



Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencias Médicas Dto. De Posgrado
Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas (IDIP) "Dr. Fernando Viteri"
Hospital de Niños de La Plata/ Min. Salud- Comisión de Investigaciones Científicas /PBA



Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Médicas

Departamento de Posgrado

Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas "Dr. Fernando Viteri".

Hospital de Niños de La Plata. Ministerio de Salud

Comisión de Investigaciones Científicas.

“Análisis comparativo entre dos métodos para la evaluación del tejido graso corporal en estudiantes universitarios de la ciudad de Rosario. Antropometría versus Bioimpedancia Eléctrica”

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN HUMANA

Producción Científica: Tesina

Tesista: Lic. Alexia Grass

Director: Dr. Guillermo Rodríguez Botta

Codirector: Dr. Horacio F. Gonzalez

Indice:

Resumen	Pag 3
Introducción	Pag 4
Justificación	Pag 5
Marco Teórico	Pag 6
Generalidades Sobre la Composición Corporal	Pag 6
Métodos para la valoración de la masa grasa corporal	Pag 15
La Impedancia Bioeléctrica (BIA)	Pag 19
Antripometría	Pag 26
Objetivos	Pag 34
Hipótesis	Pag 34
Matrial y Método	Pag 34
Resultados	Pag 36
Discusión	Pag 50
Conslusión	Pag 53
Bibliografía	Pag 54

Resumen

Introducción: El estudio de la composición corporal es importante para la determinación del estado nutricional, tanto en condiciones de salud como de enfermedad. La antropometría (A) y la Bioimpedancia Eléctrica (BIA) son métodos sencillos y de bajo costo para la estimación de %masa grasa(%MG)¹⁴. El objetivo de este trabajo fue comparar dos métodos para la estimación %MG: BIA y A. Además, se analizaron los resultados de %MG entre dos balanzas de BIA de diferente marca comercial y se evaluó la existencia de diferencias entre la estimación de %MG entre métodos según sexo.

Metodología: Estudio observacional, analítico, de corte transversal. Se midió %MG a 144 estudiantes (74 mujeres y 70 hombres, mediana de edad: 21 años) mediante A y BIA. Se utilizó A según protocolo ISAK con plicómetro Gaucho Pro y cinta antropométrica metálica Lufking executive. La medición a través BIA, se realizó según instrucción del fabricante con Tanita Segmental 545f y Omron Hbf-514c. Para estudiar la correlación entre los distintos métodos de %MG se utilizó el test de Spearman. La concordancia entre los métodos se analizó mediante Bland-Altman.

Resultados: La mediana estimada de %MG según los diferentes métodos fue : A 25,08% , Tanita 21,95% y Omrom 27,20%. Correlación entre Omrom-A ($r=0,90, p<0,01$), entre Tanita-A ($r=0,86, p<0,01$) y entre Tanita- Omrom ($r=0,93, p<0,01$). En el estudio de concordancia, la media de las diferencias de %MG entre A y Omrom fue de -3,15% (LI -11,22%, LS 4,93%), entre A y Tanita 0,96% (LI -8,32%, LS 10,24%) y entre Tanita y Omrom -8,32% (LI -10,44%, LS 2,23%). En hombres la media de las diferencias de %MG entre A y Tanita fue de 1,03% (LI -6,23%, LS 8,29). *(LS) Límite Superior (LI) Límite Inferior

Conclusión: Se observó una buena correlación entre los métodos, mientras que la concordancia fue baja. Solamente se encontró concordancia aceptable entre A y Tanita en la población masculina.

Introducción

El estudio de la composición corporal (CC), a pesar de no ser una disciplina nueva, despierta cada día más interés, por su importancia en la determinación del estado nutricional tanto en condiciones de salud como de enfermedad ¹

Conocer la CC es fundamental para el desarrollo de las ciencias de la salud y el entendimiento de las variaciones en los componentes corporales asociados a los procesos fisiológicos como el crecimiento, envejecimiento y enfermedad, entre otros².

La CC está referida a los compartimientos graso y no graso del organismo. Al primero, se le conoce también como porcentaje de masa grasa (%MG). Su estimación es importante debido al rol que desempeña en la homeostasis y en funciones vitales fisiológicas ³. La veracidad de los resultados obtenidos de la medición del %MG depende de los métodos e instrumentos utilizados ⁴.

Son numerosos los estudios que avalan el empleo de la Densitometría de rayos X de doble energía (DEXA) en la estimación de la CC ^{5 6 7 8 9}, considerándola como gold standard para su evaluación ^{10 11 12}. Sin embargo, debido a su alto costo, su inaccesibilidad y la necesidad de personal capacitado para su manipulación, es un método poco utilizado y limitado para la mayoría de los profesionales de salud ¹³.

La antropometría (A) y la Bioimpedancia Eléctrica (BIA) se han destacado como métodos cuyas técnicas son relativamente sencillas y de bajo costo en comparación. Estas características hacen que puedan ser ampliamente considerados cuando se busca analizar la CC en diferentes grupos poblacionales sin comprometer la efectividad de la evaluación¹⁴

La A estudia las diferentes medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano y se encuentra certificada por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) ¹⁵. Elegida para la valoración de la CC por su bajo costo, disponibilidad y portabilidad, aceptando el compromiso y la

dependencia del examinador en cuanto a la fiabilidad de mediciones como los perímetros o los pliegues cutáneos. ^{16 17}

La BIA se fundamenta en la medida de la Resistencia (R) y/o Impedancia (I) que los diferentes tejidos del cuerpo humano (capas concéntricas de grasa, músculo y hueso) ofrecen al paso de una corriente de baja intensidad y baja/media frecuencia según se trate de un sistema de monofrecuencia o de multifrecuencias, dependiendo del aparato BIA que se utilice.¹⁸

Justificación:

Existe un gran interés y necesidad en Nutrición de disponer de medios para la valoración de la CC, tanto la BIA como la A se destacan por su fácil utilización, bajo costo y su carácter no invasivo. ^{1 18}

Entre los profesionales del ámbito de la salud que deben realizar valoraciones de la CC, se plantean frecuentemente dudas acerca de cuál es el método más recomendable y si pueden ser comparables entre ellos.

Sumado a esto, se dispone de una amplia variedad de marcas comerciales de aparatos de BIA, es por esto que existe interés en conocer la concordancia entre los resultados obtenidos a través de las mismas.

Los estudios que han analizado la correlación entre el sistema BIA y el método A para la estimación del %MG son contradictorios. Debido a esta discordancia y ante la falta de estudios en nuestra población, se pretende comparar los resultados de los distintos métodos de medición de la masa grasa.

Marco Teórico

Generalidades Sobre la Composición Corporal

Podemos definir a la CC como el fraccionamiento del peso corporal en compartimentos. Esta posee una influencia directa sobre distintos parámetros de cada individuo, como pueden ser la capacidad de esfuerzo para una determinada actividad física o la mayor o menor tendencia a padecer ciertas enfermedades.¹⁹

Las mediciones de la CC son métodos de evaluación nutricional y son de interés para nutricionistas, profesionales de la salud y científicos del deporte. Con la creciente prevalencia de la obesidad y las enfermedades del estilo de vida, existe una mayor necesidad de métodos de composición corporal con mayor sensibilidad y precisión.

La evaluación de la CC proporciona información sobre el estado nutricional y la capacidad funcional del cuerpo humano y es útil en nutrición para describir el crecimiento y el desarrollo desde el nacimiento hasta la edad adulta y para comprender los orígenes del desarrollo de la salud y la enfermedad, al diseñar estrategias nutricionales y en el seguimiento de las intervenciones terapéuticas.¹⁹

Su medición y análisis permite conocer las proporciones de los distintos componentes del cuerpo humano, y su estudio constituye el eje central de la valoración del estado nutricional.²⁰

La estimación más precisa de la composición corporal se deriva de la densidad corporal mediante la ecuación de densidades fraccionarias que establece que la densidad global de una mezcla que contiene más de una sustancia (cada una con una densidad diferente) se puede calcular si la proporción y densidad de cada sustancia componente es conocida. Para la determinación de la composición corporal, a menudo se supone que el cuerpo está compuesto de cuatro sustancias básicas ("modelo de cuatro compartimentos").²⁰

La estimación del agua corporal total (ACT), de la masa grasa (MG), masa libre de grasa, así como de otros componentes como el mineral óseo, permite la

adecuada evaluación de la composición corporal, así como la asociación temprana entre el defecto o el exceso de estos compartimientos, con la aparición del riesgo para algunas enfermedades crónicas. ^{21 22}

El conocimiento de la CC tiene su aplicación en:

- 1.- Conocer los parámetros morfológicos de la población estudiada y compararlos con otras poblaciones.
- 2.- Valorar el crecimiento y desarrollo en las diferentes etapas de la vida.
- 3.- Obtener información importante sobre el estado de salud.
- 4.- Seguimiento posterior del colectivo estudiado y de ese modo poder valorar el desarrollo del mismo.
- 5.- Análisis de las diferentes áreas de la condición física, que permiten mejorar las parcelas defectuosas y prevenir futuras lesiones.
- 6.- Detectar las posibles anomalías físicas que acontezcan en la infancia y edades juveniles, y que normalmente no se ponen de manifiesto a no ser mediante la realización de pruebas específicas.
- 7.- Aportar nuevos datos en la evaluación y posterior tratamiento de distintas enfermedades.
- 8.- Desarrollar una clasificación de las posibles aptitudes básicas favorables para la práctica de un determinado deporte.
- 9 Orientar al individuo hacia una especialización en la práctica del deporte más idóneo para sus cualidades físicas, mejorando aquellos compartimientos que favorezcan un mayor rendimiento en la práctica de su deporte. ²³

Modelos de composición corporal.

Para llevar a cabo un adecuado análisis de la composición corporal será necesario delimitar la composición del cuerpo humano en función de sus diferentes componentes, fraccionamiento del que resultarán distintos modelos de composición corporal o modelos compartimentales. Behnke propone un modelo de análisis de la composición corporal basado en la aplicación del principio de Arquímedes, en el cual el peso corporal estaba representado por 2 componentes fundamentales, la masa grasa y la masa libre de grasa.²⁴

A partir de este modelo bicompartimental tendrá lugar el desarrollado de otro nuevo por Keys y Brozek . Estos autores dividieron el organismo en 4 componentes básicos: masa grasa, masa ósea, agua y proteína.²⁵

Matiegka, considerado como el padre de la composición corporal, en 1921 desarrolla un modelo de fraccionamiento de la masa corporal, esto es el llamado modelo de los 4 compartimentos o tetracompartimental. Dicho modelo contempla una composición basada en 4 componentes básicos: la masa grasa, la masa muscular, la masa ósea y la masa residual.²⁶ Este modelo a partir de los años 70 sufrirá modificaciones de acuerdo a las propuestas de Ross y Wilson²⁷, pasando por el modelo de 5 componentes de Drinkwater y Kerr y su modificación por Berral et al.²⁸

En el caso del último modelo o pentacompartimental, este centra su atención en torno a 5 componentes o niveles de estudio que varían de menor a mayor complejidad en su estructura y composición.²⁹

Así, podemos obtener la información que deseamos analizar, en función a los diferentes modelos de compartimentos, los cuales varían según su complejidad

de análisis, desde el más general, hasta el más específico de todos, que es el quinto y último nivel, también conocido como nivel corporal total. ³⁰

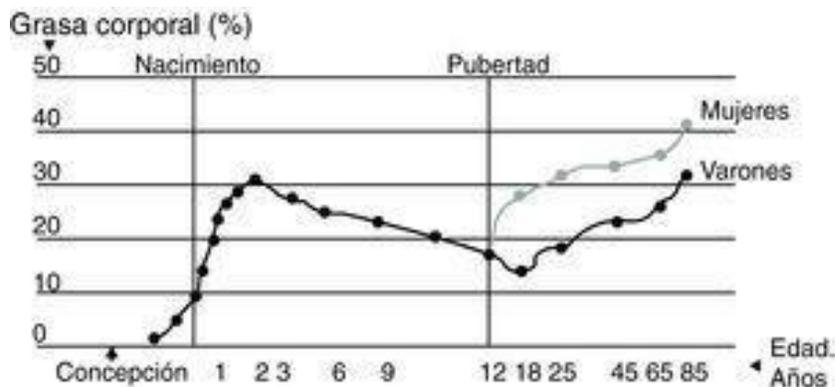
MASA GRASA

Definición

La MG, era considerada como un almacén de energía, sin embargo, en la actualidad también se conoce como un órgano endocrino que es el encargado de producir varias hormonas y citoquinas.

La MG representa en el organismo un componente esencial de reserva energética y como aislante nervioso. Supone un componente susceptible de presentar variaciones en el sujeto de acuerdo a su edad, sexo y transcurso del tiempo. ³¹

Cambios en la composición grasa a lo largo de la vida.



Warren y Shangold ³²

La principal función de este tejido es almacenar los triglicéridos hasta que se utilicen para suministrar energía en alguna parte del organismo. La cantidad de tejido adiposo se determina por el número de adipocitos y su tamaño, que se refleja en la cantidad de MG, expresada en porcentaje o en kilos.

Se considera un tejido endocrino, ya que produce y secreta péptidos con diferentes efectos que ejercen su acción en tejidos distantes (efecto endocrino), en contraste con efectos locales (paracrino o autocrino).³³

Las células endocrinas clásicamente son controladas por estímulos externos que generan un mecanismo de retroalimentación. También participa en los procesos de inflamación, regulación metabólica de energía, enfermedad vascular aterosclerótica, síndrome metabólico, y cáncer.

