

Estudio piloto

sobre el ultrasonido como herramienta para la predicción de grasa corporal total

Pilot Study on ultrasound as a tool for the prediction of total body fat

Rina Romero, MSc^{1*}, Robys González, BSc², Milagros Rojas, BSc², Adriana David, BSc², Roberto Añez, MD², Isabel Álvarez, MD³, Leonardo Castro, MD⁴, Irama Manzanero, Lcd⁵, Carlos Montiel, MD⁵, Joselyn Rojas, MD, MSc², Marcelo Gil, MV, MSc⁶, Valmore Bermúdez, MD, MSc, MPH, PhD²

¹Cursante del Máster en Obesidad. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid- España. Director: Dn. Melchor Alvarez de Mon Soto, MD, PhD.

²Universidad del Zulia. Facultad de Medicina. Centro de Investigaciones Endocrino – Metabólicas “Dr. Félix Gómez”. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

³Postgrado de Imágenes. Hospital Universitario de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela.

⁴Departamento de Imágenes. Hospital Clínico de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela.

⁵Cruz Roja Venezolana. Maracaibo, Venezuela

⁶Cátedra de Fisiología. Facultad de Veterinaria. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Recibido: 20/01/2013

Aceptado: 23/03/2013

RESUMEN

Introducción: La evaluación de la composición corporal se basa en la medición de la masa grasa corporal (MGC) y de la masa libre de grasa (MLG). El estándar de oro para la medición de BFM es la técnica de absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA), aunque otros métodos de medición se han aplicado como la plicometría y ultrasonido. El objetivo de ésta investigación fue diseñar un modelo predictivo para la estimación del porcentaje de grasa corporal total (PGC).

Materiales y Métodos: 43 sujetos mayores de 18 años de ambos sexos, 13 (30,23%) hombres y 30 (69,76%) mujeres, fueron seleccionados por muestreo intencional. Se realizó historia clínica completa y se determinaron las siguientes variables antropométricas: Talla, Peso, e IMC. Se utilizó Ultrasonido Portátil para medición de interfase piel-músculo en sitios anatómicos utilizados en plicometría. Se les practicó DEXA para PGC como estándar de referencia.

Resultados: En el grupo de los hombres hubo correlación significativa entre el PGC y IMC ($r=0.91780$, $p<0,001$), así como con el punto de medición de grasa subcutánea abdominal ($r=0.77581$, $p=0,018$). En el análisis multivariante, el Punto Abdominal fue el mejor predictor para PGC ($r=0.954$; $p=0,011$). En el grupo de las mujeres, se obtuvo correlación entre BFM e IMC ($r=0.92831$, $p<0,001$), y entre PGC y Punto del Muslo ($r=0.86093$, $p<0,001$). En el análisis multivariante, el Punto del Muslo fue el mejor predictor para B PGC FM ($r=0.923$; $p=0,0003$).

Conclusiones: La determinación del PCG puede llevarse a cabo de forma sencilla y exacta mediante la utilización del IMC y ecografía para medir grasa subcutánea.

Palabras clave: composición corporal, masa grasa corporal, absorciometría de fotones duales, plicometría, ultrasonido de grasa subcutánea.

ABSTRACT

Introduction: Body composition evaluation is based on the determination of body fat mass (BFM) and free fat mass (FFM). The gold standard for BFM is dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA), although other methods have been devised such as skinfold thickness and ultrasound measurements. The purpose of this investigation is to design a predictive model using a multivariate regression that allows the construction of a mathematical formula to predict percentage of body fat (%BF).

Materials and Methods: Forty-three subjects beyond 18 years of age and from both sexes were recruited. A full medical chart was done, and the following anthropometric variables were taken: height, weight and BMI. Portable Ultrasound equipment was used to measure the skin-muscle interphase in the anatomical sites used in skinfold thickness tests. DEXA test was applied to obtain %BF as standard reference.

Results: In the men's group, we found a good correlation between %BF (DEXA) and BMI ($r=0.91780$, $p<0,001$), and between %BF and Abdominal Skinfold ($r=0.77581$, $p=0,018$). In the multivariant test, the best predictor for %BF was Abdominal Skinfold and BMI ($r=0.954$; $p=0,011$). Meanwhile, in the women's group, the best correlation was obtained between %BF and BMI ($r=0.92831$, $p<0,001$), and between %BF and Thigh Skinfold ($r=0.86093$, $p<0,001$). In the multivariant analysis, the best predictor for %BF was Thigh Skinfold ($r=0.923$; $p=0,0003$).

Conclusions: Percentage of body fat determination can be done in a simple and accurate manner using BMI and ultrasound for subcutaneous fat measurement.

Key words: body composition, body fat mass, dual photon absorptiometry, skinfold thickness, ultrasound measure for subcutaneous fat.

