad y por ende la comparación entre los diferentes parámetros de la composición corporal pueden ser algunos de los siguiente: grupo racial o étnico al que se pertenece, edad, sexo, estado de hidratación, situación de salud/enfermedad, presencia o no de sobre peso y obesidad y específicamente para el caso de las personas adultas mayores: estado de nutrición (desnutrición, sarcopenia, fragilidad y un estado proinflamatorio)(41).

ACTIVIDADES REALIZADAS

Revisión de literatura

En el mes de noviembre del año 2022 se propuso el tema de investigación “Comparación de la composición corporal a través del análisis de Absorciometría Dual de Energía de Rayos X (DXA) y de Impedancia Bioeléctrica en mujeres mayores de 60 años” para posteriormente iniciar con la revisión de literatura adecuada para realizar la propuesta del y justificación del presente proyecto de investigación. Además de planificar cada una de las etapas para llevar a cabo el proyecto.

Trabajo de campo

Entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023, se realizaron visitas al club deportivo y social Rosario Iglesias Rocha, ubicado al sureste de la Ciudad de México, en donde se invitó a participar de manera voluntaria a los asistentes del club al presente estudio, para agendarles una cita en las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, en la Unidad de nutrición, composición corporal y gasto de energía, ubicado en el edificio G, aula G-203.

En donde se les hizo firmar una carta de consentimiento informado previo a las evaluaciones, posteriormente que se haya firmado el consentimiento se inició con los

cuestionarios de evaluación nutricia y la toma de mediciones antropométricas (Peso, estatura, IMC y pliegues cutáneos). Posteriormente, se le realizaron los estudios de composición corporal tanto con BIA como DXA.

Después de unas semanas de su evaluación, se citó a los participantes en el centro deportivo para entregarles sus hojas de resultados, con sus respectivas interpretaciones y algunas recomendaciones nutricionales y de suplementación alimenticia.

Captura de datos

En los meses de enero y febrero de 2023, se comenzó con la captura de los expedientes para realizar una base de datos en el programa JMP Statistical Discovery, en donde se registraron datos sociodemográficos, valores antropométricos y los resultados obtenidos de las hojas de resultados tanto de BIA como de DXA. Además de iniciar con los análisis correspondientes para cumplir con los objetivos en la presente propuesta.

Reporte de resultados

En los meses de marzo y mayo de 2023 se comenzó con la redacción del presente trabajo de investigación y todos sus apartados correspondientes (Marco teórico, justificación, metodología, análisis estadístico, resultados y conclusiones). Además de realizar tablas y gráficas del análisis de las variables a estudiar.

OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Objetivo general

- Se realizó una comparación del estado de composición corporal en mujeres adultas mayores mediante la Impedancia bioeléctrica y la Absorciometría dual de energía de rayos X, así como realizar una correlación entre ambas técnicas de estudio.

Objetivos específicos

- Se reportó las medidas antropométricas, como peso, estatura y su relación en kilogramos sobre metros al cuadrado (IMC), así como su clasificación de acuerdo con los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud.
- Se reportó las diferencias que pudieran existir en el compartimiento de porcentaje de grasa con ambos equipos de evaluación de composición corporal (BIA y DXA), Además de reconocer que existe una correlación buena entre ambos equipos.
- Se reportó las diferencias que pudieran existir en el compartimiento de la masa magra con ambos equipos de evaluación de composición corporal (BIA y DXA), Además de reconocer que existe correlación entre ambos equipos.

CONCLUSIÓN

El valor del porcentaje de la grasa corporal evaluado por BIA fue subestimado al compararlo con el obtenido por DXA. A la inversa, el valor de la masa magra fue sobrestimado igualmente al compararlo vs DXA en un grupo de mujeres activas mayores de 60 años.