En la última década se ha reconocido el importante papel de los adipocitos en la homeostasis de energía corporal, la sensibilidad a la insulina, y el metabolismo de carbohidratos y lípidos.³⁴

A medida que la prevalencia del sobrepeso y de la obesidad se incrementan, también lo hace el interés por un mejor conocimiento de MG, de tal forma que está demostrada la importancia de este tejido en enfermedades que se derivan de su exceso y de su deficiencia, las cuales se asocian con insulino resistencia, con hiperglucemia, con dislipemia, con hipertensión y con estados protrombóticos y proinflamatorios, componentes todos del síndrome metabólico, el cual se define como un grupo de factores de riesgo de origen metabólico que se acompañan de un riesgo aumentado de diabetes tipo 2 y de enfermedades cardiovasculares.^{33 34}

Clasificación

La MG se puede clasificar según la función que realicen:

- Marrón: comúnmente conocido como grasa parda debido a que varía su color, va del dorado al marrón rojizo y se caracteriza por presentar adipocitos con un gran núcleo central, un amplio citoplasma y un gran número de mitocondrias. Las mitocondrias contienen citocromos que van a ser los encargados de darle el color a este tipo de tejido y estas células tienen las características de ser poligonales y más pequeñas en comparación con las del tejido blanco.³⁵³⁶

- Pardo: se encuentra en la nuca, axilas y alrededor de los grandes vasos del tronco en neonatos y se incrementa mucho en sujetos adaptados al frío. Durante varios años se consideró que el tejido graso desaparece después del primer año de vida sin embargo se ha encontrado en personas adultas que aún sigue activo.³⁷ Este tejido está involucrado en todos los procesos de termogénesis que sean inducidos por la temperatura del medio ambiente y en la dieta ya que va a mantener el balance energético aumentando el gasto de este tras la ingesta de alimentos ricos en grasas.³⁸
- Blanco: lleva este nombre por el contraste con el color del tejido adiposo pardo y su coloración va depender del tipo de dieta de la persona, va del blanco al amarillo. Este tejido constituye el sistema de reserva energética más importante de los organismos superiores ya que en sus adipocitos se va almacenar el exceso de energía en forma de triglicéridos que va a permitir la rápida movilización para ser utilizada en cualquier momento. Entre sus principales funciones, sintetiza los lípidos a partir de los excedentes de hidratos de carbono y de las proteínas, responde a estímulos hormonales y nerviosos, secreta hormonas como la leptina y la adiponectina, entre otras.³⁹

Localización

Desde el punto de vista anatómico se ha realizado una clasificación y se caracteriza por ser detallada y precisa ya que permite localizar cada región anatómica de este.⁴⁰

- Total: es la suma en general de todo el tejido excluyendo a la médula ósea y el tejido adiposo de las manos, cabeza y pies.

- Subcutáneo: es la capa que se encuentra en la dermis y la aponeurosis y fascia de los músculos - Tejido subcutáneo superficial: la capa que se encuentra entre la piel y un plano de la fascia en la parte inferior del tronco y región de la cadera y glúteos - Tejido subcutáneo profundo: es la parte que se encuentra entre la fascia muscular y un plano facial de la parte inferior del tronco y la región y de la cadera y los glúteos.
- Interno: tejido adiposo total menos el subcutáneo.
- Visceral: tejido dentro del tórax, abdomen y pelvis - Tejido adiposo intratorácico: es el tejido que se encuentra entre el área intarpericárdico y extrapericárdico - Tejido adiposo intrabdominopélvico: es el tejido que se encuentra en el área intraperitoneal, extraperitoneal, intrabdominal, intrapélvico
- Interno no visceral: tejido adiposo interno menos el tejido adiposo visceral - Tejido adiposo intramuscular: tejido dentro de las fascias de los músculos - Tejido adiposo perimuscular: tejido dentro de la fascia profunda del musculo, excluyendo al intramuscular, y en estos se va encontrar el tejido adiposo intermuscular y tejido adiposo paraóseo.⁴⁰

La Distribución del Tejido Adiposo, un Aspecto a tener en Consideración

Uno de los elementos más importantes en la distribución del tejido adiposo es el sexo, las diferencias entre sexos, con respecto a la cantidad y distribución del tejido adiposo, se da durante la pubertad en donde la cantidad total de tejido adiposo es mucho mayor en las mujeres que en los hombres, variando también su distribución, la causa del mayor porcentaje de tejido adiposo esta dado por la “grasa especifica del sexo”⁴⁰

En la niñez, la cantidad de tejido adiposo subcutáneo que recubre los miembros es considerablemente mayor que la que recubre el tronco. Durante la pubertad, los chicos pierden tejido adiposo en los miembros, pero la ganan en el tronco

En mujeres la pérdida de tejido adiposo en los miembros es menos pronunciada, y se acumula alrededor de los hombros, las caderas y las nalgas. Esta característica se sigue manteniendo aún tratándose de mujeres con una práctica de actividad física incrementada (atletas) en las cuales el pliegue del muslo es el que presenta los mayores valores en comparación a otros pliegues. Por lo tanto, los pliegues que pueden resultar representativos del tejido adiposo total en un sexo en particular, puede que no lo sea para el otro sexo.⁴⁰

Los esteroides sexuales están implicados en la distribución del tejido adiposo. Las hormonas reproductivas influyen directamente en el tamaño y número de adipositos humanos.

La diferenciación sexual de la distribución del tejido adiposo en la pubertad aparece mediada, al menos en parte, por los esteroides sexuales. El dimorfismo sexual de la distribución de tejido adiposo en adultos, parece estar directamente mantenido por efectos regionales específicos de las hormonas reproductivas sobre los adipositos.

Después de la menopausia, las mujeres asemejan su distribución de tejido adiposo al de los hombres, es decir, acumulan tejido adiposo en la zona abdominal, esto es concomitante con el incremento relativo de los niveles de andrógenos sobre los estrógenos.⁴⁰

Valores Normales

Normalmente la MG corporal presenta importantes variaciones cuantitativas (cantidad y distribución) según edad y sexo. El %MG aumenta con la edad, tanto en hombre como en las mujeres. Esta variación se estabiliza alrededor del 20% al 25% de las mujeres adultas y entre el 15% y el 20% en hombres adultos.⁴¹

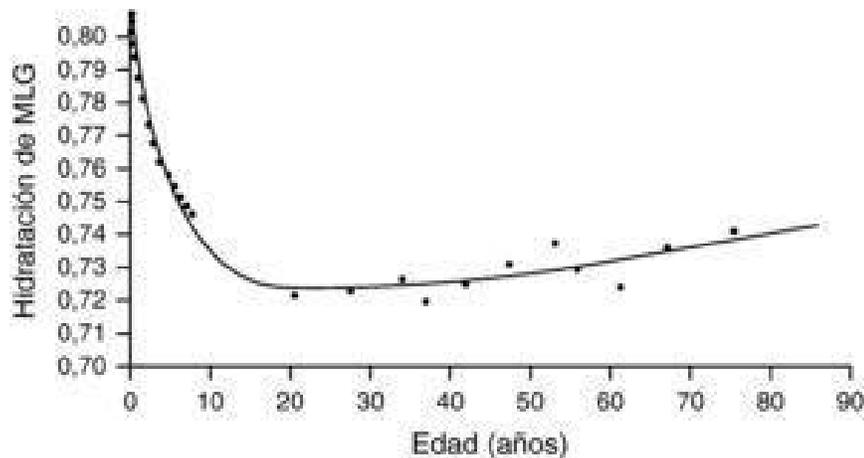
Diagnóstico de obesidad en base al %MG según sexo⁴²

Clasificación	Mujer (%)	Varón (%)
Normal	24-30	12-20
Límite	31-33	21-25
Obesidad	>33	>25

Masa libre de grasa

La masa libre de grasa está compuesta por minerales, proteínas, glucógeno y agua, agrupa el agua corporal total intracelular y extracelular, siendo su grado de hidratación medio del 73% y con una densidad aproximada de 1,1000g/ml a 36°C de temperatura. ⁴³

Respecto de la hidratación de la masa libre de grasa, se considera la existencia de una gran variabilidad; ya que ni la raza ni el sexo parecen alterar a gran escala la hidratación de la masa libre de grasa. Así, el agua corporal comprende una proporción que varía del 55 al 65% respecto al peso corporal y de un 73% para la masa libre de grasa. El contenido en agua corporal total aumenta con la edad. Asimismo, la relación entre los compartimentos extracelular e intracelular disminuye durante el crecimiento en niños a razón de un 0,4% por año. El agua ubicada en el interior de las células representa el compartimento acuoso más importante. Supone el 30-40% del peso corporal y entre el 50-70% del volumen de agua corporal total. ⁴⁴



Hidratación según la edad de la masa libre de grasa. MLG: masa libre de grasa. Heymsfield et al. ⁴⁵

Métodos para la valoración de la composición corporal

Métodos indirectos

Los métodos indirectos de evaluación de la composición corporal, no realizan la manipulación de los tejidos que son analizados, por lo que se realiza un análisis de la composición corporal in vivo. A pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y con alto coste financiero. ⁴⁶

Los métodos más utilizadas en la investigación y en los medios clínicos son los métodos de la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN) y la absorciometría dual de rayos X (DXA). ⁴⁷

Tomografía axial computarizada

La TAC se basa en el uso de un escáner de emisión de rayos-X que traspasan al sujeto. Esta técnica fue la primera que se utilizó para determinar el área muscular de sección transversal y la grasa abdominal en 1979 y 1982

respectivamente. La intensidad de salida del rayo-X es monitorizada por una serie de detectores que codifican la señal para producir una imagen visual de 10 mm de grosor aproximadamente. Así, la transmisión de salida se utiliza para calcular el coeficiente de atenuación media a lo largo de la longitud del haz de rayos-X. Estos coeficientes se miden en unidades Hounsfield (UH).⁴⁸

Una de las mayores ventajas de esta técnica es que permite medir la grasa infiltrada en el músculo esquelético. Además, tiene gran precisión y repetitividad, proporciona mayor información sobre los músculos, tejido adiposo y órganos que otros métodos como DXA o impedancia bioeléctrica. Las desventajas de este método tienen que ver con la exposición del paciente a una elevada dosis de radiación y el coste de este instrumento.⁴⁹

Resonancia Magnética Nuclear

La RMN es una técnica que puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. Así mismo, puede utilizarse para conocer la composición corporal total o de un área concreta. Esta técnica se basa en la interacción entre los núcleos atómicos del hidrógeno y los campos magnéticos generados y controlados por el dispositivo. Cuando un sujeto se coloca en el interior del imán de un aparato de RMN, los momentos magnéticos de los protones tienden a alinearse con el campo del imán. Cuando un campo de radiofrecuencia pulsada se aplica a los tejidos del cuerpo, los protones del hidrógeno absorben la energía. Cuando la radiofrecuencia pulsada se apaga, los protones vuelven gradualmente a su estado anterior y liberan la energía absorbida en forma de otra señal de radio frecuencia pulsada que se utiliza para el desarrollo de las imágenes de resonancia magnética. Para incrementar el contraste entre el tejido adiposo y el músculo esquelético, los sistemas de captación de datos de las resonancias magnéticas están programados para conocer la densidad de los protones específicos y los tiempos de relajación de los diferentes tejidos.⁵⁰

Las ventajas de este método son la validez para medir la grasa visceral y la capacidad de establecer inferencias sin someter al sujeto a las radiaciones de la TAC⁵¹. Otra característica a destacar es que aporta una muy elevada precisión.⁵²

Densitometría de rayos X de doble energía (DEXA)

DEXA es una técnica indirecta de análisis de la composición corporal basada en la absorciometría fotónica de rayos X, con una alta precisión para medir la grasa corporal y buena correlación con los valores estimados mediante hidrodensitometría. Es considerada el método Gold Standard para la estimación de CC. El tiempo necesario para su realización oscila entre tres y 20 minutos, dependiendo de la masa corporal de cada persona.⁵³

El método DEXA mide la grasa corporal, los músculos y el mineral óseo corporal total utilizando dos energías de rayos X. El principio del DEXA es que la atenuación de los rayos X con altas y bajas energías de fotones es medible y depende de las propiedades del tejido subyacente. Las variaciones en la atenuación de los rayos X a través de los tejidos son causadas por diferencias en la densidad y composición química de la grasa, masa magra y hueso.⁴⁷

El procedimiento por el cual la DXA estima la composición corporal se establece a través de la atenuación de fotones. Cuando los fotones atraviesan los tejidos de los sujetos son absorbidos o diseminados por el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton. El efecto Compton 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.⁴⁷

La DEXA es un método rápido, tiene baja exposición a la radiación y necesita poca habilidad técnica y preparación por parte del individuo. Las imágenes se pueden dividir en los componentes de hueso y tejido blando

utilizando dos niveles de energía diferentes. Si bien DEXA es el gold standar para las mediciones de densidad mineral ósea, también se usa para estimar la grasa corporal total y regional y la masa magra. ^{54 55}

Durante una medición DEXA, la persona se acuesta en una cama y un haz de rayos X pasa en dirección posterior a anterior a un detector. El método DEXA tiene la capacidad de evaluar la composición corporal regional y total. El método DEXA supone que la cantidad de grasa sobre el hueso es la misma que la cantidad de grasa sobre el tejido sin hueso, cuando, de hecho, varía y este es un inconveniente importante al usar DEXA para estimar el % MG. ⁵⁴

DEXA ha demostrado ser más preciso que los métodos de densidad corporal para estimar la grasa corporal total. El análisis DEXA supone una hidratación constante del tejido blando magro, pero la hidratación varía con la edad, el sexo y la enfermedad y esto podría ser una posible limitación. DEXA se ha utilizado para el análisis de la composición corporal en una amplia gama de aplicaciones clínicas. ¹⁹

Métodos doblemente indirectos

Los métodos doblemente indirectos de análisis de la composición corporal (BIA- A) también son técnicas para medir la CC y en general, fueron validados a partir de los métodos indirectos. Entretanto, en razón de los altos costes de los métodos indirectos y de la sofisticación metodológica, los métodos doblemente indirectos como la antropometría y la impedancia bioeléctrica ganan importancia debido a su sencillez, seguridad, facilidad de interpretación y bajas restricciones culturales. Además, estos métodos presentan mejor aplicación práctica y menor coste financiero, lo que permite su empleo en investigaciones y estudios epidemiológicos. ⁴⁷

Bioimpedancia Eléctrica (BIA)

La BIA es un método preciso, simple y barato que puede aplicarse a pacientes estables y sujetos sanos ^{56 57 58 59 60 61} y posee una buena correlación con parámetros antropométricos. Los primeros en concretar su aplicación fueron Nyboer, Thomasset y Hoffer ^{62 63 64 65}, buscando la relación entre impedancia y agua corporal total, función tiroidea, metabolismo basal, entre otros usos.