INTRODUCCIÓN

La medición adecuada de la cantidad de grasa corporal es de gran interés médico ya que es un indicador de estatus nutricional¹, y se relaciona directamente con el estado de salud del sujeto¹. La aplicabilidad de ésta técnica permite la evaluación del porcentaje de grasa en poblaciones con características epidemiológicas que ofrecen riesgo para adiposidad, como ocurre en la población de Maracaibo², en aquellos sujetos en control nutricional estricto como en aquellos con trastornos metabólicos³ o en edades extremas de la vida⁴. En consecuencia, es imperativo que el método utilizado para la medición de esta variable antropométrica permita la obtención de resultados precisos, confiables y que sea aplicable en estudios prospectivos y en el contexto clínico⁵.

De forma académica, se reconoce que el peso corporal está enmarcado en el modelo del doble compartimiento corporal el cual divide la composición corporal en: masa grasa corporal (Body Fat Mass, BFM) y una masa libre de grasa (Fat-Free Mass, FFM)⁶. Marcadores de Adiposidad como el Índice de Masa Corporal ofrecen (IMC) información incompleta sobre la cantidad de masa grasa corporal, porque no permite discriminar entre BFM de FFM⁷. El mejor método de evaluación de Porcentaje de Grasa Corporal (PGC) sería aquél que permita la medición de la cantidad de panículos de grasa localizados en los compartimientos principales, como abdominal, torácico, fémoro-glúteo y miembros⁸.

Por este motivo, se han desarrollado múltiples técnicas de medición de PGC y sus depósitos, utilizando métodos de bioimpedancia eléctrica, técnicas de dilución, pletismografía de desplazamiento de aire, absorciometría de energía dual, resonancia magnética nuclear, tomografía axial computada y resonancia magnética espectroscópica⁹. De todos éstos, la técnica de absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA) es considerada el estándar de oro para la evaluación de PGC¹⁰, siendo utilizado para evaluar

modificaciones de la composición corporal¹¹, composición corporal en sujetos con obesidad y sobrepeso¹² y predicción de trastornos metabólicos como insulinoresistencia¹³.

Uno de los métodos más utilizados en el campo de nutrición y dietética es la medición del grosor de pliegues cutáneos en sitios anatómicos específicos¹⁴, una técnica no invasiva, de bajo costo, pero que depende de la experticia del examinador para una toma correcta de las mediciones y su reproducibilidad¹⁵. Existe una buena correlación entre contenido de grasa corporal y las lecturas plicométricas, pero el factor humano hace difícil su aplicación en estudios poblacionales¹⁶. Sin embargo, los puntos de reparo anatómicos escogidos en esta técnica permiten la evaluación de los panículos adiposos ubicados en abdomen, tórax, área inguinal, muslo, pantorrilla, tríceps y subescapular¹⁷. La plicometría y el grosor de los pliegues cutáneos han sido comparada con ultrasonido¹⁸ y con DEXA¹⁹ en la evaluación de PGC, obteniendo resultados satisfactorios.

Por su parte, la técnica del ultrasonido es uno de los métodos de imágenes más reconocidos y ampliamente utilizados en la práctica médica²⁰. El principio físico del ultrasonido es el de la reflexión de la onda ultrasónica mientras atraviesa los tejidos en el trayecto del rayo emitido por el transductor²¹. Cuando el haz choca con una interfase específica (como por ejemplo piel-grasa subcutánea y grasa-músculo), es reflejado en forma de eco al traductor, convirtiendo el software especializado éstas señales en imágenes^{21,22}. El ultrasonido ha sido utilizado desde los años 60 para la medición de grasa subcutánea²³, y se ha validado como método de medición de PGC en comparación con DEXA, obteniéndose resultados con buena correlación para ambos sexos^{24,25}, permitiendo utilizar ésta técnica como una herramienta fácil y reproducible para evaluar grasa corporal^{26,27}.

Tomando en cuenta la variedad de técnicas accesibles en este momento, el costo del estudio DEXA y lo difícil de su aplicación en estudios transversales y prospectivos con fines de vigilancia epidemiológica y análisis situacional de trastornos del PGC, el motivo de la presente investigación fue el de generar un modelo predictivo para la determinación de BFM con la técnica de ultrasonido a partir de los datos de BMF obtenido por DEXA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la muestra

Para llevar a cabo este estudio correlacional, se seleccionaron 43 sujetos de ambos sexos, mayores de 18 años de edad, procedentes de la ciudad de Maracaibo y Costa Oriental del Lago, ambas localidades pertenecientes al Estado Zulia-Venezuela. Los criterios de exclusión fueron: antecedente de cirugía abdomino-pélvica en los últimos 3 meses, antecedentes de cirrosis hepática, lesiones tumorales intraabdominales, lipodistrofia, cirugía bariátrica, enfermedades infecciosas como HIV y Hepatitis virales, y aquellos que no cumplieron el período de ayuno de 8-10

horas para la valoración ultrasonográfica. Todo procedimiento fue aprobado por el comité de ética del Centro de Investigaciones Endocrino-Metabólicas (CIEM), "Dr. Félix Gómez", y cada uno de los individuos enrolados en el estudio fue informado de los objetivos del mismo y firmó consentimiento informado previo a cualquier evaluación clínica.