Recomendaciones

Si se desea adquirir un equipo de impedancia bioeléctrica es necesario tomar en cuenta algunos puntos importantes, ya que en la actualidad existe una amplia gama de equipos que ofrecen diversas características y precios. Entre algunos puntos que se deben de tomar en cuenta son:

- Optar por equipos que ofrezcan mediciones precisas y fiables de composición corporal, de preferencia optar por equipos que hayan sido validados con un estándar de oro, como lo es DXA, ya que sus mediciones van a ser más exactas y precisas a la hora de hacer un análisis de composición corporal y dar un diagnóstico más certero.
- Verificar los resultados que ofrece el dispositivo, ya que los equipos BIA tienen una amplia gama de aplicaciones y pueden brindar resultados diferentes. Algunos dispositivos solo miden el porcentaje de grasa, mientras que otros brindan un estudio de la composición corporal más completo (Masa grasa, masa muscular esquelética, agua corporal, ángulo de fase, etc.)
- Comprobar las frecuencias, ya que existen equipos que solo utilizan una frecuencia de corriente eléctrica alterna (Por lo general 50 KHz), mientras que otros utilizan múltiples frecuencias, ya que, en términos generales, los dispositivos que usan múltiples frecuencias son más precisos.
- Saber qué información le debes proporcionar a tu dispositivo, ya que a partir de la información que tengas como el peso, edad, sexo y estatura, el dispositivo podrá utilizar una u otra fórmula de predicción.

ANEXOS

Anexo 1: Carta de consentimiento informado.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO

LICENCIATURA EN NUTRICIÓN HUMANA

TITUTLO: **Evaluación geriátrica integral en adultos mayores funcionales del Centro social y deportivo “Rosario Iglesias Rocha”**

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

NOMBRE DEL PACIENTE

EDAD----- SEXO-----FECHA-----

DOMICILIO-----

TEL-----

Yo-----, en pleno uso de mis facultades mentales y mi calidad de participante:

Manifiesto mi libre voluntad para aceptar ser parte de este trabajo.

Se me ha comunicado detalladamente la información relacionada al mismo, así como el derecho de cambiar mi decisión en cualquier momento antes de su inicio.

Me comprometo a proporcionar información completa y veraz que se me solicite.

Otorgo mi autorización para que me sean practicados los siguientes estudios y cuestionarios:

- a. Cuestionario de características sociodemográficas generales.
- b. Mediciones antropométricas (peso, estatura, circunferencias: media de brazo, cintura, cadera, pantorrilla y pliegue cutáneo tricipital).
- c. Determinación de fuerza muscular (Dinamometría).
- d. Prueba corta de rendimiento físico (Velocidad al caminar, pruebas de levantarse de la silla y de equilibrio).

Así mismo, se me ha invitado para complementar la evaluación nutricional con otros estudios; para lo cual deberé de asistir a la UAM-Xochimilco (Unidad de composición corporal y gasto de energía) en el día y la hora indicados para las siguientes actividades:

- a. Responder un cuestionario de consumo de lácteos
- b. Análisis de composición corporal (Impedancia bioeléctrica: Equipo In-body)
- c. Toma de muestra de sangre

Entiendo que los resultados del estudio me serán entregados de forma personal para conocer mi estado de nutrición, así como si tengo o no pérdida de fuerza muscular y como me encuentro en mi desempeño físico.

En el caso de que asiste a los estudios complementarios en el campus de la universidad también me serán entregados los siguientes resultados:

- 1. Saber si consumo la cantidad suficiente de lácteos que necesito
- 2. Datos de composición corporal (Porcentaje de grasa corporal y masa libre de grasa)
- 3. Concentración en sangre de vitamina D (Suficiente o insuficiente)

De acuerdo con los resultados recibiré recomendaciones nutricionales de manera individual

Nombre y firma del
participante

Nombre completo y firma de la
profesora responsable del estudio

Nombre completo y firma del
estudiante que encuesta al
participante

Anexo 2: Cuestionario de datos generales.