El análisis por BIA se debe a la resistencia de los tejidos al paso de una corriente eléctrica. Los componentes corporales ofrecen una resistencia diferenciada al paso de la corriente eléctrica, pero cabe destacar que tanto los huesos, como la MG, al contener poca agua, constituyen un medio de baja conductividad, o sea, de alta resistencia al paso de la corriente. La masa muscular y otros tejidos ricos en agua y electrolitos son buenos conductores, permitiendo más fácilmente el paso de la corriente. ^{66 67}

Como otros métodos de evaluación de la CC, esta relación entre variables, depende de premisas estáticas y relaciones dinámicas con respecto a las propiedades eléctricas del cuerpo, como la composición, hidratación y densidad, edad, raza, sexo y condición física de las personas valoradas. ⁶⁸

La sencillez de uso de la BIA hace que se emplee incluso en estudios epidemiológicos. Sin embargo, los errores de determinación de grasa pueden ser importantes, dependiendo del equipo, el estado de hidratación y, sobre todo, de la distribución de la grasa (las extremidades superiores contribuyen casi a la mitad de la resistencia y el tronco sólo a la décima parte y del contenido en glucógeno hidratado del músculo, pues se asume habitualmente que el 73% del músculo es agua, lo que no es una verdad absoluta. ⁶⁹

Los estudios de bioimpedancia eléctrica (BIA) se basan en la estrecha relación que hay entre las propiedades eléctricas del cuerpo humano, la composición corporal de los diferentes tejidos y del contenido total de agua en el cuerpo. Como todos los métodos indirectos de estimación de la composición corporal, la BIA depende de algunas premisas relativas a las propiedades

eléctricas del cuerpo, de su composición y estado de maduración, su nivel de hidratación, la edad, el sexo, la raza y la condición física.⁷⁰

Principios físicos de la BIA

Principios y propiedades bioeléctricas del cuerpo humano.

La impedancia corporal (Z) está en función de 2 componentes o vectores: resistencia (R) y reactancia (Xc). Estos 2 vectores estarían de acuerdo a la ecuación $Z^2 = R^2 + Xc^2$. La R representa la resistencia de los tejidos al paso de una corriente eléctrica y Xc es la oposición adicional debida a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares (es el llamado componente dieléctrico). Estos valores dependen de la frecuencia de la corriente eléctrica. La Xc se debe al efecto eléctrico de la carga ofrecida durante períodos cortos, por el componente lipídico de las membranas de la masa celular.⁷¹

La R es proporcional a la longitud del cuerpo (generalmente se considera su longitud o altura) e inversamente proporcional al área de sección (generalmente las medidas que representan los perímetros de los segmentos del tronco y de las extremidades). Por ello, un cuerpo largo tendrá una gran resistencia en relación con uno más corto, y un cuerpo con un área de sección pequeña tendrá una resistencia menor.

Matemáticamente, el volumen del conductor puede estimarse con la ecuación:
volumen del conductor (V) = longitud (L) × área (A)

$$A = V/L$$

$$R = \rho (L/A)$$

$$R = \rho L (L/V)$$

$$V = \rho L^2/R$$

* siendo ρ una constante de resistividad del cuerpo.

Esta relación volumétrica asume que el conductor tiene una forma uniforme y que la corriente también se distribuye uniformemente. La constante de resistividad del cuerpo (ρ) en ohms/cm es independiente del tamaño y la forma, y es similar a la gravedad específica.⁷¹

Si se sustituye la longitud por la estatura, obtenemos el cociente del cuadrado de la estatura por la resistencia ($\text{estatura}^2/R$), en cm^2/Ω , y este es el conocido índice de impedancia, que es proporcional al volumen corporal. Este índice es de gran importancia, ya que se presenta en la mayoría de las ecuaciones de predicción, como la mayor y más importante variable predictora del agua corporal total.⁷¹

Los aparatos de impedancia eléctrica introducen generalmente en el cuerpo una corriente alterna de amperaje muy bajo (imperceptible), que discurre por el cuerpo, actuando el agua corporal como elemento conductor y la resistencia que ofrece el fluido al paso de esa corriente es medida por el impedanciómetro.⁷²

La resistencia en el cuerpo no es la misma que la de los conductores no biológicos. La reactancia está causada por la resistencia ofrecida por las membranas celulares, los tejidos de sostén y los tejidos no-iónicos que retardan el paso de la corriente.

Los flujos eléctricos de corriente atraviesan de forma diferente tanto los líquidos extracelulares, como los intracelulares, y son dependientes de la frecuencia de la corriente. En frecuencias de 5 Hz o menores, esta corriente fluye muy bien por el agua extracelular con una reactancia muy baja.⁷²

Con frecuencias por encima de 100 Hz, la corriente penetra en los tejidos corporales también con una reactancia mínima. La reactancia y el ángulo de fase describen la relación entre la BIA y el cuerpo.⁷³

Algunos estudios han mostrado la relación entre la reactancia (X_c) y el ángulo de fase con variables fisiológicas, nutricionales y de esperanza de vida. La constante de resistividad (ρ) no es igual en todos los segmentos del cuerpo humano y esto se debe a las variaciones intraindividuales e interindividuales de la composición de los diferentes tejidos, que en suma son parte de las diferencias interindividuales y de la existencia de errores de predicción en la estimación de la composición corporal mediante BIA.^{74 75}

Aspectos metodológicos sobre la bioimpedancia eléctrica

La metodología más utilizada para realizar una BIA de cuerpo entero es la tetrapolar, que consiste en la colocación de 4 electrodos: dos a través de los cuales se introduce una corriente alterna (generada por el impedanciómetro) y otros dos que recogen esta corriente midiéndose, entre estos, los valores de impedancia, resistencia y reactancia corporal. Estos electrodos deben hallarse a una distancia mayor de 4-5 cm, ya que, si no, puede haber interferencias y, por tanto, valores erróneos de la resistencia y la reactancia. ⁷⁶

Las medidas de impedancia deben tomarse en posición de decúbito supino y los electrodos deben disponerse en la mano-muñeca y el pie-tobillo. La posición de decúbito supino es para disminuir los efectos de la gravedad en la tendencia de remansar el agua en las extremidades inferiores después de la bipedestación. ^{73 76}

Actualmente, los impedanciómetros segmentales realizan mediciones con electrodos mano-mano o pie-pie, normalmente con el individuo en posición de bipedestación, y todo ello siempre sujeto a las instrucciones de cada modelo de bioimpedanciómetro y del fabricante. Los primeros estudios provienen del inicio de la década de 1960, los cuales se centran en la relación de las medidas de impedancia corporal, como el índice del ACT, y variables fisiológicas, como la función tiroidea, la tasa metabólica basal, la actividad estrogénica y el flujo de sangre. ⁷⁷

Thomasset fue el primero en hablar de las medidas de impedancia de los tejidos corporales, como índice de ACT. Unos años más tarde, Hoffer et al relacionan la impedancia corporal total con ACT, mediante el paso de corriente a 50 Khz y utilizando el índice de impedancia (H^2/R en m^2/Ω) en esa estrecha relación. ⁷⁸

Algunos investigadores, como Bolot et al y Jenin et al, fueron de los primeros en describir las proporciones de AEC en relación con el ACT, a partir de las relaciones de la BIA, medidas a diferentes frecuencias. ^{79 80}

Desde la década de 1990 han proliferado gran cantidad de sistemas de BIA de diferentes fabricantes, con gran difusión, y en 1994 el National Institute of Health Technology de Estados Unidos realizó una reunión clave para valorar la realidad de la BIA en torno a aspectos importantes, como la seguridad, la estandarización, la medida de parámetros bioeléctricos, la validez, su uso clínico y sus limitaciones.⁸¹

Estos hacen referencia a aspectos como:

- Seguridad. En cuanto a la seguridad no se conocen actualmente efectos adversos, aunque se debe tener en cuenta que podrían afectar a la actividad eléctrica de marcapasos y desfibriladores, por lo cual en estas circunstancias se desaconseja su uso o bien se debería realizar con control electrocardiográfico.

- Estandarización. Son muy bien conocidas las condiciones que pueden afectar a la precisión de las medidas, como son: la posición corporal, la hidratación, el reciente consumo de comidas y/o bebidas, la temperatura ambiente y de la piel, la actividad física reciente y el estado de repleción de la vejiga urinaria.⁸²

- Propiedades bioeléctricas. No se conoce de forma exacta por dónde discurre la corriente eléctrica, si es a través del agua extracelular o intracelular. Ésta varía según la composición de cada individuo, su tamaño, la composición de sus electrolitos y estas circunstancias conforman, en realidad, la esencia de la BIA. El índice de impedancia es la variable independiente que más se utiliza en las ecuaciones de regresión y no se pueden aplicar a poblaciones en las que no se hayan derivado, ya que una ecuación de BIA responde a las relaciones estadísticas encontradas con una población de referencia, de la cual fue derivada. Las ecuaciones suelen combinar variables de impedancia y antropométricas y son una norma común en todas ellas. La mayoría de aparatos de BIA comerciales no

suelen informar de las ecuaciones de cálculo (de la MLG y MG) que utilizan ni del error de estimación de esta predicción. ⁸³

– Validez. Este es un asunto que aún permanece en discusión en cuanto a la validez y a las estimaciones de la composición corporal.⁸⁴ La capacidad para predecir la MG en grandes obesos es importante debido a la gran proporción de masa corporal y de agua corporal que reside en el tronco, además de que la hidratación de la MLG es mayor en el sujeto obeso y la relación ECW/ICW está aumentada. ⁸⁵Recientemente, se han validado ecuaciones de BIA con un método multicomponente, para un amplio rango de edad (12-90 años) y con estas ecuaciones se han publicado valores de R, Xc e índice de impedancia . ⁸⁶

– Uso clínico. El uso clínico de la BIA frecuentemente se relaciona a alteraciones de la distribución acuosa, como ocurre en las enfermedades graves; en este caso las asunciones de la BIA son inválidas, así como en otras situaciones, como la hemodiálisis, la prescripción y el seguimiento de la diálisis basado en el modelo cinético de la urea. ⁸⁷

También la utilización de la BIA está en constante investigación en los pacientes terminales con enfermedad renal crónica. ⁸⁸

– Limitaciones. Las alteraciones del agua intracelular son frecuentes en la desnutrición proteico-calórica y, por ello, las medidas de la MLG no reflejan exactamente la cantidad de MLG real ⁸⁹, ni los cambios de la MLG que se producirían con la alimentación parenteral. Ellis et al han descrito una serie de recomendaciones generales para el uso de la impedancia después de que su implantación ha sido muy extendida por parte de gran número de investigadores, y no siempre se ha utilizado bien. En general, la impedancia de piernas y brazos es menos predictiva de la MLG que la BIA de cuerpo entero. ⁹⁰

Instrumentos de análisis por bioimpedancia eléctrica

Bioimpedancia eléctrica monofrecuencia

Todos los aparatos de monofrecuencia normalmente operan a una frecuencia de 50 Khz, con electrodos dispuestos en la mano y en el pie o bien dispositivos pie-pie o mano-mano. Este método permite calcular la resistividad corporal y estimar el ACT y MLG. La cuantificación del ACT con un sistema de BIA monofrecuencia es bastante preciso.

Los resultados de la impedancia se basan en modelos matemáticos teóricos y ecuaciones empíricas. En esta frecuencia (50 Khz), el índice de impedancia es directamente proporcional al ACT y permite el cálculo de la MLG, pero no permite determinar, ni diferenciar, el agua intracelular o extracelular. La BIA monofrecuencia no debe utilizarse cuando hay alteraciones de la hidratación, y de ninguna forma deducir si son por parte del componente acuoso intracelular o extracelular.⁹¹

Bioimpedancia eléctrica multifrecuencia

Los instrumentos BIA multifrecuencia utilizan modelos empíricos de regresión lineal a diferentes frecuencias, como 0, 1, 5, 50, 100, 200 y 500 Khz, para estimar el ACT, el AEC y el agua intracelular (AIC), y por derivación, la MLG. Los aparatos multifrecuencia son precisos para diferenciar variaciones en los niveles de hidratación. Se ha descrito una mejor precisión y un sesgo menor de los aparatos multifrecuencia para las estimaciones de AEC respecto a los aparatos monofrecuencia. Hay que destacar que las medidas de resistencia no difieren entre los aparatos de monofrecuencia y los de multifrecuencia.⁹²

Bioimpedancia eléctrica segmental

Esta técnica necesita de dos electrodos adicionales en la muñeca y el tobillo de las extremidades opuestas, o bien sobre la muñeca, el hombro (acromion), espina ilíaca superior y tobillo. El tronco que tiene una gran sección transversal sólo contribuye en un 10% de la impedancia corporal total (Z) y paradójicamente puede representar hasta el 50% del peso corporal.

La BIA segmental se ha utilizado para conocer la distribución de fluidos en diversas enfermedades y puede ser útil para el conocimiento de la acumulación de fluidos en la cavidad torácica o abdominal.⁹³

Como todos los métodos de estimación de la CC, la BIA depende de una serie de premisas estáticas y relaciones dinámicas, como son las propiedades eléctricas del cuerpo humano, conformadas por su composición molecular, su hidratación, la densidad de los tejidos, así como la edad, la raza, el sexo y el grado de condición física.⁹³

Antropometría

La A es la disciplina que estudia el cuerpo humano mediante medidas y evaluaciones de su tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y funciones corporales con la finalidad de entender los procesos implicados en el crecimiento, el ejercicio, la nutrición y el rendimiento deportivo.

Es la sub-rama de la antropología biológica o física que estudia las medidas del cuerpo Humano y las estudia referentemente sin ningún tipo de porcentaje de error mínimo, ya que las medidas han de ser exactas a la par que se tomen.⁹⁴

Se refiere al estudio de las dimensiones y medidas humanas con el propósito de valorar los cambios físicos del ser humano y las diferencias entre sus razas y sub-razas.

Esta ciencia surge en el siglo XVIII con el fin de diferenciar los individuos por sus razas o grupos, pero fue en el año 1870 que se descubre dicha ciencia por la publicación de la obra “Antropometrie”, del matemático belga Quételet, y finalmente en el año 1940 se consolida en vista del panorama bélico a nivel mundial, ya que se utilizó para el diseño de objetos y espacios utilizados por los hombres en la cual cada uno contemplaba distintas dimensiones producto de la edad, sexo, raza, entre otros.

La antropometría consiste en la evaluación de las diferentes dimensiones corporales y en la composición global del cuerpo, siendo utilizada para diagnosticar el estado nutricional de poblaciones y la presencia o ausencia de factores de riesgo cardiovascular, como la obesidad o la cantidad de grasa abdominal⁹⁴

La A es utilizada para la investigación del crecimiento, la obesidad, el estado de salud y la condición física de deportistas de diferentes deportes.⁹⁵

La estimación de la CC por medio de medidas antropométricas utiliza medidas relativamente simples como peso, talla, perímetros, diámetros óseos y pliegues cutáneos.