Evaluación Antropométrica de los Individuos

Se realizó historia clínica completa y examen físico para realizar la medición de las siguientes variables antropométricas:

- Talla: utilizando un tallímetro colocado sobre una superficie plana, con el individuo descalzo, de espaldas a la regla de medición.
- Peso e IMC fueron obtenidos utilizando equipo digital analizador marca Tanita® modelo TBF-300A. El IMC se clasificó utilizando las categorías propuestas por la Organización Mundial de Salud²⁸.
- Evaluación ecográfica se realizó utilizando un Ultrasonido Portátil marca Chison® modelo Q9 con transductor lineal Probe de 7.5-9 MHz, (Chison Medical Imaging Co. LTD, China). Los puntos anatómicos utilizados para la medición de la grasa subcutánea fueron los siguientes, basados en aquellas áreas anatómicas utilizadas en pliometría¹⁷:
 - Punto Cutáneo Abdominal: A 2 cm de la línea alba a la altura de la cicatriz umbilical.
 - Punto Cutáneo Pectoral: Se ubicó en la línea imaginaria desde el hombro hasta la cadera opuesta, a 2 cm por encima del pezón en dirección longitudinal.
 - Punto Cutáneo Inguinal o Cresta Iliaca: Se ubicó en la cresta iliaca, a nivel de la línea axilar media.
 - Punto Cutáneo del Muslo: Se determina el punto medio, entre la cadera y la rodilla. El sujeto debe apoyarse en la pierna contraria para mantener el músculo relajado. El transductor se coloca de forma vertical en el punto seleccionado.
 - Punto Cutáneo de la Pantorrilla: Con el sujeto de pie apoyando la pierna derecha sobre un escabel para obtener un ángulo de 90 grados y utilizando la rodilla como referencia, se determina en la cara medial en el punto más sobresaliente del área muscular.
 - Punto Cutáneo del Tríceps: Se hicieron dos mediciones con el brazo: una medición con el brazo en flexión de 90 grados manteniendo el antebrazo hacia la línea media, y una segunda con el brazo en extensión (Figura 1- Panel A y Panel B). En ambas, se toma como punto de reparo la región posterior sobre el tríceps, entre la punta del codo (parte inferior de la apófisis olecraniana de la ulna) y la protuberancia del hombro (apófisis Acromial de la escápula).

- Punto Cutáneo Subescapular: Con el sujeto parado con los brazos colgando, se ubicó el punto inferior del omóplato con el pulgar izquierdo; Figura 1 – Panel C. En presencia de inconvenientes para la determinación del área, se sugirió levantar el brazo derecho en orientación hacia la espalda, el punto anatómico se ubicó en dirección oblicua hacia abajo en un ángulo de 45 grados.

Protocolo para la realización del Dexa

Posteriormente, los individuos seleccionados fueron evaluados a través de absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), utilizando un equipo Lunar Prodigy Advance® (General Electric®, Buckinghamshire, Reino Unido)²⁹. El software Prodigy® permite la evaluación de composición corporal ofreciendo información precisa y veraz de PGC, FFM, y porcentaje de grasa corporal, tanto en secciones regionales como en cuerpo completo^{29,30}. La técnica permite obtener resultados dentro del 1DE ($\pm 0.010\text{g/cm}^2$) ajustados para edad, peso, sexo y grupo étnico. Las variables de composición corporal obtenidas a través de esta técnica son las siguientes: Masa Total, PGC, Región Grasa Específica, Tejido Magro (FFM) y Grasa Libre. Para la realización de la prueba, se cumplieron una serie de requisitos de acuerdo al manual de especificaciones del aparato³¹. La prueba se realizó con el paciente descalzo, retirando cualquier accesorio metálico y secar el sudor con una toalla de papel 1 minuto antes de la prueba. Los sujetos no debían poseer dispositivos electrónicos implantados como marcapasos cardiacos, desfibriladores automáticos o bombas de infusión de insulina. Además no debían consumir alcohol en las 48 horas previas, ni haber realizado actividad física extenuante 12 horas antes de la prueba. Finalmente, se les indicó no comer ni ingerir agua o bebidas que contuviesen cafeína 4 horas antes de la prueba. Posteriormente, utilizando el modo de exploración estándar para cuerpo total con una dosis de 0,4 uGy, se realizó la evaluación de los individuos colocándolo en decúbito supino, centrado en la mesa con los brazos estirados a los lados del cuerpo, las manos mirando a las piernas sin tocarlas y los pulgares hacia arriba. Si el paciente es más ancho que la mesa de exploración, el estudio se realiza en medio cuerpo (incluyendo el cuello y la cabeza, y todo un lado, con el brazo y la pierna correspondientes); en este caso, el paciente se coloca en la posición indicada pero descentrado en la mesa de forma que medio cuerpo esté incluido completamente.