Cuestionario de datos generales

Nombre del estudiante:

Fecha de aplicación: (D/M/A)

Nombre completo del participante:

Fecha de nacimiento (D/M/A): Edad (años cumplidos):
.....

Lugar de nacimiento (Ciudad de México o especificar estado):
.....

Sexo: Masculino (1) Femenino (2)

Escolaridad: ninguna (1) primaria trunca (2) terminada (3) secundaria trunca (4)
terminada (5) preparatoria trunca (6) terminada (7) formación universitaria trunca
(8) terminada (9) posgrado (10)

Número de hijos:Número de nietos:

Religión: católica (1) cristiana (2) judío (3) Ortodoxo (4) Evangelista
(5) otro (6)

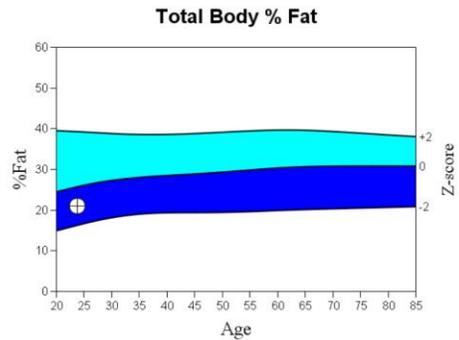
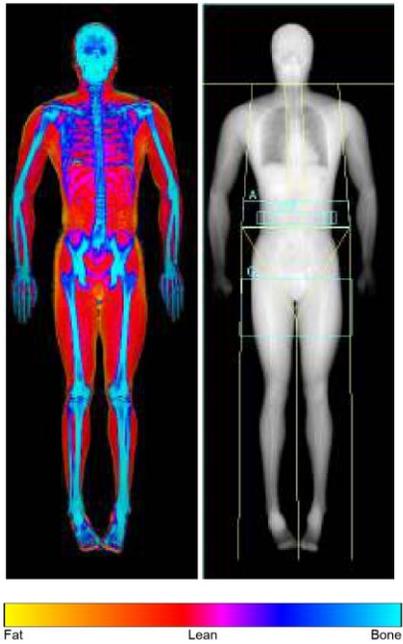
Estado civil: (1) casado (2) unión libre (3) divorciado (4) soltero (5) viudo

Anexo 3: Hoja de resultados DXA.

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO
CALZADA DEL HUESO 1100
MEXICO, DF 04960

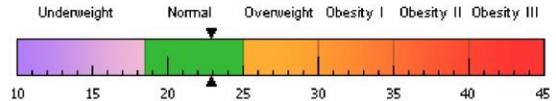
Telephone: 01(55)54837000

Name: [REDACTED]	Sex: Male	Height: 167.8 cm
Patient ID: [REDACTED]	Ethnicity: Hispanic	Weight: 64.6 kg
DOB: [REDACTED]		Age: [REDACTED]



Source: 2008 NHANES Hispanic Male

World Health Organization Body Mass Index Classification
 BMI = 22.9 WHO Classification Normal



BMI has some limitations and an actual diagnosis of overweight or obesity should be made by a health professional. Obesity is associated with heart disease, certain types of cancer, type 2 diabetes, and other health risks. The higher a person's BMI is above 25, the greater their weight-related risks.

Body Composition Results

Region	Fat Mass (g)	Lean + BMC (g)	Total Mass (g)	% Fat	T-score	% Fat Z-score
L. Arm	683	3178	3861	17.7	-1.2	-1.1
R. Arm	699	3614	4313	16.2	-1.6	-1.6
Trunk	6933	23938	30871	22.5	-0.7	-0.6
L. Leg	2001	8055	10056	19.9	-1.2	-1.2
R. Leg	2083	8132	10216	20.4	-1.2	-1.2
Subtotal	12398	46918	59317	20.9	-1.0	-0.9
Head	988	3420	4408	22.4		
Total	13387	50338	63724	21.0	-1.0	-0.9
Android (A)	1044	3343	4387	23.8		
Gynoid (G)	2269	8242	10511	21.6		