Las A es utilizadaa como una herramienta para evaluar el estado nutricional del individuo. El estudio antropométrico o las medidas bio antropométricas permite calcular una serie de medidas como altura, peso, IMC, componente muscular, componente adiposo, agua corporal, entre otros, y así obtener información acerca del estado corporal y nutricional del individuo lo que permite tratar en el caso de su existencia de ciertas deficiencias o aptitudes físicas, especialmente antes de iniciar un programa de entrenamiento físico.⁹⁵

Son instrumentos de medición que nos permiten conocer el estado de salud corporal y orgánica en que te encuentras antes de iniciar un programa de entrenamiento físico o deportivo, y proporciona información preventiva para tratar ciertas deficiencias físicas y de aptitud física.

Los cambios ocurridos en los estilos de vida, en la nutrición y en la composición racial y/o étnica de las poblaciones, conllevan a cambios en la distribución de las dimensiones corporales (por ejemplo: obesidad) y con ellos surge la necesidad de actualizar constantemente la base de datos antropométricos.⁹⁶

A partir de la medida de los pliegues cutáneos es posible estimar la densidad corporal utilizando algunas ecuaciones matemáticas, desarrolladas para diferentes grupos poblacionales con características diversas. Con los valores calculados de la densidad corporal, es posible estimar el la masa grasa y la masa magra corporal.⁹⁶

El nivel de precisión de la medida de la composición corporal por el método de los pliegues cutáneos depende del tipo y calibración del compás utilizado, del nivel de entrenamiento, precisión y técnica del evaluador y de la precisión en la identificación de los puntos anatómicos que deben ser medidos⁸. No obstante, este método asume algunos principios que pueden llevar a un error, como considerar que la compresión ejercida por el instrumento o evaluador sobre el pliegue es siempre la misma; inferir la cantidad de MG visceral a partir de la subcutánea; o considerar que el patrón de MG es constante a lo largo de los tejidos.⁹⁷

El nivel de precisión de la medida de la composición corporal por el método de los pliegues cutáneos depende del tipo y calibración del compás utilizado, del nivel de entrenamiento, precisión y técnica del evaluador y de la precisión en la identificación de los puntos anatómicos que deben ser medidos⁴⁷

En razón al bajo coste operacional y a la relativa simplicidad de las evaluaciones, los métodos antropométricos son aplicables a grandes muestras y pueden proporcionar estimaciones poblacionales y datos para el análisis de cambios seculares, si bien su aplicación precisa de un entrenamiento adecuado y una calibración determinada de los aparatos que utiliza.^{98 99}

Estándares Internacionales para la valoración Antropométrica

La A, depende de la estricta adhesión a un protocolo de medición determinado por los organismos normativos nacionales e internacionales. Entre las normas antropométricas internacionales podemos nombrar a la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría) (ISAK).

ISAK es una organización de individuos cuya labor científica y profesional está relacionada con la cineantropometría. El objetivo de ISAK es crear y mantener una red internacional de colegas que trascienda límites geográficos, políticos y de las diferentes disciplinas para establecer un área dinámica de labor científica. Otro de los objetivos de ISAK es un esquema de acreditación internacional en A basado en las normas internacionales para la valoración antropométrica. Uno de los puntos clave es el objetivo del mantenimiento de calidad en la medida al exigir que todos los antropometristas ISAK cumplan con ciertos criterios incluyendo unos mínimos de error técnico de medida.¹⁰⁰

La ISAK ha desarrollado normas internacionales para la valoración antropométrica y un esquema de acreditación internacional en antropometría. El sistema de acreditación se basa en un sistema de jerarquía de cuatro niveles. Un elemento clave es el objetivo del mantenimiento de calidad en la medida al exigir que todos los niveles tienen que cumplir con unos mínimos de error técnico de medida (TEM). La ISAK, que evolucionó a partir de su precursor, la International Working Group on Kinanthropometry (Grupo de trabajo Internacional en Kinantropometría), está conformada de miembros originarios de más de 50 países y ha trabajado desde 1986 en el desarrollo de normas antropométricas.¹⁰⁰

Formulas antropométricas

Dentro del gran universo de fórmulas basadas en la medición de pliegues cutáneos (más de 100 han sido reportadas), la de Durnin y Womersley de 1974 es

una de la más utilizada debido a que surgió de un universo heterogéneo de personas.

Los estudios, para la elaboración de las formulas, fueron hechos sobre 209 varones de entre 17 y 72 años de edad y 227 mujeres de entre 16 y 68 años edad en Escocia, el conjunto de la muestra fue separado en 5 grupos 16 a 19 (17 a 19 en los hombres); 20 a 29; 40 a 49: y 50 años y más. ¹⁰¹

Los sujetos fueron deliberadamente seleccionados para representar una variedad de tipos corporales con niveles diferentes de actividad física (voluntarios de una clínica de obesidad, clubes locales de salud, organizaciones deportivas, compañías de ballet y otras fuentes). El calibre utilizado para llevar a cabo el estudio fue un Harpenden

Esta fórmula considera la medición de 4 pliegues cutáneos, que por designación de los autores son señalados como pliegues: bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco.

1. pliegue tricipital: longitudinalmente, en la parte posterior del miembro superior no dominante, en el punto medio entre acromion y olécranon, con la extremidad relajada, de forma paralela al eje del brazo;
2. pliegue bicipital: en el mismo punto que el tricipital, pero en la cara anterior del brazo
3. pliegue subescapular: justo por debajo de la punta de la escápula no dominante, con un eje de 45° respecto de la columna vertebral
4. pliegue suprailíaco: por encima de la cresta ilíaca a nivel de la línea medio-axilar, formando un ángulo de 45° con la línea inguinal media ¹⁰¹

Fórmula de Durnin y Womersley de 1974 para el cálculo de densidad corporal:

Densidad en hombres	Densidad en mujeres
<i>Edad (años)</i>	<i>Edad (años)</i>
17 - 19 = 1.1620 - 0.0630 por log. Suma 4 pliegues.	16 - 19 = 1.1549 - 0.0678 por log. Suma 4 pliegues
20 - 29 = 1.1631 - 0.0632 por loq. Suma 4 pliegues	20 - 29 = 1.1599 - 0.0717 por loq. Suma 4 pliegues
30 - 39 = 1.1422 - 0.0544 por loq. Suma 4 pliegues	30 - 39 = 1.1599 - 0.0717 por loq. Suma 4 pliegues
40 - 49 = 1.1620 - 0.0700 por log. Suma 4 pliegues	40 - 49 = 1.1333 - 0.0612 por log. Suma 4 pliegues
> 49 = 1.1715 - 0.0779 por loq. Suma 4 pliegues	> 49 = 1.1339 - 0.0645 por loq. Suma 4 pliegues

Existen distintas ecuaciones para estimar el %MG a partir de la densidad corporal. Estas ecuaciones han sido construidas gracias a investigaciones previas que han utilizado cadáveres para calcular las densidades y las proporciones relativas de los componentes químicos de los distintos tejidos corporales.

Dentro de las diferentes formulas, podemos encontrar la de Siri, considerada la ecuación con mayor aceptación para dicho calculo, que 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 formula de Brozek es de 1.1033 g/cm³ para la masa magra y de 0.88876 gr./cm³ para la masa grasa. Estas dos formulas de conversión de densidad corporal a porcentaje de grasa producen estimaciones similares (entre 0.5 y 1.0 en el porcentaje de grasa) en un rango de entre 1.0300 a 1.0900 g/cm³.¹⁰²

La expresión matemática de la ecuación de Siri es:

$$\% \text{ grasa corporal} = [(4,95 / \text{densidad}) - 4,5] \times 100. \quad 103$$

Tablas "Argo-Ref"

Las tablas Argoref aportan una ayuda al profesional de salud y deporte . Brinda parámetros de la población Argentina , sirven de comparación y análisis.

Se presentan los datos Argoref con los valores descriptivos para 41 variables antropométricas (ISAK), además de algunos indicadores básicos, datos de composición corporal y somatotipo.

Es una referencia antropométrica para el trabajo en áreas de salud y deporte que utilicen A como herramienta, ya que es una base de datos de población nacional. El % MG fue calculado con la ecuación de Durnin & Womersley.¹⁰⁴

Índice masa corporal

El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m²).¹⁰⁵

Formula: **IMC = Peso/Talla² (Kg/m²)**

El IMC fue diseñado para proporcionar una medida del peso con independencia de la estatura. Define cuáles son los parámetros de salud según la masa corporal, y expresar cual es el grado de delgadez, sobrepeso u obesidad de u individuo.

Para individuos con una CC media, el IMC se interpreta como sigue: 18,5-25, peso óptimo; inferior a 18,5, bajo peso; superior a 25, sobrepeso y superior a 30 obesidad.¹⁰⁶

Aunque este índice se como indicador de la obesidad, no distingue la MG, ni el peso correspondiente al músculo o agua. Lo que hace que no sea muy exacto. Un deportista o tendrían sobrepeso si tenemos en cuenta su peso respecto a la altura, pero no tienen los problemas de salud que tiene una persona

obesa. Esta última tiene problemas debido a la cantidad de grasa que tienen, no por el peso. ¹⁰⁵

Si bien el IMC se calcula de la misma manera para los niños y los adultos, los criterios utilizados para interpretar el significado del número del IMC de los niños y los adolescentes son diferentes de los utilizados para los adultos. Para los niños y adolescentes, los percentiles del IMC específicos según la edad y el sexo se usan por dos razones:

- La cantidad de grasa corporal cambia con la edad.
- La cantidad de grasa corporal varía entre las niñas y los niños.

Por estos factores, la interpretación del IMC es específica tanto respecto a la edad como al sexo para los niños y los adolescentes. Por otro lado, para los adultos, el IMC se interpreta por medio de categorías que no dependen del sexo ni de la edad. ¹⁰⁶

Limitaciones

Escala

El exponente en el denominador de la fórmula para el IMC es arbitrario. El IMC depende del peso y del "cuadrado" de la altura. Mientras que la masa se incrementa del orden de la tercera potencia, al ser una medida que depende del volumen tridimensional, implica que los individuos más altos con la misma forma de cuerpo y composición relativa tienen un índice mayor de BMI. ¹⁰⁷

No diferencia entre masa muscular y masa grasa

El IMC asume una distribución entre la masa muscular y la masa grasa que no son ciertas. Generalmente sobreestima el tejido adiposo en aquellos con mayor masa corporal (por ejemplo atletas) y subestima el exceso de grasa en aquellos con menor masa corporal. ¹⁰⁷

Objetivo General:

Comparar dos métodos para la estimación de masa grasa: bioimpedancia eléctrica y antropometría.

Objetivos Específicos:

- a) Comparar resultados de composición grasa entre dos balanzas de bioimpedancia eléctrica de diferente marca comercial.
- b) Analizar la existencia de diferencias entre la estimación de masa grasa con bioimpedancia eléctrica y antropometría según sexo.

Hipótesis:

La bioimpedancia eléctrica y la antropometría no tienen buena correlación en sus estimaciones de masa grasa en estudiantes universitarios

Material y Método:

Estudio observacional, analítico de corte transversal. El n muestral total fue de 144 participantes (70 hombres y 74 mujeres) entre 19 y 26 años de la Universidad Abierta Interamericana, sede Ov. Lagos de la ciudad de Rosario.

Se invitó a los alumnos a participar del estudio con una semana de anticipación especificando día, horario y duración de la toma de datos. Se solicitó la firma del consentimiento informado. Las mediciones se realizaron en el aula de laboratorio de la Universidad.

Todas las medidas se realizaron en la misma sesión, para evitar variaciones en las condiciones ambientales o biológicas afecten a los resultados. Se realizó primero la medición por BIA y después las mediciones por A.

Alumnos de la Universidad Abierta Interamericana de la Lic. en Nutrición, Lic. en Educación Física y Lic. en Kinesiología entrenados, tomaron datos sobre peso y talla por medio de una báscula de marca Roma. Para garantizar la confiabilidad de los datos, las mediciones del peso y talla se realizaron por duplicado.

La medición por BIA, se realizo según instrucción de fabricante. Se utilizaron 2 marcas comerciales: Tanita Segmental 545f, y Omron Hbf-514c.

Para el método antropométrico se utilizó el plicómetro Gaucho Pro, fabricado en Argentina bajo licencia de Rosscraft Canadá y cinta antropométrica metálica Lufking executive.

Las medidas antropométricas se realizaron en base al consenso internacional de la ISAK, según se describe en su Manual de Referencia, utilizando ecuaciones de Durning-Womersley para estimar la densidad corporal a partir de la sumatoria de cuatro pliegues cutáneos: bicipital, tricipital, subescapular y de cresta ilíaca. Y la fórmula de Siri para cálculo de %MG. La medición de los pliegues cutáneos se tomó 3 veces.

Todos los datos obtenidos quedaron registrados en planillas. Al finalizar las mediciones, los participantes recibieron un informe de su CC obtenido mediante los diferentes métodos y se le brindó la explicación correspondiente.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software R versión 3.6.1. Las variables cualitativas se informaron como frecuencias y porcentajes. La normalidad de todas las variables cuantitativas fue analizada mediante el test de Kolmogorov- Smirnov para la muestra total y el test de Shapiro-Wilk para el análisis por sexo. Las variables con distribución normal se informaron como media \pm desvío, mientras que aquellos datos no paramétricos se informaron como mediana (IQR: rango intercuartílico).

Para estudiar las correlaciones entre los distintos métodos de medición de la masa grasa se utilizó el test de Spearman.

La concordancia entre los métodos se estudió mediante el método de Bland-Altman incluyendo los gráficos de la diferencia media y sus límites de acuerdo del 95%.

En todos los casos se consideró significativo un p-valor < 0.05 .

Resultados:

Se incluyeron en la investigación 144 estudiantes, de los cuales 74 (51,4%) fueron de sexo femenino y 70 (48,6%) masculino (Tabla 1). Se midió a todos los participantes el porcentaje de masa grasa (%MG) con dos aparatos de Bioimpedancia Eléctrica (BIA) de diferente marca comercial (OMROM y TANITA) y mediante Antropometría(A).

Se utilizó la mediana para la descripción de la población, constatándose una edad de 21 años, 64 kg de peso, 1,68 mts de talla y un IMC de 23,40. (Tabla 2)

La evaluación mediante A informó una mediana de pliegues para bíceps 6 mm, pliegue subescapular de 11 mm . pliegue tríceps 14,83mm y pliegue suprailíaco de 15,5 mm. Los resultados de las medianas de pliegues en mujeres mostraron para bíceps 7,17mm, para subescapular 13,42mm, para suprailíaco 16mm y para tríceps 18mm. (Tabla 2)

En hombres la mediana de los pliegues cutáneos informó, pliegue bíceps 4,83mm, pliegue subescapular 10,33mm, pliegue suprailíaco 13,67 mm y el pliegue de tríceps 9,17mm (Tabla 2). Los valores de pliegues cutáneos obtenidos según sexo , informan normalidad según tabla Argoref.

