

La antropometría aplicada en el ultrasonido como herramienta para la medición de la composición corporal

Anthropometry applied in ultrasound as a tool for measuring body composition

Sandra Bahr-Ulloa^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-4472-3716>

Francisco Agüero-Gómez¹  <https://orcid.org/0000-0001-5830-8049>

William Carvajal-Veitia²  <https://orcid.org/0000-0002-6228-8922>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Matanzas, Cuba.

² Centro Provincial de Medicina Deportiva. Matanzas, Cuba.

* Autor para la correspondencia: sandrab.mtz@infomed.sld.cu

RESUMEN

La caracterización antropométrica de los individuos aporta información para la evaluación de su estado de salud, en particular la composición corporal —aspecto esencial en la valoración nutricional y funcional—, donde el ultrasonido adquiere cada vez más valor en el análisis de estos componentes. El propósito de esta investigación es sistematizar los referentes sobre el estudio de la composición corporal a través de las mediciones del tejido adiposo subcutáneo por ultrasonido. Se realizó una investigación documental cuyo objeto de estudio fueron los artículos publicados en las bases de datos SciELO, EBSCO y PubMed, entre enero de 2020 y octubre de 2022. Se encontró que existen diferentes centros investigativos que han desarrollado estudios sobre la composición corporal medida a través de ultrasonido, mayormente en la última década. Las principales escuelas se encuentran en Francia, Estados Unidos,



Brasil y Austria. Las aplicaciones de estos estudios se encuentran en la nutrición, el deporte, la salud en general, y poblaciones particulares como niños, adolescentes, militares e individuos con sobrepeso u obesidad. Por tanto, se considera que el ultrasonido es un método indirecto de medición de la composición corporal, que ha sido empleado para medir la estructura del tejido y ha demostrado ser una técnica precisa para medir el grosor de la grasa subcutánea.

Palabras clave: antropometría; composición corporal; ultrasonido.

ABSTRACT

The anthropometric characterization of individuals provides information for the evaluation of their health status, in particular body composition —a fundamental aspect in nutritional and functional assessment— where ultrasound acquires increasingly more value in the analysis of these components. The purpose of this study is to systematize the references on the study of body composition through measurements of subcutaneous adipose tissue by ultrasound. A documentary research was carried out whose object of study was the scientific articles published in the SciELO, EBSCO and PubMed databases, between January 2020 and October 2022. It was found that different research centers have developed studies on body composition measured through ultrasound, mainly in the last decade. The main schools are located in France, the United States, Brazil and Austria. The applications of these studies are found in nutrition, sports, health in general and in particular populations such as children, adolescents, military personnel, and overweight or obese individuals. Therefore, ultrasound is considered to be an indirect method of measuring body composition, which has been used to measure tissue structure and has proven to be an accurate technique for measuring the thickness of subcutaneous fat.

Key words: anthropometry; body composition; ultrasound.

Recibido: 03/05/2023.

Aceptado: 21/09/2023.

INTRODUCCIÓN

La medición adecuada de la cantidad de grasa corporal es de gran interés médico, ya que es un indicador del estatus nutricional y se relaciona directamente con el estado de salud del sujeto. Marcadores antropométricos de adiposidad como el Índice de Masa Corporal (IMC) y el Índice Cintura Cadera (ICC) son los más usados en el sistema de salud, y son de uso obligatorio para estudios epidemiológicos.^(1,2)



Igualmente, la determinación de la grasa corporal a partir de la medida de los pliegues cutáneos es un método antropométrico para el análisis de la composición corporal que se caracteriza por ser no invasivo, barato y sencillo, ampliamente aceptado en clínica y epidemiología, en ámbitos de nutrición y deporte. Sin embargo, el nivel de precisión de la medida de los pliegues cutáneos depende de numerosos factores externos, como el tipo y calibración de los plicómetros, el nivel de entrenamiento, precisión y técnica del evaluador, y la precisión en la identificación de los puntos que deben ser medidos.⁽³⁻⁵⁾