Análisis Estadístico

Todos los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) ver 9.2 para Windows, (SAS Institute Inc Cary, North Carolina, Estados Unidos de Norteamérica)³². La distribución normal de las variables cuantitativas se analizó aplicando el Test de Shapiro-Wilk ($n < 90$, Proc Univariate Normal Plot³²) y la prueba de Jarque-Bera para normalidad de variables utilizadas en modelos de regresión^{33,34}. Las variables índices de grasa de muslo y pantorrilla fueron transformadas matemáticamente elevándolas por la po-

tencia: $[X1/3=(X)^{1/3}]^{32}$. La homocedasticidad fue analizada por la prueba de Levene, la heterocedasticidad con la prueba de heterocedasticidad, la aleatoriedad de los datos con la prueba de Durban-Watson, y los procedimientos univariados se usaron para la normalidad multivariada de los residuos del modelo de regresión lineal múltiple con el test de Shapiro-Wilk³². Las variables cuantitativas fueron expresadas en media±desviación estándar, las diferencias fueron obtenidas mediante la t de Student, y las correlaciones finales se calcularon con las pruebas de Pearson y Spearman. Para este estudio las correlaciones se clasificaron en tres grupos: a) menores de 0,30 correspondientes a correlaciones bajas, b) correlaciones entre 0,31 y 0,70; clasificadas como correlaciones moderadas y c) correlaciones mayores de 0,71 correspondientes a correlaciones altas; con dirección positiva o negativa entre el rango de +1 a -1³⁵. Para caracterizar y predecir las variables se efectuó el análisis de regresión lineal múltiple usando Proc Reg con la opción Backward³². En todos los casos, la significancia estadística fue preestablecida como $p<0,05$.

RESULTADOS Características Generales

De una población total de 43 individuos, 13 (30,23%) fueron hombres y 30 (69,76%) fueron mujeres, con una edad promedio general de $41,35\pm 16,77$ años, con medias aritméticas de $41,38\pm 18,90$ años para los hombres y $41,33\pm 16,11$ años para las mujeres; $p=0,993$. La Tabla 1 muestra las características generales de la población de acuerdo al sexo. El grupo de los hombres obtuvo un promedio de peso de $86,85\pm 27,06$ kg, en comparación con sus contraparte femeninas las cuales obtuvieron $73,77\pm 25,44$ kg, $p=0,136$. Finalmente, la media aritmética general para IMC fue de $27,91\pm 7,0$ kg/m², con $26,63\pm 5,37$ kg/m² para los hombres y $28,47\pm 7,61$ kg/m² para las mujeres, $p=0,435$. El 32,6% de los individuos fueron Normopeso (38,5% hombres y 30% mujeres), 25% tenían Sobrepeso (38,5% hombres y 20%), y 41,9% de los sujetos resultaron Obesos (23,1% hombres y 50% mujeres).

Sitios Anatómicos y Ultrasonido

Los 8 puntos anatómicos evaluados por ultrasonido se describen en Tabla 1 de acuerdo al sexo. Se observa diferencia significativa entre ambos hombres y mujeres en todas las mediciones excepto en Punto Subescapular ($1,94\pm 6,08$ vs. $0,39\pm 0,21$ cm, $p=0,367$) y Punto Abdominal ($2,54\pm 1,20$ vs. $3,47\pm 1,57$ cm, $p=0,064$).

PGC y DEXA

Al evaluar el PGC según sexo, se evidenció que la media de los hombres fue menor en comparación con las mujeres ($28,58\pm 10,05$ % vs. $43,54\pm 11,42$ %, $p<0,001$),

obteniendo una media aritmética total de $39,02\pm 12,93$ % para la población de estudio.

Construcción de las fórmulas de predicción de grasa corporal

Para el diseño matemático y la elaboración de las fórmulas de predicción de porcentaje de grasa corporal, se realizó una regresión multivariante lineal para cada sexo, utilizando como variables explicativas todas las mediciones ecográficas y el IMC, utilizando la correlación de Pearson para determinar cuáles fueron las variables a seleccionar para la construcción de la fórmula.

Hombres

En el grupo de los hombres se obtuvo una fuerte correlación con el PGC (DEXA) y el IMC ($r=0,91780$, $p<0,001$), y PGC y el Punto Abdominal ($r=0,77581$, $p=0,018$); ver Tabla 2. En el análisis multivariante, el Punto Abdominal fue el mejor predictor para PGC ($r=0,954$; $p=0,011$). La fórmula matemática derivada para los hombres fue la siguiente:

$$\%GRASA = (-18,53992) \times (IMC+4,28759) \times (PAbd-14,00097) \times (PPanto^{1/3}),$$

donde IMC es el Índice de Masa Corporal, PAbd es el resultado de la medición del Punto Abdominal, y PPanto es el obtenido del Punto de Pantorrilla.