Tabla 1: Distribución de la muestra según sexo

		Frecuencia (%) o Mediana (IQR)
sexo	femenino	74 (51,4%)
	masculino	70 (48,6%)

Tabla 2. Características de la población

	Mediana (IQR)		
	Total	Mujeres	Hombres
Edad (años)	21 (19; 25)	21 (19,3; 25)	22 (19; 24)
Peso (kg)	64,05 (56,65; 75,92)	57,80 (52,55; 62,15)	74,00 (68,50; 81,95)
Talla (mt)	1,68 (1,60; 1,73)	1,60 (1,56; 1,659)	1,74 (1,70; 1,79)
IMC	23,40 (21,18; 25,20)	21,99 (19,80; 24,47)	24,60 (22,40; 26,01)
Pliegue del bíceps (mm)	6,00 (4,00; 8,67)	7,17 (6,0; 10,0)	4,83 (4,00; 6,50)
Pliegue subescapular (mm)	11,00 (8,92; 15,17)	13,42 (9,25; 18,00)	10,33 (8,67; 14,50)
Pliegue suprailíaco (mm)	15,50 (11,08; 20,17)	16,00 (13,21; 20,33)	13,67 (10,0; 18,83)
Pliegue del tríceps (mm)	14,83 (9,08; 19,08)	18,00 (15,00; 20,92)	9,17 (7,33; 13,50)

La mediana de %MG para las mediciones realizadas con OMROM fue 27,20%, mientras que para aquellos medidos con TANITA se obtuvo de 21,95 %. La mediana obtenida por A fue 25,08 %. Al cotejar el %MG de la población según sexo, la mediana en hombres para OMROM fue 19,20%, para TANITA 16,15% y para A 18,09%. (Tabla 3)

En mujeres, el resultado para A fue de 30,18%, con TANITA 28,95% y con OMROM 33,40%. (Tabla 3). Los valores obtenidos en población general y en hombres, se consideran normales según la clasificación de Bray⁴². En mujeres, sin embargo, los valores obtenidos por O son compatibles con obesidad, con T corresponden a normalidad y cuando se utilizó A se encontraron resultados limítrofes.

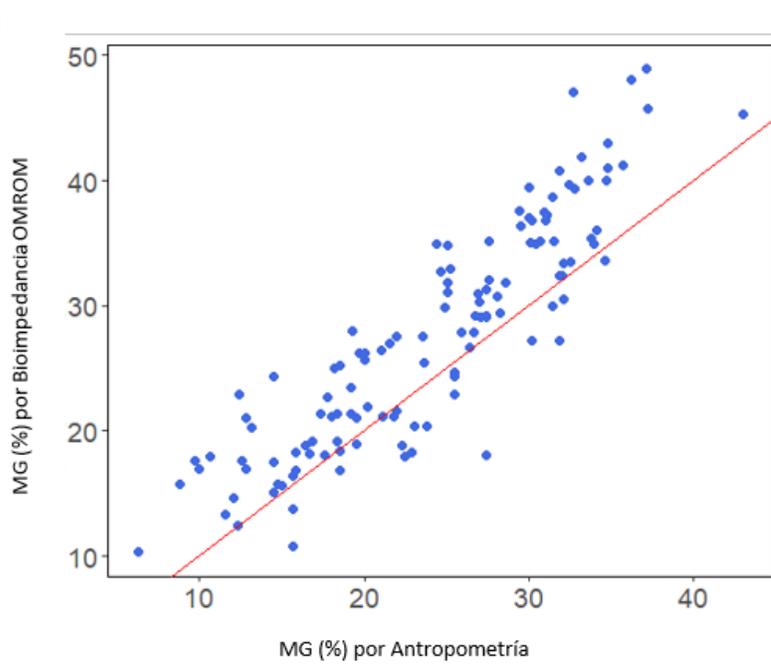
Tabla 3. Medidas descriptivas del porcentaje de masa grasa según los distintos instrumentos de medición.

	Mediana (IQR)		
	Total	Mujeres	Hombres
Antropometría	25,08 (18,13; 31,03)	30.18 (26.48; 32.09)	18.09 (14.61; 21.42)
Bioimpedancia Tanita	21.95 (15.90; 29.80)	28.95 (22.85; 32.12)	16.15 (12.82; 19.73)
Bioimpedancia OMROM	27.20 (19.12; 34.83)	33.40 (29.12; 36.80)	19.20 (17.0; 23.35)

En el análisis de correlación entre métodos, se observó que BIA presentó buena correlación con A, siendo mayor con el aparato Omrom: $r=0.90$ ($p<0.001$) (Figura 1), que con el aparato Tanita: $r=0.86$ ($p<0.001$) (Figura 2). El mejor resultado se obtuvo al comparar los aparatos que utilizan BIA, Tanita y Omrom: $r=0.93$, ($p<0.001$) (Figura 3).

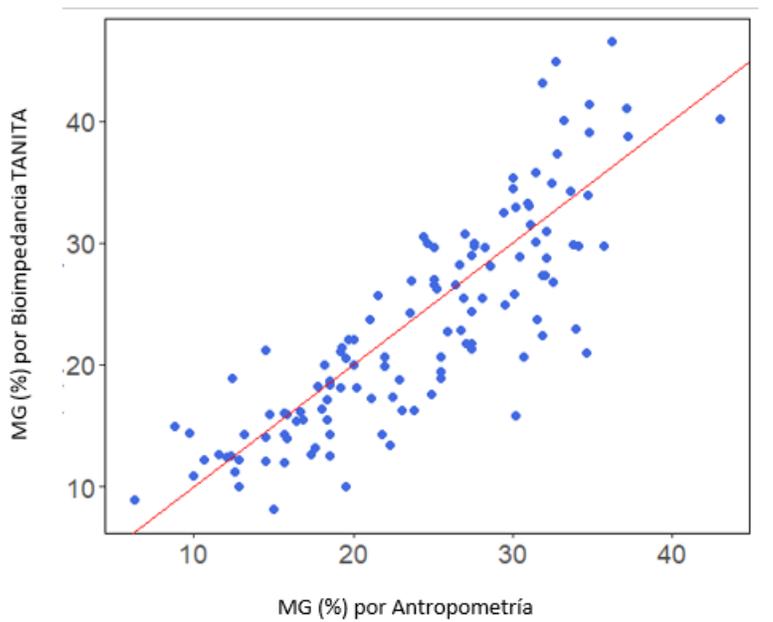
Correlación de la masa grasa entre las tres mediciones:

Figura 1. Correlación entre (BIA) Omron y (A) Antropometría



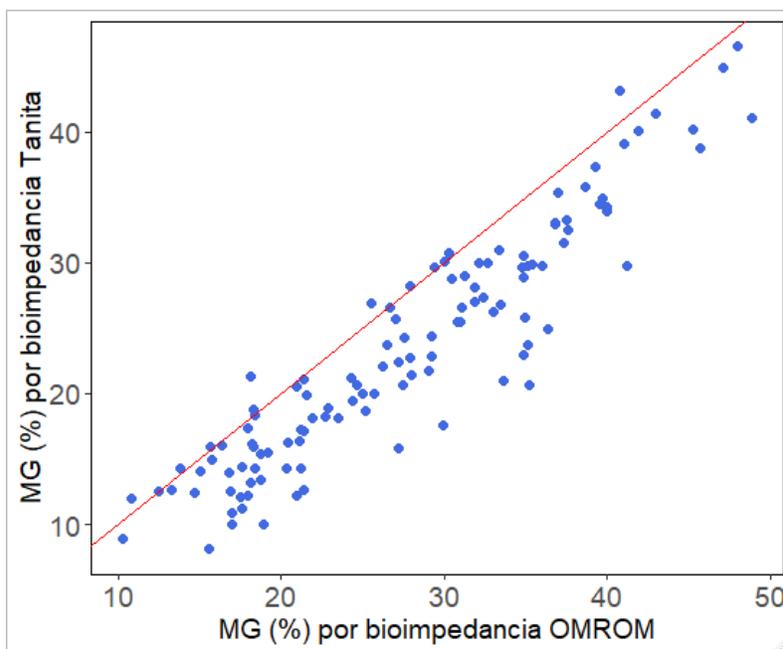
Correlación significativa $r=0.90$, $p<0.0001$

Figura 2. Correlación entre (BIA) Tanita y (A) Antropometría



Correlación significativa $r=0.86$, $p<0.0001$

Figura 3. Correlación entre (BIA) Tanita y (BIA) Omrom



Correlación significativa $r=0.93$, $p<0.0001$

Según el análisis de concordancia entre los diferentes métodos evaluado a través de Bland Altman, se observó que el %MG por A puede arrojar valores de hasta -11,2% y hasta +4,93% con respecto de OMRON, media de diferencia -3,15% y longitud del intervalo 16,15%. A su vez, Tanita puede informar valores de hasta -10,25% y hasta +8,32% con respecto a A, media de las diferencias 0,96% y longitud de intervalo 18,56%. Los resultados de concordancia entre los aparatos de BIA, mostraron que %MG de Tanita puede arrojar valores de hasta -10,44% y hasta +2,23% con respecto los valores de Omrom, media de las diferencias -8,32% y longitud de intervalo 12,67%. (Tabla 4, Figura 4, 5 y 6).

Diferencias de medias, gráficos de Bland- Altman

Tabla 4. Concordancia entre A y BIA

Método de Bland Altman				
general (n=144)	Media de las diferencias	Límites de concordancia		Longitud del intervalo
		Inferior	Superior	
Antrop -				
OMROM	-3,15	-11,22	4,93	16,15
Antrop - Tanita	0,96	-8,32	10,24	18,56
Tanita -				
OMROM	-8,32	-10,44	2,23	12,67

Figura 4. Estimación de la grasa corporal Antropometría – Omrom

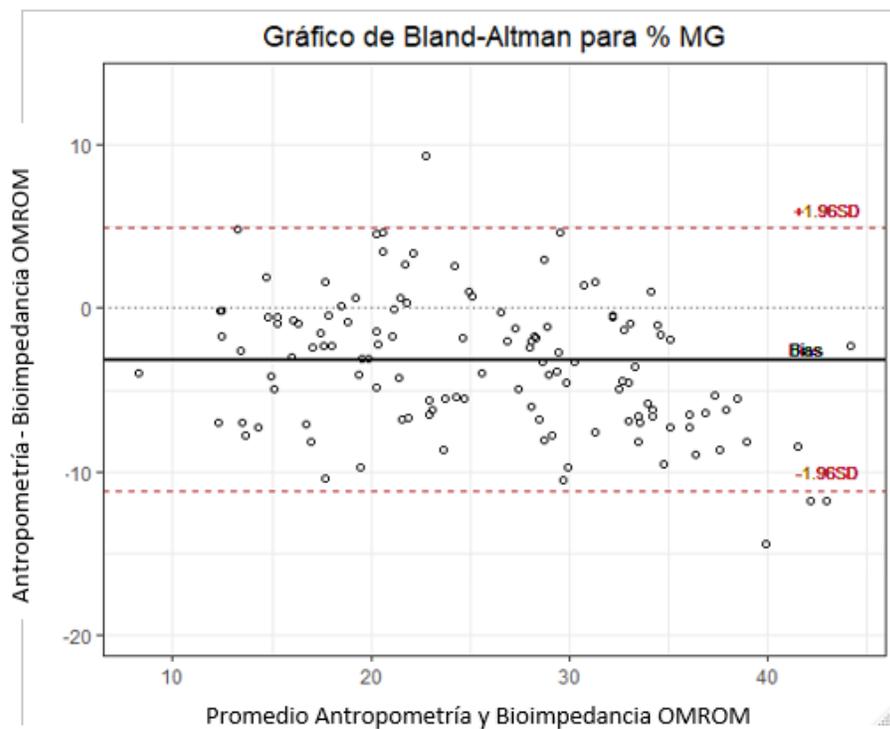


Figura 5. Estimación de la grasa corporal A – Tanita

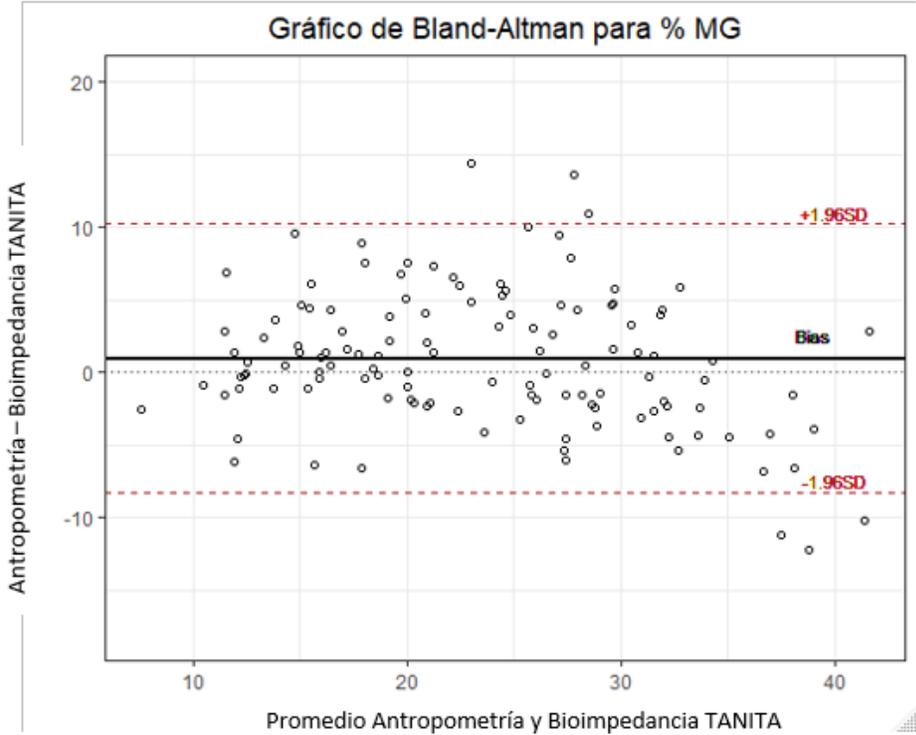
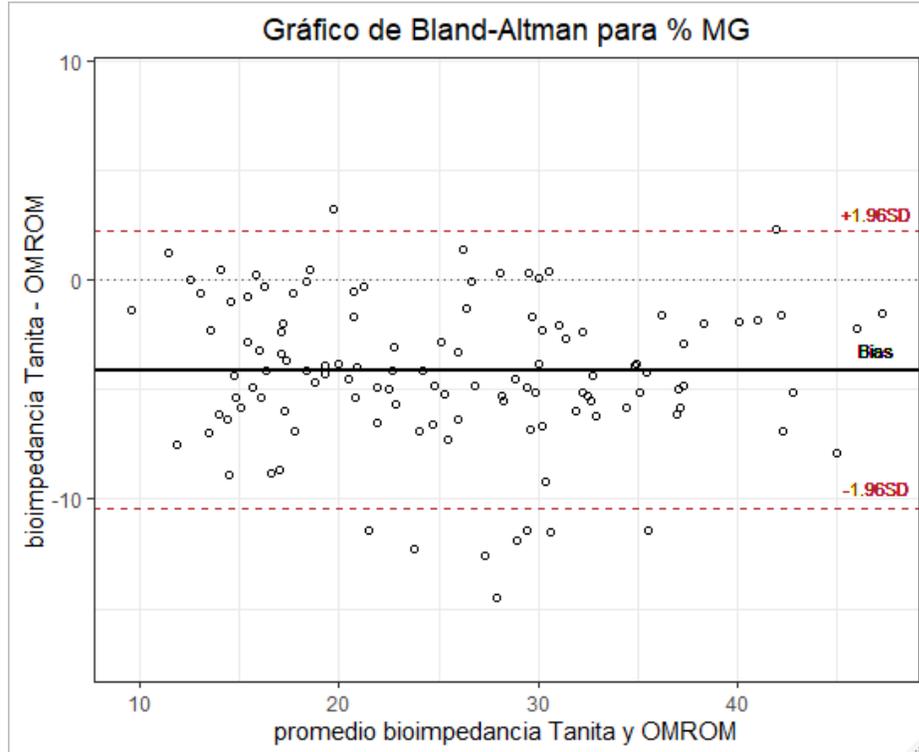