Actualmente, comienza a tomar fuerza para el análisis de la composición corporal el equipo de ultrasonido. Los avances tecnológicos lo han transformado en un equipo portable, y debido a la disponibilidad del equipo en la atención primaria de salud y su uso extendido en los ambientes clínicos, la habilidad de evaluar la composición corporal con precisión sería una opción potencialmente factible. Este método de medición del panículo adiposo ha sido propuesto como técnica alternativa no invasiva que puede obviar algunas limitaciones de los calibradores de pliegues cutáneos.⁽⁶⁾ Se ha usado en sujetos con valoración nutricional normopeso, al igual que en sobrepesos y obesos, en el estudio de enfermedades renales y cardiovasculares, en el análisis del crecimiento y desarrollo en la edad pediátrica, así como en la población deportiva.^(7,8)

Entre las investigaciones realizadas en Cuba sobre estos temas, se advierte que existe poco desarrollo en el análisis nutricional sobre resultados de composición corporal, y constituye un factor limitante en la evaluación de salud y su posterior aplicación en la práctica. La presente investigación tiene como objetivo sistematizar los referentes sobre el estudio de la composición corporal a través de las mediciones del tejido adiposo subcutáneo por ultrasonido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación documental cuyo objeto de estudio fueron los artículos científicos publicados en las bases de datos SciELO, EBSCO y PubMed desde enero del 2020 hasta octubre de 2022, en español e inglés, que abordaron aspectos referentes a los estudios basados en mediciones del tejido adiposo subcutáneo medido por ultrasonido en las diferentes aristas.

En SciELO Regional, con el descriptor "tejido adiposo subcutáneo", se encontraron 255 referencias que, filtradas a partir de los últimos cinco años determinaron 84 artículos. En EBSCO, con el descriptor en inglés "*subcutaneous adipose tissue*", se encontraron 3423 referencias, que al filtrar por fecha (últimos cinco años) y a texto completo se obtuvieron 1143 artículos. Al combinar este resultado con el descriptor "*ultrasonography*" utilizando el booleano *and*, resultaron 60 artículos, 23 de los cuales se encontraron a texto completo.

En la base de datos PubMed, con el descriptor "*cutaneous thickness*", se encontraron 2074 referencias que, al combinarlo con "*subcutaneous adipose tissue*" resultaron 112 artículos.



Se recogieron los artículos y se combinaron en el gestor bibliográfico Endnote, se descartaron los duplicados y se completaron 95 artículos. Fueron elegidos por el apego al tema y fueron divididos por investigadores para su análisis. Finalmente, se seleccionaron 30 artículos, los que se muestran referenciados en este trabajo.

Se emplearon métodos teóricos: histórico-lógico, analítico-sintético e inductivo-deductivo para los referentes teóricos del tema, la interpretación de la revisión documental y la progresión de la información en los artículos, de modo que se pudieran extraer las regularidades halladas en la información, para conformar el criterio de los autores acerca del estudio realizado por diferentes investigadores sobre el tema.

DISCUSIÓN

La antropometría es la técnica sistematizada para medir y observar el cuerpo humano y sus partes. La caracterización antropométrica de los individuos aporta mucha información para la evaluación del estado de salud de un sujeto, en particular la composición corporal. Se utiliza en el diagnóstico del estado nutricional de poblaciones, la evolución de los procesos de crecimiento y desarrollo, el entrenamiento de un atleta, los cambios físicos en el envejecimiento y la presencia o ausencia de riesgos para la salud.⁽⁹⁾

Los métodos para el análisis de la composición corporal se clasifican en tres grupos, según el nivel de intervención en el sujeto: los métodos directos, los métodos indirectos y los métodos doblemente indirectos.

El método directo de análisis de la composición corporal tiene que ver con la disección de cadáveres, y por más que se cuente con una excelente fiabilidad, su aplicación y utilidad es muy limitada. Los métodos indirectos no realizan la manipulación de los tejidos que son analizados, por lo que se realiza un análisis de la composición corporal en vivo. Estos métodos son validados a partir del método directo o de la densitometría, y posibilitan medir o estimar los tejidos corporales. A pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y con elevado coste.

Los métodos doblemente indirectos de análisis de la composición corporal han sido, en la generalidad, validados a partir de los métodos indirectos, por lo que tienen un margen de error mayor. No obstante, estos métodos, como la antropometría y la bioimpedancia eléctrica, son sencillos, seguros, fáciles de interpretar y con menores costos financieros, lo que permiten su empleo en investigaciones y estudios epidemiológicos.