Mujeres

En este grupo se observó una buena correlación entre PGC e IMC ($r=0,92831$, $p<0,001$), y PGC y Punto del Muslo ($r=0,86093$, $p<0,001$); ver Tabla 3. En el análisis multivariante, el Punto del Muslo fue el mejor predictor para PGC ($r=0,923$; $p=0,0003$). La fórmula matemática construida para las mujeres fue la siguiente:

$$\%GRASA = (-26,51783) \times (IMC+2,16396) \times (PIng+21,77406) \times (PMuslo^{1/3})$$

donde IMC es el Índice de Masa Corporal, PIng es el resultado de la medición del Punto Inguinal, y PMuslo es el obtenido del Punto del muslo.

Tabla 1. Características generales de la muestra estudiada.

	Hombre		Mujer		Total		*p
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Edad (años)	41,38	18,90	41,33	16,11	41,35	16,77	0,993
Peso (kg)	86,85	27,06	73,77	25,44	77,72	26,32	0,136
Talla (cm)	170,62	7,86	153,87	18,34	158,93	17,62	0,003
IMC (kg/m ²)	26,63	5,37	28,47	7,61	27,91	7,00	0,435
DEXA Grasa Total (%)	28,58	10,05	43,54	11,42	39,02	12,93	<0,001
Pliegue Abdominal (cm)	2,54	1,20	3,47	1,57	3,19	1,52	0,064
Pliegue Inguinal (cm)	1,18	0,92	2,28	1,12	1,95	1,17	0,004
Pliegue Muslo (cm)	0,64	0,44	1,96	0,90	1,56	0,99	<0,001
Pliegue Pantorrilla (cm)	0,56	0,34	1,51	,78	1,22	0,81	<0,001
Pliegue Tríceps Flexión (cm)	0,62	0,47	1,74	0,86	1,40	0,92	<0,001
Pliegue Tríceps Extensión (cm)	0,62	0,47	1,77	0,86	1,42	0,93	<0,001
Pliegue Subescapular (cm)	0,39	0,21	1,94	6,08	1,47	5,11	0,367

* T de Student

Tabla 2. Correlación de la grasa total medida por DEXA con los diversos pliegues y Regresión lineal para Hombres.

	Grasa	IMC	Pliegue Abdominal	Pliegue Pantorrilla	r ²	r Ajustado
					0.9547	0.9396
%Grasa	1.00000	0.91780 <.0001	0.77581 0.0018	0.57174 0.0412	1,000	
IMC	0.91780 <0,0001	1.00000	0.59356 0.0325	0.63555 0.0196	<0,0001	
Pliegue Abdominal	0.77581 0.0018	0.59356 0.0325	1.00000	0.67372 0.0116	0,0011	
Pliegue Pantorrilla	0.57174 0.0412	0.63555 0.0196	0.67372 0.0116	1.00000	0,0375	

Fórmula matemática de predicción de %Grasa para Hombres:

$$\%GRASA = (-18.53992) \times (IMC+4.28759) \times (PAbd-14.00097) \times (PPanto^{1/3})$$

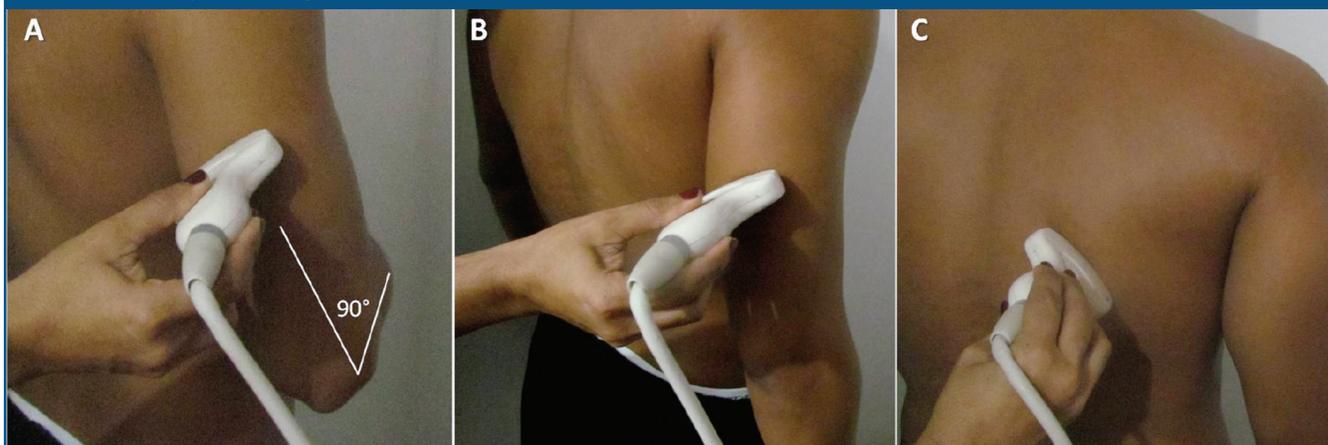
Tabla 3. Correlación de la grasa total medida por DEXA con los diversos pliegues y Regresión lineal para Mujeres.