Scan Date: 27 September 2022 ID: A09272208
 Scan Type: a Whole Body
 Analysis: 05 October 2022 12:12 Version 13.5.3.2
 Auto Whole Body
 Operator: DPS
 Model: Discovery Wi (S/N 86508)
 Comment:

Adipose Indices

Measure	Result	T-score	Z-score
Total Body % Fat	21.0	-1.0	-0.9
Fat Mass/Height ² (kg/m ²)	4.75	-1.0	-0.9
Android/Gynoid Ratio	1.10		
% Fat Trunk/% Fat Legs	1.11	0.9	1.1
Trunk/Limb Fat Mass Ratio	1.27	0.9	1.1
Est. VAT Mass (g)	268		
Est. VAT Volume (cm ³)	290		
Est. VAT Area (cm ²)	55.7		

Lean Indices

Measure	Result	T-score	Z-score
Lean/Height ² (kg/m ²)	17.1	-0.7	-0.7
Appen. Lean/Height ² (kg/m ²)	7.77	-0.5	-0.5

Est. VAT = Estimated Visceral Adipose Tissue

Anexo 4: Hoja de resultados BIA



[InBody770]

ID	Altura 154cm	Edad	Sexo Femenino	Fecha / Hora de la prueba
----	-----------------	------	------------------	---------------------------

Análisis de Composición Corporal

	Valor	Agua Corporal Total	Masa Magra	Masa Libre de Grasa	Peso
Agua Corporal Total (L)	25.5 (25.4~31.0)	25.5	32.8 (32.6~39.8)	34.9 (34.5~42.2)	54.8 (42.3~57.3)
Proteína (kg)	6.8 (6.8~8.4)				
Minerales (kg)	2.62 (2.35~2.87)	No óseo			
Masa Grasa Corporal (kg)	19.9 (10.0~15.9)				

Análisis de Músculo-Grasa

	Bajo	Normal	Alto
Peso (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205 %		
MME (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 %	18.7	
Masa Grasa Corporal (kg)	40 60 80 100 160 220 280 340 400 460 520 %		19.9

Análisis de Obesidad

	Bajo	Normal	Alto
IMC (kg/m ²)	10.0 15.0 18.5 21.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0	23.1	
PGC (%)	8.0 13.0 18.0 23.0 28.0 33.0 38.0 43.0 48.0 53.0 58.0	36.4	

Análisis de Masa Magra Segmental

	Bajo	Normal	Alto	AEC/ACT
Brazo Derecho (kg)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %	1.66		0.373
Brazo Izquierdo (kg)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %	1.59		0.377
Tronco (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	15.9		0.379
Pierna Derecha (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	4.95		0.376
Pierna Izquierda (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	4.96		0.376

Análisis de Agua Corporal

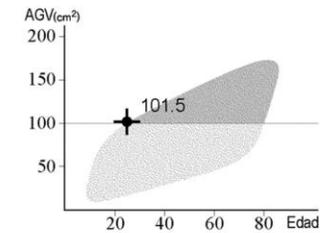
	Bajo	Normal	Alto
AEC/ACT	0.320 0.340 0.360 0.380 0.390 0.400 0.410 0.420 0.430 0.440 0.450	0.377	

Historial de Composición Corporal

	01.06.22 10.16	01.06.22 10.17
Peso (kg)	54.9	54.8
MME (kg)	18.9	18.7
PGC (%)	35.8	36.4
AEC/ACT		0.377

Ver LookinBody Web. 1.0.0.9 - SN: I81900419

Área de Grasa Visceral



Control de Peso

Peso Ideal	49.8 kg
Control de Peso	- 5.0 kg
Control de Grasa	- 8.5 kg
Control de Músculo	+ 3.5 kg

Análisis de Grasa Segmental

Brazo Derecho (1.4 kg)	162.1%
Brazo Izquierdo (1.4 kg)	170.5%
Tronco (10.1 kg)	215.1%
Pierna Derecha (3.0 kg)	141.4%
Pierna Izquierda (3.0 kg)	141.7%