El ultrasonido en la antropometría

El ultrasonido es un método indirecto de medición de la composición corporal que ha sido empleado para medir la estructura del tejido y ha demostrado ser una técnica precisa para medir el grosor de la grasa subcutánea. El mismo utiliza un emisor-receptor de ondas ultrasónicas que detecta el reflejo de las mismas en las estructuras



del cuerpo cuando existen cambios de densidad, principalmente en las interfases, piel-grasa, grasa-músculo, músculo-hueso, o músculo-órganos.

El ultrasonido tienen numerosas ventajas como la compresión tisular mínima en la medición del tejido adiposo subcutáneo (TAS), característica que lo pone en ventaja ante los métodos de plicometría. Con respecto a los métodos de laboratorio para la medición de composición corporal, tiene un menor costo, además de ser aplicable en pruebas de campo, en el caso de los que son portátiles. Este método también permite realizar mediciones regionales y segmentarias del TAS, y la radiación que emite no es invasiva ni ionizante.^(10,11)

Han sido numerosos los autores que han descrito ecuaciones para el cálculo de la masa grasa, utilizando como variables los valores del grosor de la capa grasa subcutánea obtenidos por el método del ultrasonido en determinados puntos del cuerpo. Algunos autores utilizan puntos clásicos de plicometría y otros han generado protocolos para la medición del tejido graso subcutáneo por puntos específicos para la ultrasonografía.⁽¹²⁻¹⁵⁾

Los autores consideran que estos resultados no son concluyentes. Las ecuaciones utilizadas son clásicas en antropometría, pero no son adecuadas para el cálculo de la masa grasa a través de resultados obtenidos por ultrasonografía, porque no se corresponden con las mismas condiciones.

Existen dos tipos de ultrasonido que se corresponden con las formas de análisis de estas ondas: el modo amplitud o modo-A y el modo brillo o modo-B. Ambos se basan en el uso de valores tabulados de la velocidad del sonido del tejido y el análisis de señal automatizado para determinar el espesor de la grasa.⁽¹⁶⁾ Al realizar mediciones de grosor en varios sitios del cuerpo, puede calcular el porcentaje de grasa corporal estimado. Los equipos de ultrasonido son costosos y no rentables únicamente para medir la grasa corporal, pero cuando hay equipos disponibles, como en los hospitales, el costo adicional por la capacidad de medir la grasa corporal es mínimo.

El uso del ultrasonido como método para el análisis de la composición corporal en las investigaciones se remonta a la década de 1960, desde el mismo inicio del uso del ultrasonido como método de diagnóstico clínico. Según sugirieron Wagner, Bullen y colaboradores en 1965, y Booth y su equipo en 1966, el ultrasonido y los pliegues cutáneos producen medidas similares.⁽¹⁷⁾ A pesar de contar con una historia de más de cincuenta años en el estudio de la composición corporal, el ultrasonido no ha sido empleado en toda su posibilidad en este campo a lo largo de los años.

Las primeras investigaciones en ultrasonidos para evaluar la composición corporal usaron el modo de brillo. Estos estaban diseñados para generar imágenes a partir transductores de bajas frecuencias —alrededor de 5 MHz— para lograr penetrar los tejidos, aunque la resolución de la imagen resultante era por consiguiente menor.

Desde hace 20 años se ha comenzado a usar y validar la tecnología del ultrasonido en modo de amplitud. Hay un desarrollo prematuro de la escuela francesa en el estudio de la composición corporal por ultrasonido. Un equipo de investigadores ha desarrollado desde el Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia,



numerosos estudios para desarrollar, describir y validar el ultrasonido en el estudio de la composición corporal. En 2007 Pineau y colaboradores describieron el uso de los ultrasonidos en modo-A, utilizando un transductor de 2,25 MHz (Sonographic US Box, Lecoeur Electronique Co., Chuelles, Francia), usando como método de referencia la densitometría.

Los estudios se han extendido hasta la actualidad, con más de quince investigaciones de referencia, tanto en atletas como en función de características nutricionales, en adultos y jóvenes, normopesos y obesos, desarrollando sus propias ecuaciones para medir la composición corporal basadas en dos puntos principales a nivel del tronco y del muslo, validados en numerosos estudios.⁽¹⁾

Los autores consideran que esta es una de las escuelas más sólidas por su constancia en los estudios y su rigor científico. La alianza con instituciones y sociedades para el estudio antropométrico ha permitido enfocar el objeto de estudio en campos como el deporte y la nutrición principalmente.