	Grasa	IMC	Pliegue Inguinal	Pliegue Muslo	r ²	r Ajustado
					0.9323	0.9245
%Grasa	1,00	0,92831 <0,0001	0,74746 <0,0001	0,86093 <0,0001	1,000	
IMC	0,92831 <0,0001	1,00	0,67952 <0,0001	0,77028 <0,0001	<0,0001	
Pliegue Inguinal	0,74746 <0,0001	0,67952 <0,0001	1,00	0,57419 <0,009	0,0137	
Pliegue Muslo	0,86093 <0,0001	0,77028 <0,0001	0,57419 <0,009	1,00000	0,0003	

Fórmula matemática de predicción de %Grasa para Mujeres:

$$\%GRASA = (-26.51783) \times (IMC+2.16396) \times (PIng+21.77406) \times (PMuslo^{1/3})$$

Figura 1. Descripción fotográfica de la toma de los Pliegues Cutáneos del Tríceps en Flexión (A), Tríceps en Extensión (B), y Subescapular.



DISCUSIÓN

El tejido adiposo es uno de los órganos más importantes involucrados en el metabolismo intermedio³⁶ y su distribución influye sobre las características funcionales del mismo³⁶. La masa corporal total y la masa libre de grasa conforman el compartimiento dual que define el peso corporal¹⁶. Se han diseñado varios métodos para evaluar dichos compartimientos debido al incremento en la prevalencia de obesidad a nivel mundial³⁷, incluyendo nuestra localidad con una prevalencia de obesidad del 33,3%², y su asociación inequívoca con riesgo de desarrollo de enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus³⁸.

Dentro de las medidas antropométricas utilizadas para el diagnóstico de obesidad se encuentra el IMC, índice que ha sido catalogado como un subrogado de adiposidad corporal³⁹. Mas sin embargo, múltiples reportes han concluido que éste marcador no puede distinguir entre BFM y FF⁷, por lo que subestima adiposidad en sujetos con grandes porciones de masa magra como en los fisicoculturistas⁴⁰, en aquellos con pérdida de masa muscular como en la población anciana⁴¹, y en aquellos candidatos a cirugía bariátrica⁴². Otras variables son utilizadas para evaluar obesidad abdominal como Circunferencia Abdominal⁴³ e Índice Cintura/Cadera⁴⁴, pero éstos también presentan limitaciones importantes como lo es el establecimiento de puntos de corte etno-específicos tomando en cuenta el origen étnico, costumbres socioculturales, poder adquisitivo y correlación con trastornos metabólicos⁴⁵.

Dentro de los métodos de evaluación de los depósitos grasos están los Pliegues Cutáneos (Plicometría)¹⁴ y la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)¹⁰, siendo éste último el estándar de oro para la cuantificación de PGC. La plicometría permite la evaluación de la interfase piel-músculo y medir grasa subcutánea corporal, facilitando así la evaluación de PGC ya sea con la medición de los pliegues cutáneos con el calíper^{18,19}, o utilizando los mismos puntos anatómicos para medir grasa subcutánea mediante evaluación ecográfica²⁵. Cabe destacar, que al igual que el IMC, la plicometría está sujeta a sobreestimación de personas obesas y en aquellas con edema⁴⁶, por lo que la evaluación clínica y participación de personal capacitado es vital a la hora de la aplicación del calíper en dichos pliegues de medición. De hecho, el entrenamiento es riguroso para poder manejar los casos especiales donde es difícil localizar y pinzar el pliegue cutáneo, como por ejemplo, en obesidad mórbida, sujetos con lipodistrofia, sarcopenia, y ancianos⁴⁶. Es por ello que la posibilidad de aplicar plicometría en estudios de vigilancia epidemiológica es remota ya que la técnica tiene una baja tasa de reproducibilidad¹⁵. Sin embargo, a pesar de las bondades de otras técnicas, la valoración de composición corporal por DEXA sigue siendo el método de elección¹⁰; no obstante, se reconocen ciertas limitaciones de la técnica como lo son⁴⁷: el costo del estudio, el grado de hidratación del FFM, cambios asociados al crecimiento, enfermedad y envejecimiento.

El objetivo de este estudio, fue el de diseñar un modelo matemático que permitiese la predicción del porcentaje de grasa utilizando la medición de grasa subcutánea en los puntos de reparo anatómico para la medición de la grasa subcutánea y el IMC, en contraposición con valores porcentaje de grasa obtenidos a través de la DEXA. Dentro de los resultados, se observó la importante correlación de IMC en el porcentaje de grasa para ambos sexos, pero con diferencias en los puntos de medición ultrasonográfica de la interfase piel-músculo para grasa subcutánea. En los hombres hubo una importante correlación con Punto Abdominal y Punto de la Pantorrilla, mientras que en las mujeres se observó correlación con el Punto del Muslo y el Punto Inguinal. Estas fórmulas obtenidas en nuestros resultados son herramientas matemáticas que serían fácilmente aplicables en estudios prospectivos, requiriendo la valoración antropométrica y la medición ultrasonográfica de los puntos de medición de grasa subcutánea por cada sexo.