Parámetros de Investigación

Tasa Metabólica Básica	1123 kcal	(1190~1373)
Relación Cintura-Cadera	0.89	(0.75~0.85)
Circunferencia de la Cintura	81.5 cm	
Grado de Obesidad	110 %	(90~110)
Contenido Mineral Óseo	2.12 kg	(1.94~2.37)
Masa Celular Corporal	22.7 kg	(22.5~27.5)
Índice de Masa Libre de Grasa	14.7 kg/m ²	
IME	5.5 kg/m ²	

Reactancia

	BD	BI	TR	PD	PI
Xc(α) 5 kHz	18.8	16.8	1.6	17.2	17.2
50 kHz	36.6	33.7	3.5	33.0	33.5
250 kHz	29.9	27.4	3.9	24.7	24.7

Ángulo de Fase Corporal Total

φ(°) 50 kHz | 5.5°

Ángulo de Fase Corporal Total

	BD	BI	TR	PD	PI
φ(°) 50 kHz	5.0	4.4	7.9	5.9	6.0

Impedancia

	BD	BI	TR	PD	PI
Z(Ω) 1 kHz	478.0	490.7	30.8	372.7	373.7
5 kHz	469.1	482.6	29.7	364.2	365.0
50 kHz	419.7	439.2	25.8	320.6	320.4
250 kHz	380.8	402.2	22.5	289.7	288.8
500 kHz	368.4	390.2	22.0	282.3	281.7
1000 kHz	361.2	384.0	19.3	276.4	277.2

Copyright © 1996~by InBody Co., Ltd. All rights reserved. BR-Spanish(m)-C7-B-140219

Referencias

1. Wang ZI, Pierson RN, Heyms SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research¹2. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1992 [cited 2023 Aug 6]; 56:19–28. Available from: www.ajcn.org
2. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res* [Internet]. 2018 Nov 1 [cited 2023 Aug 6];148(5):648. Available from: [/pmc/articles/PMC6366261/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31111111/)
3. Bulló M. Modelos de composición corporal [Internet]. 2010 [cited 2023 Dec 7]. Available from: <https://www.docsity.com/es/resumen-diapositivas-mas-importantes/2757836/>
4. Contreras D. Composición Corporal y Antropometría | PDF | Índice de masa corporal | Tejido adiposo [Internet]. 2023 [cited 2023 Aug 6]. Available from: <https://es.scribd.com/document/627058237/Clase-02-Composicion-Corporal-y-Antropometria#>
5. Casanova Román M. Vol. 11, *Vox Paediatrica*. 2003. p. 1–26 Técnicas de valoración del estado nutricional.
6. Piñeda A, Monroy A, Rodríguez C, Rojas Y, Santana L. Métodos Y técnica antropométrica para el cálculo de la composición corporal [Internet]. 2018 [cited 2023 Aug 6]. p. 61–70. Available from: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/473/407>
7. Paredes JG. Análisis de composición corporal y su uso en la práctica clínica en personas que viven con obesidad. *Revista Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2022 nov 1 [cited 2023 Aug 6];33(6):615–22. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-analisis-composicion-corporal-su-uso-S0716864022001250>
8. Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres RP, Murguía-Romero M. Ecuaciones antropométricas para el cálculo de grasa corporal en adultos jóvenes. *Arch Latinoam Nutr*. 2018 jun 1;68(2):111–21.
9. SENPE. Valoración nutricional en el anciano. *Senpe* [Internet]. 2019 [cited 2023 Sep 19]; Available from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi1puetsaBAXWFDkQIHVLBCO8QFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.segg.es%2Fmedia%2Fdescargas%2FAcreditacion%2520de%2520Calidad%2520SEGG%2FResidencias%2Fvaloracion_nutricional_anciano.pdf&usq=AOvVaw1dwi9-wbLL3hby-6T3zbz9&opi=89978449
10. Sáez P. Revisión Analítica Sobre la Utilización de los Pliegues Cutáneos en la Cineantropometría. Las Fórmulas Bi-Compartimentales de División Corporal