En Brasil, desde 2012, en la Universidad de Curitiba, se ha desarrollado un equipo profesional que dirigido por Wagner Ripka y Leandra Ulbricht,⁽¹⁸⁾ ha trabajado para validar el sistema de ultrasonido portable en modo-A BodyMetrix BX2000 (de Intelamatrix, Livermore, Estados Unidos). Este ultrasonido utiliza un transductor a baja frecuencia de 2,5 MHz, y un protocolo de 9 sitios de medición del tejido adiposo subcutáneo, con un programa informático de lectura BodyView, con más de 10 ecuaciones para el análisis automatizado de la composición corporal. Los puntos usados para el análisis de la composición corporal por ultrasonido son el subescapular, tríceps, pecho, axila media, cresta ilíaca, supraespal, abdominal, muslo medio y pierna.

En 2012, Ulbricht et al.⁽¹⁹⁾ compararon el sistema con los puntos antropométricos utilizados en antropometría para la medición del pliegue cutáneo con calibradores, y concluyeron que existe una relación del 60 al 75 % de los valores según los sitios utilizados. También han validado este sistema con la densitometría (DEXA), la bioimpedancia eléctrica (BIA) y la antropometría, en poblaciones disímiles como militares y adolescentes, así como en patologías como la obesidad y la parálisis cerebral, con más de siete investigaciones publicadas entre 2012 y 2017.

No obstante, los autores consideran que hay escasez de investigaciones disponibles sobre este sistema novedoso de ultrasonido diseñado específicamente para la composición corporal. El sistema de ultrasonido modo-A compactado en un transductor portátil que se asocia a cualquier computador y permite numerosas ventajas que no han sido debidamente aprovechadas. Es importante mostrar estudios de validación del mismo y también promocionar el beneficio del uso de la información recogida de la composición corporal para contar con datos en diferentes ámbitos y poblaciones que permitan un mejor intercambio entre los investigadores y favorezcan su establecimiento. En el deporte sí se ha empleado con buenos resultados en disciplinas como el canotaje, fútbol y deportes de combate.⁽²⁰⁾

En la Universidad de Utah, Estados Unidos, se ha desarrollado un equipo de investigadores de alto nivel que se dedican al análisis de la composición corporal por



ultrasonido, en particular validando el BodyMetrix. Liderados por Dale Wagner y Vivian Heyward, desde 1996, estos investigadores estudian sistemáticamente la composición corporal a través de diversos métodos de laboratorio con BIA, DEXA, plestimografía y pesaje hidrostático; análisis químicos como deuterio y grasas en sangre, así como estudios de campo con el uso de la antropometría, e incluso realizando estudios de composición corporal en cadáveres, relacionando más de diez publicaciones en la última década.

Este equipo de profesionales ha analizado poblaciones de estudiantes de educación media y universitaria, deportistas de alto rendimiento, pacientes con obesidad, pero es de destacar el análisis de las mediciones de la composición corporal en blancos y negros, ya que apenas ha sido estudiada.

Desde 2017 hasta 2022, este equipo de investigadores ha mostrado su desarrollo e interés creciente en retomar el valor del ultrasonido modo-B en el estudio de la composición corporal. En una serie de publicaciones recientes analizan el sistema de ultrasonido modo-A del BodyMetrix en comparación con los valores y las capacidades del modo-B, para lo cual han utilizado el NextGen LOGIQe R7 (de la General Electric Co., GE Healthcare, Milwaukee, Estados Unidos), usando un transductor de alta frecuencia de 12 MHz. Las conclusiones arrojan que existe una similitud en las correlaciones intraobservador, interobservador, así como en los resultados de la estimación de la composición corporal.⁽¹⁶⁾

La escuela con más tradición y resultados significativos en el uso del ultrasonido modo-B en este campo es la austriaca. Desde los mismos inicios del milenio, la Universidad Médica de Graz es estable en proyectos y resultados sobre este campo. Investigadores como Wolfram Müller, Alfred Furhapter, Anne Kelso y muchos otros han analizado el tema durante más de veinte años. Este equipo trabaja asociado al ISAK y forman la cabeza del Grupo de Trabajo Científico para la Composición Corporal, el Desempeño y la Salud, del Comité Olímpico Internacional (COI).^(10,21,22)