Figura 6. Estimación de la grasa corporal Tanita– Omrom



Analizando la concordancia según sexo, en mujeres se observó que A puede arrojar valores de hasta - 12,46 % y + 4,6 % con respecto a Omrom, media de las diferencias -3,86% y longitud del intervalo 17,12 %. Al compararlo con Tanita, se obtuvo que A puede arrojar resultados de hasta -10,01% y hasta +11,79% , media de las diferencias 0,89% y longitud del intervalo 21,80%. El análisis de concordancia entre aparatos BIA indicó que Omrom puede informar valores hasta – 11,9% , y hasta + 2,33% con respecto a Tanita, media de las diferencias -4,78% y longitud de intervalo 14,23%(Tabla 5, Figura 7, 8,9).

Diferencias de medias, gráficos de Bland- Altman según sexo

Tabla 5. Concordancia entre A y BIA en mujeres

mujeres (n=74)	Método de Bland Altman			Longitud del intervalo
	Media de las diferencias	Límites de concordancia		
		Inferior	Superior	
Antrop - OMROM	-3,89	-12,46	4,67	17,13
Antrop - Tanita	0,89	-10,01	11,79	21,80
Tanita - OMROM	-4,78	-11,9	2,33	14,23

Figura 7. Estimación de la grasa corporal Antropometría – Omrom en mujeres

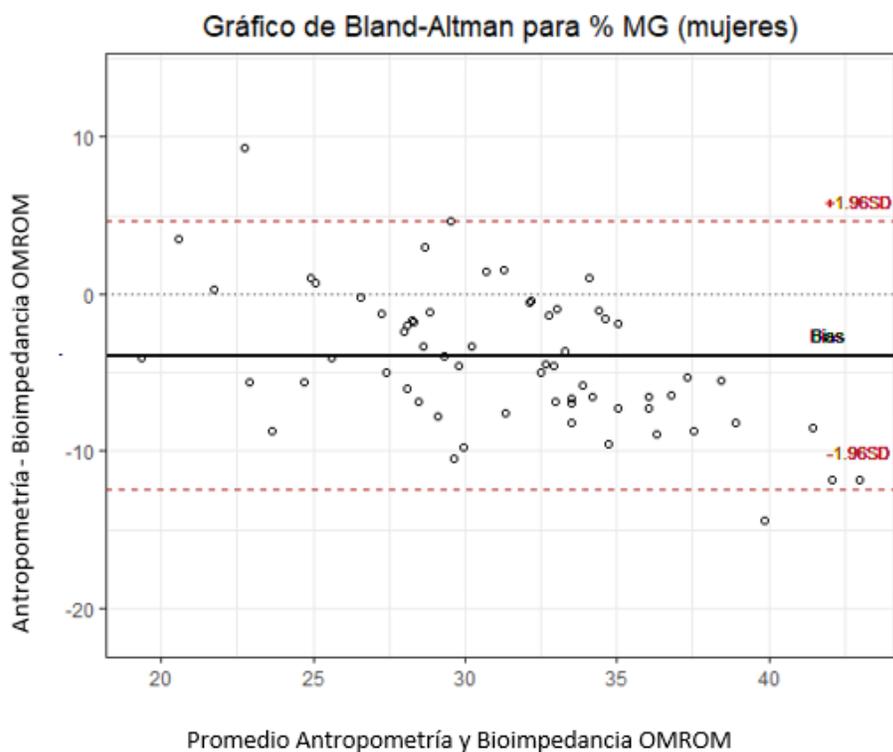


Figura 8. Estimación de la grasa corporal Antropometría– Tanita en mujeres

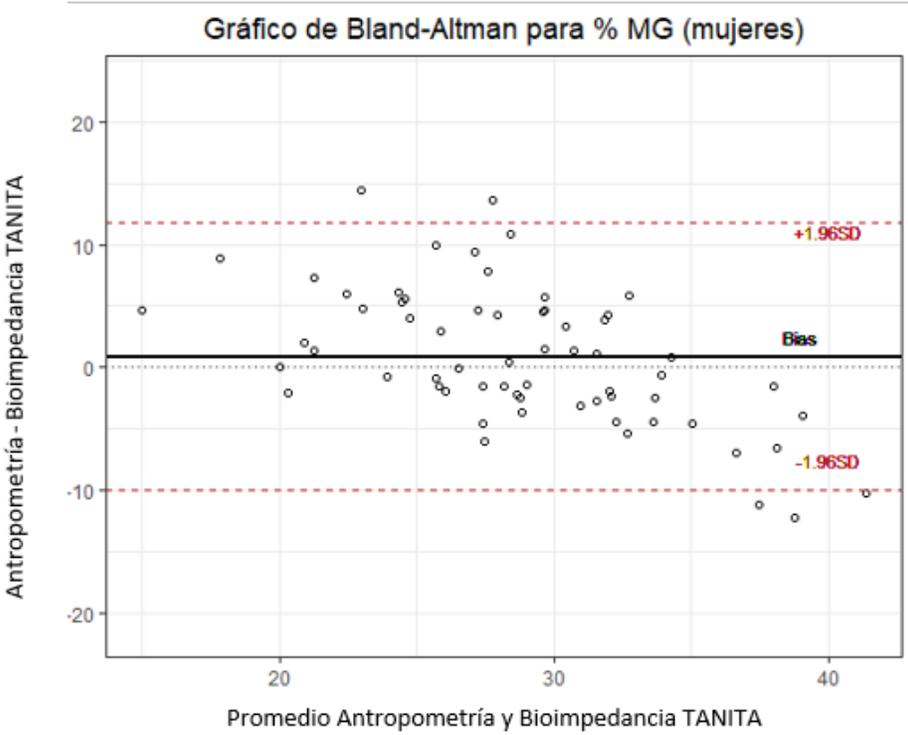
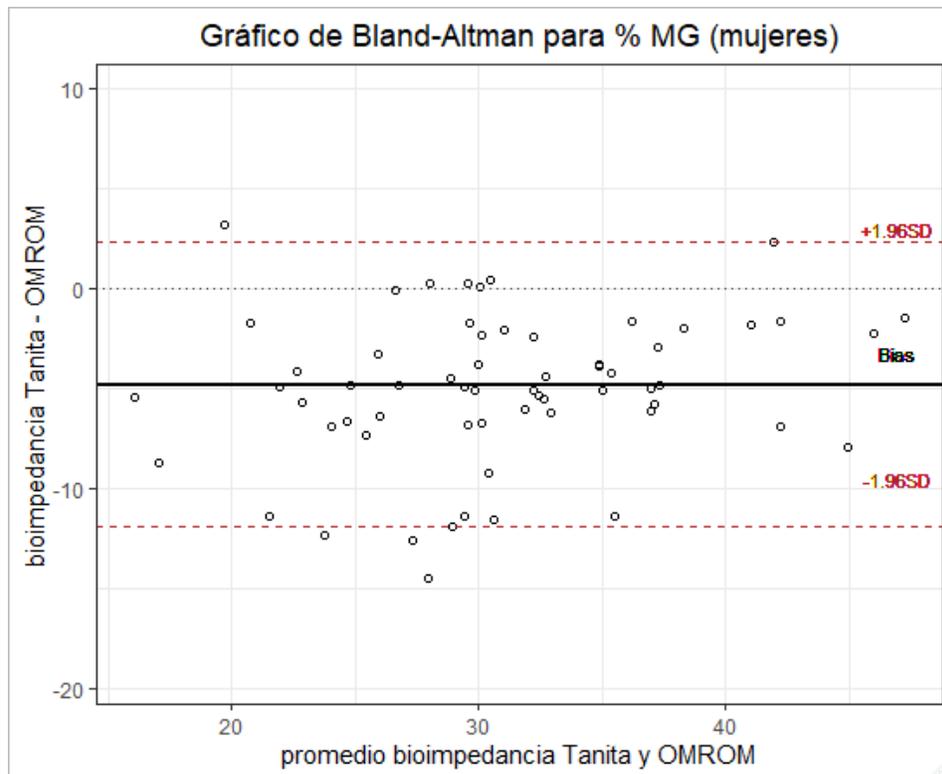


Figura 9. Estimación de la grasa corporal Tanita – Omrom en mujeres



En hombres se identificó que A muestra valores de hasta -9.62% y + 4,91% con respecto a Omrom, con una media de las diferencias de -2,35% y longitud del intervalo de 14,53%. Cuando se evaluó la concordancia con Tanita , A indica resultados de hasta -6,23% y valores hasta 8,29 %, media de las diferencias 1,03% y longitud del intervalo 14,52%. Al comparar los dos aparatos de BIA, se observó que Tanita puede mostrar valores de hasta -8,46 y hasta +1,69 % con respecto a Omrom, con una media de las diferencias de -3,38% y longitud del intervalo 10,15%. (Tabla 5, Figura 10, 11 ,12)

Tabla 6. Concordancia entre A y BIA en hombres.

Método de Bland Altman				
hombres (n=70)	Media de las diferencias	Límites de concordancia		Longitud del intervalo
		Inferior	Superior	
Antrop - OMROM	-2,35	-9,62	4,91	14,53
Antrop - Tanita	1,03	-6,23	8,29	14,52
Tanita - OMROM	-3,38	-8,46	1,69	10,15