Basadas en la Medida del Panículo Adiposo [Internet]. 2007 [cited 2023 Sep 9]. Available from: <https://g-se.com/revision-analitica-sobre-la-utilizacion-de-los-pliegues-cutaneos-en-la-cineantropometria.-las-formulas-bi-compartimentales-de-division-corporal-basadas-en-la-medida-del-paniculo-adiposo-846-sa-E57cfb27191a48>

11. Kim S, Won CW. Sex-different changes of body composition in aging: a systemic review. Arch Gerontol Geriatr [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Aug 7]; 102:104711. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167494322000929?via%3Dihub>
12. Gómez A, Vicente G, Villa S, Casajús J, Ara I. Scielo. 2012 [cited 2023 Sep 20]. Envejecimiento y composición corporal: la obesidad sarcopénica en España. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100004
13. Salech F, Jara R, Michea L. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. Revista Médica Clínica las Condes. 2012 Jan 1;23(1):19–29.
14. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. Osteoporosis International [Internet]. 2010 Apr [cited 2023 Nov 16];21(4):543. Available from: </pmc/articles/PMC2832869/>
15. Moreira OC, Alonso-Aubin DA, Patrocinio De Oliveira CE, Candia-Luján R, De Paz JA. Methods of assessment of body composition: an updated review of description, application, advantages and disadvantages. 2015;
16. Bellido D, Carreira J. Nutrición Clínica en Medicina. 2008 [cited 2023 Sep 24]. p. 85–108 Análisis por absorciometría de rayos X de doble energía y composición corporal - PDF Descargar libre. Available from: <https://docplayer.es/61690197-Revision-analisis-por-absorciometria-de-rayos-x-de-doble-energia-y-composicion-corporal.html>
17. Sociedad Española de Imagen cardíaca. Sociedad Española de Imagen Cardíaca. 2020 [cited 2023 Sep 24]. ¿Qué son el coeficiente de atenuación, el número Hounsfield y la ventana? Available from: <https://ecocardio.com/documentos/biblioteca-preguntas-basicas/preguntas-al-radiologo/892-que-son-coeficiente-atenuacion-numero-hounsfield-y-ventana.html>
18. CR IMAX. OdontoEspacio. 2015 [cited 2023 Sep 24]. Importancia de la Unidades Hounsfield, en la Tomografía Computarizada y la de Haz Cónico - Noticias Odontoespacio. Available from: <https://www.odontoespacio.net/noticias/importancia-de-la-unidades-hounsfield-en-la-tomografia-computarizada-y-la-de-haz-conico/>

19. de frutos J. El análisis de impedancia como un indicador de la masa y fuerza muscular en un grupo de ancianos. Universidad de Valladolid. 2017;7–10.
20. Alvero-Cruz J, Correas Gómez L, Ronconi M, Fernández Vázquez R, Porta i Manzanido J. Elsevier. 2011 [cited 2023 Sep 23]. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización | Revista Andaluza de Medicina del Deporte. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-la-bioimpedancia-electrica-como-metodo-X1888754611937896>
21. WHO. WHO. 2022 [cited 2023 Aug 6]. Envejecimiento y salud. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
22. Rangel DB, Alemán H, Barreiro MDLAA, Ruiz RE, Ramírez-Torres M, Urquidez-Romero R. Differences in Body Composition in Older People from Two Regions of Mexico: Implications for Diagnoses of Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. *Biomed Res Int*. 2018;2018.
23. Kishore RR, Gupta M, Gupta K. A new era dawns on sickle cell disease in India. *Indian Journal of Medical Research*. 2023 Jun 1;157(6):491–3.
24. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr* [Internet]. 2019 Feb 1 [cited 2023 Aug 6];73(2):194–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30297760/>
25. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2020 Jan 14 [cited 2023 Aug 6];10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31993018/>
26. Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A, Iellamo F, Siervo M, Pietrobelli A, et al. 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 Mol Imaging*. 2019;2019.
27. Clemente EA, Clemente EA, Samper Villagrasa P, Casas AA, Moreno Aznar LA, Bueno Lozano G. Estudio de composición corporal: Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). 2016;46.
28. Gába A, Kapuš O, Cuberek R, Botek M. Comparison of multi- and single-frequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in post-menopausal women: effects of body mass index and accelerometer-determined physical activity. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* [Internet]. 2018 Aug 1 [cited 2023 Aug 6];28(4):390–400. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jhn.12257>