El estudio de Pineau y col.⁴⁸ el cual tienen una metodología semejante a la nuestra, publica resultados similares al analizar 83 sujetos sedentarios utilizando DEXA y ultrasonido en la cara interna de ambos muslos y pared posterior del tórax para la medición de la interfase piel-músculo, para luego analizar los límites de acuerdo (limits of agreement, promedio de las diferencias entre dos métodos llamado "el sesgo") de Bland & Altman⁴⁹; este grupo no utilizó pliegues anatómicos en su valoración antropométrica. Este grupo de investigadores reporta que entre el ultrasonido y la DEXA, los límites de acuerdos son menores al 6%, por lo que se consideran aceptables para el diagnóstico de porcentaje de grasa en la práctica clínica. Otros autores han reportado resultados similares con respecto a cuál punto sería de mejor pronóstico, como los hallazgos de Eston y col.⁵⁰ en donde el Punto del Muslo obtuvo la mayor correlación con DEXA en hombres y mujeres de la población de Gales – Reino Unido, seguido de Punto de Pantorrilla e Inguinal en las mujeres, y se le agregan los Puntos Inguinal y Abdominal para los hombres.

Dentro de las limitaciones del estudio está el tamaño muestral, el cual se ajusta a la naturaleza investigativa de la situación y plausibilidad del diseño matemático, pero no es apropiada para la realización de inferencias y conclusiones de mayor contundencia. Otro punto clave es la cantidad de hombres en el estudio, la cual debe ampliarse hasta obtener un número homólogo en ambos grupos de acuerdo al género. Finalmente, es necesario diseñar y plantear un estudio mayor escala con los recursos humanos y económicos necesarios para poder llevar a cabo la DEXA y la valoración ultrasonográfica en todos los pacientes reclutados.

Podemos concluir que es posible diseñar modelos matemáticos a través de técnicas de regresión multivariante en la que se seleccionen las variables con mayor capacidad predictiva y en ello, plantear una fórmula de predicción de porcentaje de grasa utilizando variables antropométricas.

cas como IMC y medición de la interfase piel-músculo por ultrasonido. La utilización del estándar de oro, la DEXA, dentro del protocolo de validación facilita la determinación de su aplicabilidad y confiabilidad.