Figura 10. Estimación de la grasa corporal Antropometría – Omrom en hombres

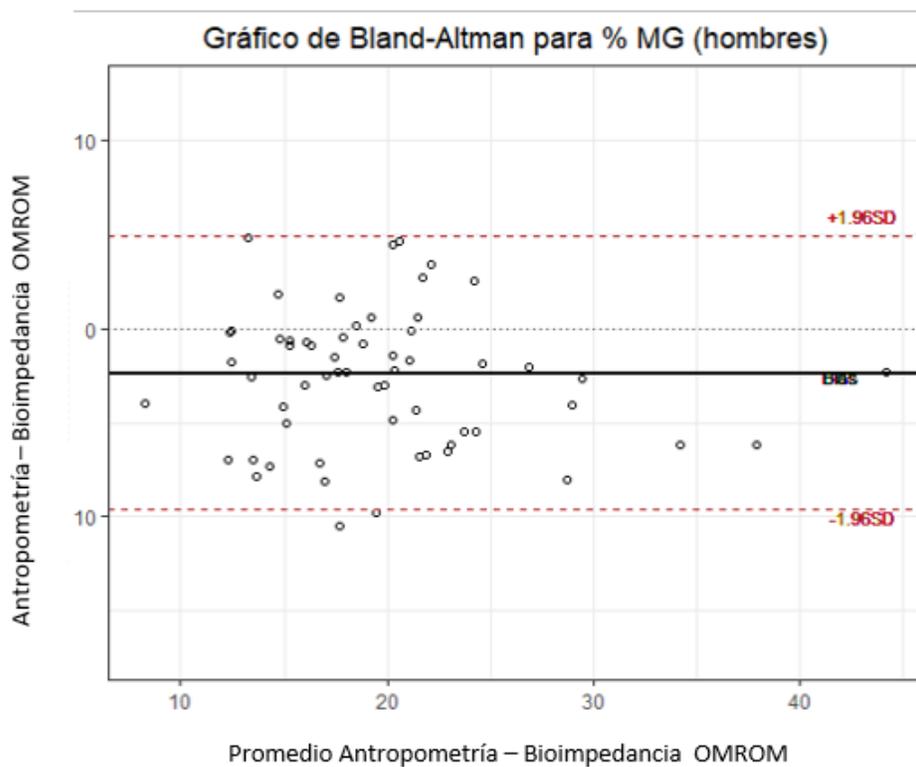


Figura 11. Estimación de la grasa corporal Antropometría – Tanita en hombres

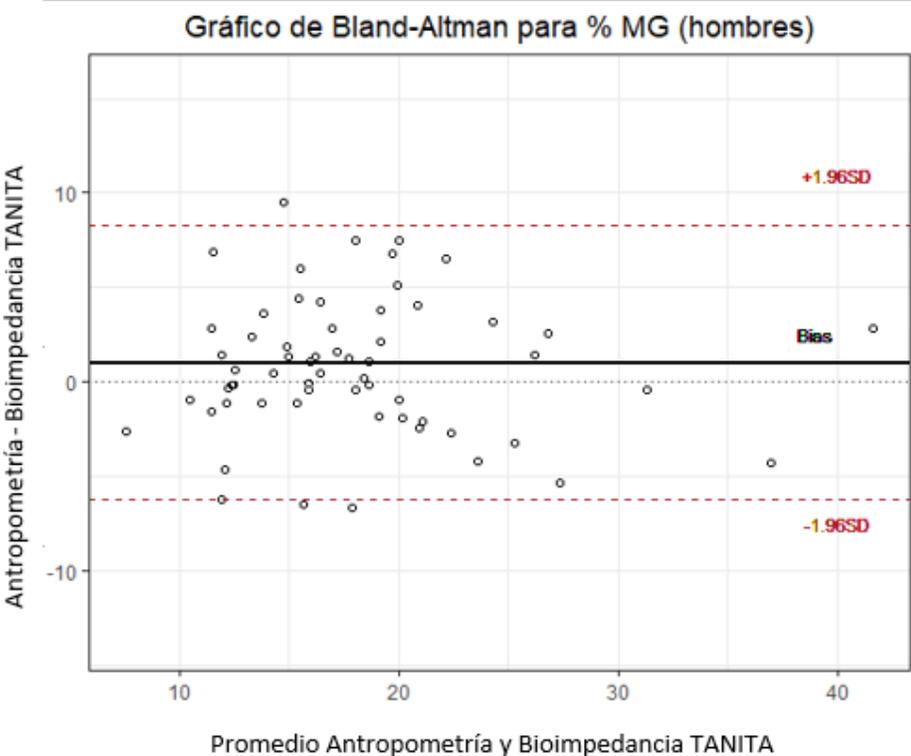
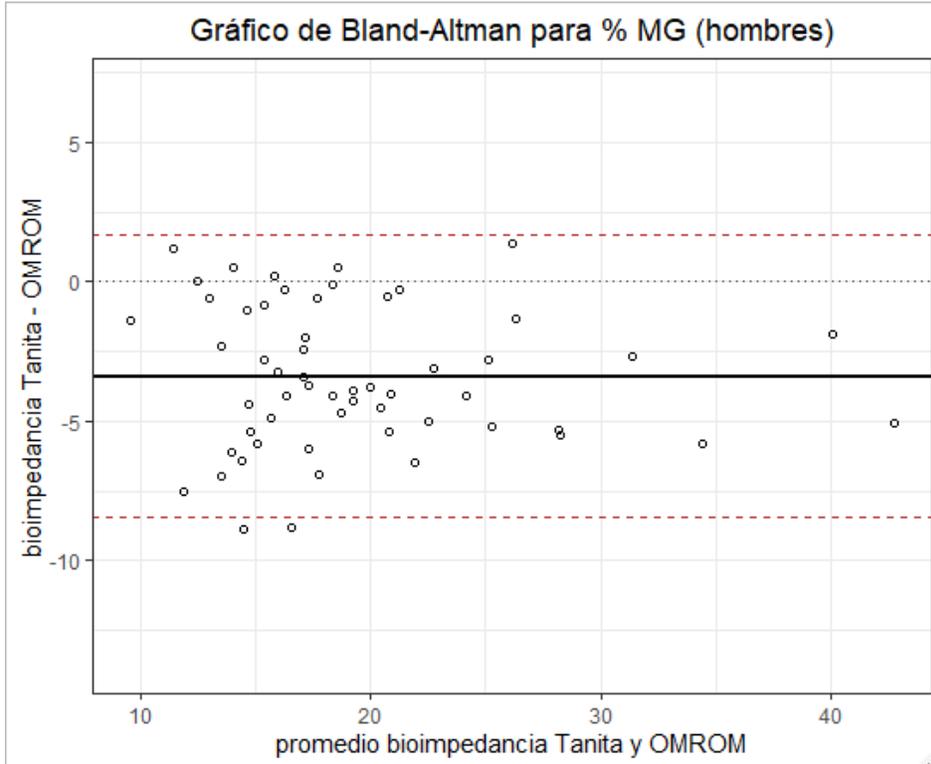


Figura 12. Estimación de la grasa corporal Tanita – Omrom en hombres



Discusión:

Son numerosos los estudios que avalan el empleo de la DEXA en la estimación de la CC ^{108 109 110}, considerándola como gold standard ^{111 112}.

Sin embargo, debido a su alto costo, su inaccesibilidad, y la necesidad de personal capacitado para su manipulación, es un método poco utilizado y limitado para la mayoría de los profesionales de salud ^{46 113}.

La medición de % MG es esencial en la Nutrición Clínica. La A y la BIA son los métodos más utilizados en la actualidad para la valoración de CC, por su accesibilidad y fácil manipulación. ⁴⁷

El objetivo principal de este estudio fue comparar los resultados de %MG, obtenidos mediante BIA, utilizando dos marcas comerciales (Tanita y Omrom) con el método Antropométrico, utilizando la medición de Pliegues Cutáneos.

La mediana de IMC para el grupo estudiado fue 23,4 (normal), siendo menor en la población femenina (IMC 21,99 en mujeres, IMC 24,60 en hombres).

Los resultados obtenidos a partir de la medición de los pliegues cutáneos, mediante A, se encuentran dentro de los parámetros promedio publicado por Argoref ¹⁰⁴, tanto para hombres como para mujeres.

Se calculó la media de %MG de los estudiantes obteniéndose a través de A 25,08%, con Tanita 21,95% y mediante Omron 27,20%. Cabe destacar, que a pesar de ser Omrom y Tanita dos aparatos que utilizan el mismo método de medición (BIA), el primero sobrestimó y el segundo infraestimó el %MG con respecto a A. En un estudio previo que comparó BIA con A, el aparato de marca Tanita arrojó también %MG más bajo .¹¹⁴

Cuando se comparó el %MG según sexo, los valores obtenidos en la población femenina mostraron un valor mayor con respecto a los hombres, lo cual es esperable.

Cabe destacar que al analizar los resultados de las medias de %MG en mujeres según los diferentes métodos, los obtenidos por Omrom, indicarían obesidad, según la clasificación Bray ⁴², mientras que teniendo en cuenta los valores de T, las mujeres estarían en un porcentaje normal de grasa. A su vez, los resultados obtenidos mediante la medición de A situarían a la población femenina dentro del grupo límite.

Es importante destacar entonces, como difiere el diagnóstico según %MG de una misma población dependiendo del método, la formula antropométrica utilizada o la marca comercial de aparato de BIA.

En el análisis de correlación de resultados, se observó, al igual que se demostró en otros estudios ^{60 114 115}, que P y los aparatos BIA muestran una buena

correlación. Al cotejar A con T ($r=0,86$ ($p<0,01$)) y con Omron ($r=0,90$ ($p<0,01$)) se encontraron buenos resultados. La mejor correlación: $r=0,93$ ($p<0,01$) se obtuvo al comparar ambos métodos de BIA (Omrom y Tanita).

En la bibliografía se encuentran múltiples estudios que evaluaron la concordancia entre la A y los métodos BIA para la estimación %MG, mostrándose gran variabilidad de resultados. En el presente estudio se realizó el análisis de concordancia entre métodos, utilizando Bland Altman.

Se consideró buena concordancia a la determinación de una media de las diferencias $\pm 1,1\%$ con un intervalo de concordancia $\pm 6,5\%$, y se estableció como criterio de concordancia aceptable una media de las diferencias $>1,1\%$ y $\leq 1,4\%$, con un intervalo de concordancia con límites que no excedan $\pm 10\%$. Por fuera de estos valores las técnicas no serían intercambiables, de acuerdo a las referencias publicadas por Vicente Martín Moreno y col. ¹¹⁶

A su vez, otros estudios reflejaron que hay buena concordancia entre métodos ^{116 117}. El análisis entre A, Omrom y Tanita informó que los resultados de %MG, no tienen buena concordancia. A pesar de esto, los valores de %MG obtenidos entre P y Tanita, mostraron una mayor aproximación al criterio de concordancia considerado como aceptable, previamente descrito (media de las diferencias 0.96% , Límites de concordancia $-8.32\%+10,24\%$).

Se analizaron también los resultados según el sexo de la población. Al comparar el %MG obtenido por las diferentes técnicas en el grupo femenino, no se encontró concordancia. En el grupo de hombres, tampoco se encontró concordancia entre A y Omrom, como tampoco entre los aparatos BIA entre sí.

La única conconrancia aceptable, se encontró al comparar Tanita y A, obteniéndose valores que se encuentran dentro de los puntos de corte antes mencionados (media de las diferencias $1,03\%$, límites de concordancia $-6,23\% +8,29\%$). Que a diferencia del estudio realizado por Porta J . y col ¹¹⁸, que indica concordancia en mujeres, con aparato Tanita(diferente modelo al utilizado en el presente estudio y discordancia en hombres. Aunque cabe destacar que utilizaron

otra fórmula (fórmula de Withers) para cálculo de densidad corporal para el cálculo de %MG.

Debe destacarse que en ninguno de los manuales de instrucciones de los aparatos BIA que fueron estudiados, ni las empresas, facilitaron las ecuaciones que utilizan para la estimación del %MG.

Conclusión

En la población analizada, utilizando A y BIA para la estimación del %MG, se observó una buena correlación entre los métodos, mientras que la concordancia fue baja.

Tampoco se encontró concordancia entre los aparatos BIA de diferente marca comercial (Tanita y Omron).

Esto indicaría que las estimaciones entre los diferentes métodos e inclusive entre las diferentes marcas comerciales de BIA, no son intercambiables entre sí.

Solamente se encontró concordancia aceptable entre A y BIA en la población masculina, utilizando el aparato de marca Tanita.

Bibliografía

- 1** Cruz, J. R. A., Et Al. Protocolo De Valoración De La Composición Corporal Para El Reconocimiento Médico-deportivo. Documento De Consenso Del Grupo Español De Cineantropometría De La Federación Española De Medicina Del Deporte Y De La Confederación Iberoamericana De Medicina Del Deporte. 2009;26 (131): 166-179.
- 2** Gómez Campos R, Hespanhol J, Portella D, Vargas Vitoria R, De Arruda, M, Cossio-Bolaños M. Predicción de la maduración somática a partir de variables antropométricas: validación y propuesta de ecuaciones para escolares de Brasil Nutr. clín. diet. hosp. 2012; 32(3):7-17
- 3** Hoeger W. Aptitud física y bienestar general. Colorado: Morton Publishing Company. 1996
- 4** Aurensanz E, Samper P, Ayerza A, Moreno LA, Bueno G. Estudio de composición corporal: absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Bol Pediatr Arag Rioj Sor, 2016; (46): 5-9
- 5** Taaffe DR, Galvão DA, Spry N, Joseph D. Immediate versus delayed exercise in men initiating androgen deprivation: effects on bone density and soft tissue composition.. BJU Int. 2019;123(2):261-269
- 6** Hedges WP, Bukhari M. Increasing body fat mass reverses bone loss in osteopenia as detected by dual-energy X-ray absorptiometry scans. Eur J Rheumatol. 2016 ;3(1):1-4
- 7** Nana A, Slater GJ, Stewart AD, Burke LM. Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2015;25(2):198-215
- 8** Hind K., Slater G., Oldroyd B. Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. J Clin Densitom. 2018;21(3):429-443

9 Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, Sangiorgi L, Franceschi C, Bazzocchi A. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Front EndocR.*2020;14:10-861.

10 Laskey, M.A. Dual-energy X-ray Absorptiometry And Body Composition. *J Nutr* 1996;12(1): 45-51.

11 Bretón, I., De La Cuerda, C., García Peris, P. Y Moreno, B. Técnicas De Composición Corporal En El Estudio De La Obesidad. *Obesidad: Presente Y Futuro Aula Médica:* 1997;(21) : 35-49.

12 Valtueña, S. Y Kehayias, J.J. Determinación De La Masa Grasa Corporal In Vivo: De Las Técnicas Bicompartimentales Al Análisis De Activación De Neutrones Y La Absorciometría De Rayos X De Doble Energía (Dxa). *Med Clín* 2001;116(15): 590-597.

13 Blake Gm, Naeem M, Boutros M. Comparison Of Effective Dose To Children And Adults From Dual X-ray Absorptiometry Examinations. *Bone.* 2006; 38(6):935-42.

14 Taing KY, Farkouh ME, Moineddin R, Tu JV, Jha P. Comparative associations between anthropometric and bioelectric impedance analysis derived adiposity measures with blood pressure and hypertension in India: a cross-sectional analysis. *BMC Obes.* 2017;(4):37.

15 Marfell Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International Standards For Anthopometric Assessment. *Isak: Potchefstroom,* 2006; (1): 19-87.

16 Wang, J., Thomron, J.C., Kolesnick, S. Y Pierson, R.J. Anthropometry In Body Composition. An Overview. *Ann N Y Acad Sci.*2000 ;904(1): 317-326.

17 Goodpaster, B.H. . Measuring Body Fat Distribution And Content In Humans.*Curr Opin Clin Nutr Metab Care.*2002; (5):481-487.

19 Ravasco P., Anderson H., Mardones F.. Métodos de valoración del estado nutricional. *Nutr. Hosp.*2010;25(3): 57-66

- 20** Berral, F.J., Escribano, A., Berral, C.J., Delgado, C., Lancho, J.L. y De Rose, E. Comparative corporal composition study on the Faulkner and Kerr methods in athletes. 13th International Congress on Biomechanics. U. o. W.Australia. Perth. Australia. 1991
- 21** Armando S., María A., Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. *An Venez Nutr.* 2009;22(2).
- 22** Bray G, DeLany J, Harsha D, Volaufova J, Champagne C. Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children:the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr.*2001;(73):687-702.
- 23** Alburquerque, F. Composición corporal. Un estudio comparativo en población joven. Salamanca, Universidad de Salamanca. Grado de Salamanca;2000.
- 24** J.R. Behnke, B.G. Feen, W.C. Welham.The specific gravity of healthy men.*JAMA.*1942;118:495-498
- 25** A. Keys, J. Brozek. Body composition in adult man.*Physiol Rev.*1953;33:245-325
- 26** J. Matiegka. The testing of physical efficiency.*Am J Phys Antrop.*1921;4: 223-230
- 27** W.D. Ross, N.C. Wilson.Astratagem for proporcional growth assessment. Children and exercise.*Acta Paediatr Belg.*1974:169-182.
- 28** F.J. Berral, A. Escribano, C.J. Berral, J.L. Lancho. Body composition of top performance athletes determined by a modification of Kerr's method. *Med Sci Sport Exer.*1992:4-6.
- 29** Z.M. Wang, R.N. Pierson, S.B. Heymsfield. The five level method: a new approach to organizing body–composition research.*Am J Clin Nutr.*1992; 56:19-28.
- 30** Emilio González Jiménez . Composición corporal: estudio y utilidad clínica.2013; 60(2); 69-75.