29. Perna S, Alalwan TA, Spadaccini D, Al-Thawadi S, Gasparri C, Isu A, et al. Comparison between Bioimpedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry in assessment of body composition in a cohort of elderly patients aged 65-90 years - PubMed [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 6]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32160444/>
30. Lipschitz DA. Screening for nutritional status in the elderly - PubMed [Internet]. 1994 [cited 2023 Nov 6]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8197257/>
31. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation - PubMed [Internet]. [cited 2023 Nov 6]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11234459/>
32. Lipschitz DA. Screening for nutritional status in elderly. *Prim Care*. 1994;21:55–67.
33. World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization; 2000. 1–253 p.
34. Hologic. Guía del usuario Horizon, Hologic [Internet]. 2021 [cited 2023 Nov 6]. Available from: <https://www.hologic.com/file/54771/download?token=fsZL9B9Q>
35. iNuba. ¿Qué es la bioimpedancia y qué aplicaciones tiene? - iNuba [Internet]. [cited 2023 Nov 9]. Available from: <https://inuba.com/blog/que-es-bioimpedancia-aplicaciones-metricas/>
36. Velázquez-Alva MC, Irigoyen-Camacho ME, Zepeda-Zepeda MA, Rangel-Castillo I, Arrieta-Cruz I, Mendoza-Garcés L, et al. Comparison of body fat percentage assessments by bioelectrical impedance analysis, anthropometrical prediction equations, and dual-energy X-ray absorptiometry in older women. *Front Nutr*. 2022 Dec 21;9:978971.
37. Lee SY, Ahn S, Kim YJ, Ji MJ, Kim KM, Choi SH, et al. Comparison between Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Bioelectrical Impedance Analyses for Accuracy in Measuring Whole Body Muscle Mass and Appendicular Skeletal Muscle Mass. *Nutrients* [Internet]. 2018 Jun 7 [cited 2023 Nov 12];10(6). Available from: </pmc/articles/PMC6024648/>
38. Anusitviwat C, Vanitcharoenkul E, Chotiyarnwong P, Unnanuntana A. Dual-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis is Accurate and Reliable to Determine Lean Muscle Mass in The Elderly. *Journal of Clinical Densitometry*. 2023 Jan 1;26(1):90–6.
39. Fang WH, Yang JR, Lin CY, Hsiao PJ, Tu MY, Chen CF, et al. Accuracy augmentation of body composition measurement by bioelectrical impedance analyzer in elderly population. *Medicine* [Internet]. 2020 [cited 2023 Nov 19];99(7). Available from: </pmc/articles/PMC7035056/>

40. Perna S, Alalwan T, Spadaccini D, Al-Thaeadi S. ResearchGate. 2019 [cited 2023 Nov 19]. p. 1023–33 (PDF) Comparison between Bioimpedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry in assessment of body composition in a cohort of elderly patients aged 65-90 years. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339913345_Comparison_between_Bioimpedance_Analysis_and_Dual-Energy_X-ray_Absorptiometry_in_assessment_of_body_composition_in_a_cohort_of_elderly_patients_aged_65-90_years
41. Quesada L, León C, Betancourt J, Nicolau E. Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud [Internet]. 2016 [cited 2023 Dec 6]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552016000500014