REFERENCIAS

- Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage of body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000;72:694-701.
- Bermúdez V, Marcano RP, Cano C, Arráiz N, Amell A, Cabrera M, et al. The Maracaibo City Metabolic Syndrome Prevalence Study: Design and Scope. *Am J Therapeutics* 2010;17:288-294.
- Coppell K, Kataoka M, Williams S, Chisholm A, Vorgers S, Mann J. Nutritional intervention in patients with type 2 diabetes who are hyperglycaemic despite optimized drug treatment—Lifestyle Over and Above Drugs in Diabetes (LO-ADD) study: randomized controlled trial. *BMJ* 2010;341:c3337
- Nieuwenhuizen W, Weenen H, Rigby P, Hetherington M. Older adults and patients in need of nutritional support: Review of current treatment options and factors influencing nutritional intake. *Clinical Nutrition* 2010;29:160-169.
- Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, et al. A better index of body adiposity. *Obesity* 2011;19:1083-1089.
- Wilmore JH, Buskirk ER, DiGirolamo M, Lohman TG. Body composition: A round table. *Physician Sports Medicine* 1986;14:144-162.
- Goonasegaran AR, Nabila FN, Shuhada NS. Comparison of the effectiveness of body mass index and body fat percentage in defining body composition. *Singapore Med J* 2012;53:403-408.
- Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obesity* 2008;32:959-966.
- Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008;11:566-572.
- Mazess RB, Burden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 1990;51:1106-1112.
- Santos DA, Silva AM, Matias CN, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition Metabolism* 2010;7:22.
- Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Body fat percentage measured by dual-energy X-ray absorptiometry corresponding to recently recommended body mass index cutoffs for overweight and obesity in children and adolescents aged 3-18 y. *Am J Clin Nutr* 2002;76:1416-1421.
- Valerio CM, Zajdenverg L, de Oliveira JEP, Mory PB, Moyses R, Godoy-Matos AF. Body composition study by dual-energy x-ray absorptiometry in familial partial lipodystrophy: finding new tools for an objective evaluation. *Diabetology Metabolic Syndrome* 2012;4:40.
- Martin AD, Ross WD, Drinkwater DT, Clarys JP. Prediction of body fat by skinfold caliper: assumptions and cadaver evidence. *Int J Obesity* 1985;9:31-39.
- Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987;46:537-556.
- Amaral TF, Restivo MT, Guerra RS, Marques E, Chousal MF, Mota J. Accuracy of a digital skinfold system for measuring skinfold thickness and estimating body fat. *Br J Nutrition* 2011;105:478-484.
- Lopategui Corsino E. determinación de la composición corporal: método de plicometría o pliegues subcutáneos. Accesible en: <http://www.saludmed.com/LabFisiol/Lab-F-Men.htm>. Fecha de Consulta: 01-02-2013.
- Weits T, van der Beek EJ, Wedil M. Comparison of ultrasound and skinfold caliper measurement of subcutaneous fat tissue. *Int J Obesity* 1986;10:161-168.
- Padilla S, Gallego JA, Masiá M, Ardoy F, Hernández I, Gutiérrez F. Ultrasonography and anthropometry for measuring regional body fat in HIV-infected patients. *Curr HIV Res* 2007;5:459-466.
- Alpert JS, Mladenovic J, Hellmann DB. Should a hand-carried ultrasound machine become standard equipment for every internist? *Am J Med* 2009;122:1-3
- Sprawls P. Physical principles of Medical Imaging. Aspen Rockvillw, Md, USA. 1987.
- Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. The Essential physics of medical imaging. Williams & Wilkins, Philadelphia, Pa, USA. 2nd Edition, 2002.
- Bullen BA, Quaade F, Olessen E, Lund SA. Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. *Hum Biol* 1965;37:375-384.
- Pineau JC, Guihard-Costa AM, Bocquet M. Validation of ultrasound techniques applied to body fat measurement. A comparison between ultrasound techniques, air displacement pletysmography and bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Ann Nutr Metab* 2007;51:421-427.
- Pineau JC, Filiard JR, Bocquet M. Ultrasound techniques applied to body fat measurement in male and female athletes. *J Athl Train* 2009;44:142-147.
- Wagner DR. Ultrasound as a tool to assess body fat. *J Obes* 2013;2013:280713.
- Toomey C, McCreesh K, Leahy S, Jakeman P. Technical considerations for accurate measurements of subcutaneous adipose tissue thickness using B-mode ultrasound. *Ultrasound* 2011;19:91-96.
- World Health Organization. The World Health Report 2003. Available at: <http://www.who.int/whr/2003/en/>
- GE Healthcare Lunar Prodigy Advance®. Accesible en: <http://www.med-wrench.com/?equipment.view/equipmentNo/2454/GE-Healthcare/Lunar-Prodigy-Advance/>
- Lunar Prodigy Advance®. Accesible en: www.rxcontreras.com/paginas/prodigyadvance.pdf
- Lunar Prodigy Advance® Output – Seguridad y Especificaciones. Accesible en: www.gehealthcare.com/company/docs/SafetyAndSpecification.pdf
- S.A.S. 2008. Statistical Analysis System. Institute Inc. System SAS for Windows. Version 9.2. Level TS 1M0 XP_PROWin. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Jarque CM, Bera AK. Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals. *Economics Letters* 1980;6:255-259.
- Jarque CM, Bera AK. A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review* 1987;55:163-172.
- Pagano RR. 1999. Estadística para las Ciencias del Comportamiento. Quinta Edición. Editorial International Thomson Editores. México D. F. México. 348 pp.
- Goodpaster BH, Thaete FL, Simoneau JA, Kelley DE. Subcutaneous abdominal fat and thigh muscle composition predict insulin sensitivity independently of visceral fat. *Diabetes* 1997;46:1579-1585.
- Seidell JC. Epidemiology of obesity. *Semin Vasc Med* 2005;5:3-14.
- Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 2004;27:1047-53.
- Chan CC, Watts GF, Barrett PH, Burke V. Waist circumference, waist-to-hip ratio and body mass index as predictors of adipose tissue compartments in men. *QJM* 2003;96:441-447.
- Bhurosy T, Jeewon R. Pitfalls Of Using Body Mass Index (BMI) In Assessment Of Obesity Risk. *Curr Res Nutr Food Sci* 2013;1:71-76.
- Cohen G, Jose SM, Ahroheim JC. Body mass index: pitfalls in elderly people. *J Am Geriatr Soc* 2009;57:170-172.
- Livingston EH. Pitfalls using BMI as a selection criterion for bariatric surgery. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2012;19:347-351.
- Alberti K, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome: A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention: National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 2009;120:1640-1645.
- Snijder MB, Dekker JM, Visser M et al. Trunk fat and leg fat have independent and opposite associations with fasting and postload glucose levels: the Hoorn study. *Diabetes Care* 2004;27:372-77.
- Snijder MB, van Dam RM, Vidder M, Seidell JC. What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them? *Int J Epidemiol* 2006;35:93-92.
- González Jiménez E. Body composition: assessment and clinical value. *Endocrinol Nutr* 2013;60:69-75.
- Roubenoff R, Kehayias JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *Am J Clin Nutr* 1993;58:589-591.
- Pineau JC, Lalys L, Pellegrini M, Battistini NC. Body fat mass assessment: a comparison between an ultrasound-based device and a Discovery A model DXA. *ISRN Obesity* 2013;2013:462394.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-310.
- Eston RG, Rowlands AV, Charlesworth S, Davoes A, Hoppitt T. Prediction of DXA-determined whole body fat from skinfolds: importance of including skinfolds from the thigh and calf in young, healthy men and women. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:695-702.