- 31** M. Kaur, I. Talwar. Body composition and fat distribution among older Jat females: a rural-urban comparison. *Homo*. 2011;62:374-385
- 32** M. Warren, M. Shangold. *Sports Gynecology: problems and care of the athletic female*; 1997.
- 33** González Hita M, Bastidas Ramírez BE, Madrigal R, Godínez S, Panduro A. Funciones endocrinas de la célula adiposa. *Rev Endocrinol y Nutr*. 2012;10(3): 140-6.
- 34** Guyton C. Arthur, *Tratado de Fisiología Medica*, ELSEVIER, Estados Unidos, 12ª Edición, pág. 821
- 35** Cinti S. The role of brown adipose tissue in human obesity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2006;16(8):569–74.
- 36** Nedergaard J, Bengtsson T, Cannon B. Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007;(293):44–52.
- 37** Miguelsanz JP, Parra WC, Moreiras GV, Garaulet M. Distribución regional de la grasa corporal. Uso de técnicas de imagen como herramienta de diagnóstico nutricional. *Nutr Hosp*. 2010;25(2):207–23.
- 38** Van Marken Lichtenbelt WD, Vanhommerig JW, Smulders NM, Kemerink GJ, Bouvy ND, Schrauwen P, et al. Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *N Engl J Med*. 2009;360(15):1500–8.
- 39** Trayhurn P, Beattie JH. Physiological role of adipose tissue: white adipose tissue as an endocrine and secretory organ. *Proc Nutr Soc* . 2001;60(03):329–39.
- 40** Paulo Sáez Madain .El Rol de la Distribución del Tejido Adiposo en la Elección de las Zonas Anatómicas Contempladas para la Medición de los Pliegues Cutáneos. *PubliC*; .2003
- 41** Torresani M, Somoza M. *Lineamientos para el cuidado nutricional*. Eudeba; 2011.

- 42** Bray, G.:” Risk of Obesity”. Endocrinology and Metabolism Clinics of North America.2003;32(4)
- 43** H. Park, K. Park, M.H. Kim, G.S. Kim, S. Chung.Gender differences in relationship between fat-free mass index and fat mass index among Korean children using body composition chart.Yonsei Med J.2011;2 :948-952.
- 44** B. Eriksson, M. Löf, O. Eriksson, U. Hannestad, E. Forsum.Fat-free mass hydration in newborns: assessment and implications for body composition studies.Acta Paediatr.2011; 100: 680-686
- 45** S.B. Heymsfield, D. Matthews.Body composition: research and clinical advances J Parenter Enteral Nutr.1994;1:91-103
- 46** Sant’anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. Rev Paul Pediatr. 2009;27(3):315-21
- 47** Diego A. Alonso-Aubin¹, Cláudia E. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y Desventajas.Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México.Arch Med Deporte 2015;32(6):387-394.
- 48** Lustgarten MS, Fielding RA. Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. J Nutr Health Aging. 2011;15(5):368-75
- 49** Thibault, R; Genton, L; Pichard, C. Body composition: why, when and for who? Clin Nutr. 2012;31(4):435-47.
- 50** Lukaski, H. Sarcopenia: assessment of muscle mass. J Nutr. 1997;127(5):994-997.
- 51** Kaul S, Rothney MP, Peters DM, Wacker WK, Davis CE, Shapiro MD, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. Obesity (Silver Spring). 2012;20(6):1313- 8.

- 52** Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *Br J Radiol.* 2012;85(1009):1-10.
- 53** Zulet Fraile P, Lizancos Castro A, Andía Melero V, González Antigüedad C, Monereo Megías S, Calvo Revilla S. Relationship of body composition measured by DEXA with lifestyle and satisfaction with body image in university students. *Nutr Hosp.* 2019;36(4):919-925
- 54** Garg MK, Kharb S. Dual energy X-ray absorptiometry: Pitfalls in measurement and interpretation of bone mineral density. *Indian J Endocrinol Metab.* 2013;17:203–10.
- 55** Wang Z, Heymsfield SB, Chen Z, Zhu S, Pierson RN. Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Phys Med Biol.* 2010;55(9):2619-35
- 56** Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A. y Van Itallie, T.B. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis; a four-site cross-validation study. *AmJourn Clin Nutr.* 1988;47(1): 7-14
- 57** Kotler, D.P., Burastero, S., Wang, J. y Pierson, R.N. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Amer Jour of Clinl Nut.* 1996;64(3): 489-497.
- 58** Valtueña, S., Arijá, V. y Salas, J. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Medicina Clínica.* 1996;106(16): 624-635.
- 59** Bretón, I., Cuerda, M.C., Cambor, M. y García Peris, P. Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. *Obesidad. La epidemia del siglo XX.* B. Moreno, S. Moneres and J. Alvarez Madrid, Díaz de Santos. 2000: 169-190.

- 60** Yeşil E, Köse B, Özdemir M. Is Body Adiposity Index a Better and Easily Applicable Measure for Determination of Body Fat. *J Am Coll Nutr.*2020;(10):1-6.
- 61 Aguado, H. y Gómez-Pellico, L. Body composition: evaluation methods. *EuropJour of Anato.*2005;9(2):117-124
- 62** Thomasset, A. Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Medical.* 1962;(207): 107-118.
- 63** Hoffer, E., Meador, C. y Simpson, D. . Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology* 1969; 27(4): 531-534
- 64** Nyboer, J. Electrorheometric properties of tissues and fluids. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1970;(170) :410-420.
- 65** Jenin, P., Lenour, J., Rouillet, C., Thomasset, A. y Ducrot, H. Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviat Space EnvirMede.* 1975; 46(2): 152-155.
- 66** Fernandes, R. Composição Corporal: Teoria e prática da avaliação. Barueri (SP), Manole.2001
- 67** Chumlea, W.C., Cols V. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Intern Jour of Obes and Rel Met Dis.* 2002; 26(12): 1596-1609.
- 68** Martín, G. y Galdós, P. La aplicación del análisis de impedancia al estudio de la composición corporal. *Nutrición Hospitalaria.* 1993; 8(9): 525-547.
- 69** Forbes, G., Simons, W. y Amatruda, J. Is bioimpedance a good predictor of body-composition change? *AmJou of ClinnNut.*1992; 56(1): 4-6.
- 70** Valtueña, S. y Kehayias, J.J. Determinación de la masa grasa corporal in vivo: de las técnicas bicompartimentales al análisis de activación de neutrones y la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA). *Med Clín .*2001; 116(15): 590-597

- 71** Hoffer E, Meador C, Simpson D. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol.* 1969;27:531-4
- 72** Kushner R, Schoeller D. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1986;44:417-24.
- 73** Lukaski HC, Bolonchuck. Theory and validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. En: *In vivo body composition Studies*. London: The Institute of Physical Sciences in Medicine; 1987
- 74** Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Richard C. Fat free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition.* 2001;17:534-41
- 75** Van der Jagt DJ, Huang YS, Chuang LT, Bonnett C, Glew RH. Phase angle and n-3 polyunsaturated fatty acids in sickle cell disease. *Arch Dis Child.* 2002;87:252-4
- 76** Slinde F, Bark A, Jansson J, Rossander-Hulthen L. Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 in the supine position. *Clin Nutr.* 2003;22:153-7
- 77** Thomasset A. Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Medical.* 1962;207:107-18
- 78** Spence J, Baliga R, Nyboer J, Seftik J, Fleischmann L. Changes during hemodialysis in total body water cardiac output and chest fluids as detected by bioelectrical impedance analysis. *Transactions Am Society Artif Inter Organs.* 1979;25:51-5
- 79** Bolot JF, Fournier G, Bertoye A, Lenior J, Jenin P, Thomasset A. Determination of lean body mass by the electrical impedance analysis. *Nouvelle Press Medicale.* 1977;6:2249-51.
- 80** Jenin P, Lenoir J, Rouillet C, Thomasset AL, Ducrot H. Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviat Space Environ Med.* 1975;46:152-5

81 Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:524-32.

82 Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB, et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:1596-609

83 Alvero-Cruz JR, Carnero EA, Fernández García, Barrera Expósito J, Sardinha LB. A prediction equation of fat mass in Spanish Adolescents. *Obesity Reviews.* 2010;11(1):216.

84 Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol.* 1986;60:1327-32.

85 Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol.* 1986;60:1327-32.

86 Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(2):331-340.

87 O'Brien C, Young AJ, Sawka MN. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *Int J Sports Med.* 2002;23:361-6.

88 Dumler F, Kilates C. Use of bioelectrical impedance techniques for monitoring nutritional status in patients on maintenance dialysis. *J Ren Nutr.* 2000;10:116-24.

89 Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Post CL, Waitzberg DL, Heymsfield SB. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment. *Nutr.* 2003;19:422-6.

- 90** Ellis KJ, Bell SJ, Chertow GM, Chumlea WC, Knox TA, Kotler DP, et al. Bioelectrical impedance methods in clinical research: a follow-up to the NIH Technology Assessment Conference. *Nutr.* 1999;15:874-80.
- 91** J.R.Alvero-Cruz, L. Correas Gómez, M.Ronconi, R. Fernández Vázquez y J.Porta y Manzañido. La bioimpedancia eléctrica como métodos de estimación de la composición cprporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deport.* 2011; 4 (4): 167-174
- 92** Keys, A. y Brozek, J. (1953). Body fat in adult man. *Physiological Reviews* 33(3): 245-255.
- 93** Fernandes, R. *Composição Corporal: Teoria e prática da avaliação.* Barueri (SP), Manole.2001.
- 94** Costa Moreira O, Rodrigues de Oliveira RA, Patrocínio Oliveira CE, Doimo LA, dos Santos Amorim PR, Camaroti Laterza M, et al. Risk factors for cardiovascular disease in professors from a public university. *Invest Educ Enferm.* 2014;32(2):280-90
- 95** González, M.E., Amaro, J.R. y Gómez, R. (Repercusión de los errores en el Entrenamiento sobre la composición corporal y el somatotipo de un grupo de jóvenes que practican natación. *Rev Cub de Invest Biomed.* 1988; 17(3): 200-207.
- 96** Ayvaz G, Çimen AR. Methods for Body Composition Analysis in Adults. *The Open Obesity Journal.* 2011;3:62-9
- 97** Thibault, R; Genton, L; Pichard, C. Body composition: why, when and for who? *Clin Nutr.* 2012;31(4):435-47
- 98** Carlyon, R.G., Bryant, R.W., Gore, C.J. y Walker, R.E. (Apparatus for precision calibration of skinfold calipers. *Ameri Jourof Hum Biol.* 1998 10(6): 689-697.
- 99** Hewitt, G., Withers, R.T. y Broods, A.G. Improved rig for dynamically calibrating skinfold clipers: comparison between Harpenden and Slim Guide instruments. *Ameri Jour of Hum Biol.*2002; 14(6): 721-727.

- 100** Marfell Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International Standards For Anthropometric Assessment. Isak: Potchefstroom, 2006; 1: 19-87.
- 101** Durnin, J. & Womersley, J..Body Fat Assessed From Total Body Density And Its Estimation From Skinfold Thickness: Measurements On 481 Men And Women Aged From 16 To 72 Years. Br J Nutr.1974; 32(1): 77-97.
- 102** Going SB. Densitometry. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. Human body composition. Champaign IL: Human Kinetics Publishers. 1996: 3-22.
- 103** Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Brozek J, Henschel A eds. Techniques for measuring body composition. Washington DC: National Academy of Sciences. Natural Resources Council, 1961: 223-244
- 104** Tablas normativas antropométricas Argoref. Holway, F.2004
- 105** Keys, A. y Brozek, J. Body fat in adult man. Physiological Reviews. 1953;33(3): 245-255.
- 106** Fernandes, R. Composição Corporal: Teoria e prática da avaliação. Barueri (SP), Manole.2001.
- 107** Casanueva Esther, Kaufer-Horwitz Martha, Pérez-Lizaur Ana Bertha, Arroyo Pedro, Nutriología Medica, Ed. Panamericana, 3º Edición, México.2008.
- 108** Cullum, I.D., Ell, P.J. Y Ryder, J.P. X-ray Dual-photon Absorptiometry: A New Method For The Measurement Of Bone Density. Br J Radiol 1989; 62(739): 587-592.
- 109** Mazess, R.B., Barden, H., Bisek, J. Y Hanson, J. Dual-energy X-ray Absorptiometry For Total-body And Regional Bone-mineral And Soft-tissue Composition. Am J Clin Nutr. 1990; 51(6): 1106-1112.
- 110** Rodríguez Rodríguez, Fernando Javier, Atilio Aldo Almagià Flores, and Francisco José Berral de la Rosa. "Estimación de la masa muscular de los

miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA)." Inter Jour of Morph .2010; 28(4): 1205-1210.

111 Scafoglieri, Aldo, and Jan Pieter Clarys. "Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass?." Jourof cachesarcop and muscl. 2019;9(4): 786-787.

112 Valtueña, S. Y Kehayias, J.J. Determinación De La Masa Grasa Corporal In Vivo: De Las Técnicas Bicompartimentales Al Análisis De Activación De Neutrones Y La Absorciometría De Rayos X De Doble Energía (Dxa). Med Clín 2001;116(15): 590-597.

113 Omorede E. OsayandeA Comparative Study of Different Body Fat Measuring Instruments Niger. J. Physiol. Sci.2018;33:125-128

114 José Ramón Alvero-Cruz, Mike Marfell-Jones , Fernando Alacid, Pedro Artero Orta Comparison of two field methods for estimating body fat in different Spanish Dance disciplines Nutr Hosp. 2014;30(3):614-621

115 Flores-García AL, Sánchez-Ramírez CA, Newton-Sánchez ÓA, Rojas-Larios F. Correlation between skinfold thickness and bioelectrical impedance analysis for the evaluation of body composition in patients on dialysis. Nutr Hosp. 2018 10;35(1):117-122.

116 Vicente Martín Moreno, Juan Benito Gómez Gandoy Y María Jesús Antoranz González Medición De La Grasa Corporal Mediante Impedancia Bioeléctrica, Pliegues Cutáneos Y Ecuaciones A Partir De Medidas Antropométricas. Análisis Comparativo Centro De Salud Coronel De Palma. Móstoles. Madrid. Rev Esp Sal Públ 2001;75 (3):221-236.

117 Martín, V., Gómez, B., Antoranz, M.J., S., F., Gómez, A. Y De Oya, M. . Validación Del Monitor De Medición De La Grasa Corporal Por Impedancia Bioeléctrica Omron Bf 300. Aten Prim. 2001;28: 174-181.

118 Porta J , R. Bescós, A. Iruña , E. Cacciatori Y L. Vallejo Catedrático En Ciencias De La Actividad Física Y El Deporte. Inefc. Barcelona. Personal Investigador Del Inefc. Barcelona. España. Valoración De La Grasa Corporal En Jóvenes Físicamente Activos: Antropometría Vs Bioimpedancia. Nutr Hosp. 2009; 24(5):529-534.