Con estudios multicéntricos e internacionales se han validado protocolos para la medición de composición corporal a través del método de ultrasonografía modo-B en diferentes equipos, entre ellos: GE, LOGITEC, Siemens Acuson x3000PE con transductor de alta frecuencia 12 MHz; Phillips CX%= L-12-3 linear probe, con transductor de 18 MHz; GE LOGIC-e linear probe 12L RS, 9L RS y L8-18, General Electric con transductor a 12 MHz; Esaote laptop color Doppler system SMT de Alemania, con transductor de 13 MHz, y Telmed Echo-Blaster 128 EXT-1Z-REV, de Lituania, con transductor de alta frecuencia.⁽²²⁾

Estos trabajos han tenido la finalidad de estandarizar y protocolizar las medidas del tejido adiposo subcutáneo en el modo brillo del ultrasonido, determinando los sitios fundamentales para este fin, caracterizando la fidelidad y la correlación interobservador, así como el monitoreo de los riesgos cardiometabólicos en atletas y pacientes.^(10,23) También han analizado poblaciones como son adultos normopesos y obesos, niños de 3 a 6 años, niños de 7 a 10 y adolescentes de 13 a 17, pacientes anoréxicos, y un gran número de deportistas de alto rendimiento, incluso de corte olímpico. El equipo ha trabajado las diferencias ancestrales entre blancos y negros, así como las etarias.



En 2018, miembros de este equipo publicaron un análisis de estandarización con 216 puntos para la medición de la grasa subcutánea.⁽²⁴⁾ Posteriormente, Müller y colaboradores publicaron un protocolo para la medición de la composición corporal a través de ultrasonido de modo-B para el trabajo del COI, con nueve puntos anatómicos: abdomen alto, abdomen bajo, oblicuo externo, erector espinal, tríceps distal, braquiorradial, muslo frontal, muslo lateral y pierna medial.⁽²¹⁾

Los autores consideran importante señalar la amplia relación de investigaciones que permiten formar una base sólida de datos y resultados de esta función del ultrasonido. La organización de estudios multicéntricos es una demostración del uso de la estandarización como requisito para la comparación efectiva de los resultados obtenidos en los diferentes países.

Recientemente, autores de diferentes países de Europa han mostrado resultados en el uso del US en el campo de la nutrición. Muchos de ellos han trabajado la medición de grasa subcutánea por ultrasonido en modo brillo y su relación con la composición corporal calculada a través de pliegues cutáneos mediante plicometría, con una fuerte correlación lineal demostrada.⁽²⁵⁻²⁸⁾

Algunos estudios se han relacionado con el embarazo en particular. En 2021, Pétursdóttir et al.⁽²⁹⁾ utilizaron la estimación del grosor del tejido adiposo subcutáneo y visceral para predecir el riesgo de preeclampsia en mujeres embarazadas entre el segundo y el tercer trimestre.

En Cuba apenas se han encontrado trabajos realizados en este campo, aunque en Villa Clara se ha trabajado en el análisis de la adiposidad medida a través del ultrasonido. Artiles Santana et al.,⁽³⁰⁾ en 2020, presentaron una correlación entre las medidas de la grasa abdominal por US y los indicadores antropométricos de adiposidad central en 288 embarazadas de un policlínico universitario.

Existen numerosas escuelas en diferentes lugares del mundo que han mostrado resultados en el análisis de la composición corporal con ultrasonidos en modo amplitud o brillo, tanto en ámbitos del deporte como en la nutrición, en edades vulnerables y con diferentes grados de valoración nutricional. Los autores consideran que precisamente esta diversidad de entornos combinada con estudios multicéntricos internacionales, demuestra la base sólida que se ha ido generando en el desarrollo progresivo que ha experimentado el análisis de la composición corporal por el método ultrasonográfico.

No obstante, existen variables que deben ser analizadas para correlacionar mejor estos resultados con los parámetros estándar donde en Cuba apenas existen trabajo realizados en este campo. El estudio del comportamiento de la afinidad ancestral o raza, es uno de los parámetros que no se han analizado a profundidad. Las diferencias entre los resultados comparados entre la plicometría y el ultrasonido pueden arrojar resultados interesantes con respecto a la composición corporal y la traducción de la misma a través del método ultrasonográfico.



CONCLUSIONES

El ultrasonido es un método indirecto de medición de la composición corporal que ha sido empleado para medir la estructura del tejido y ha demostrado ser una técnica precisa para medir el grosor de la grasa subcutánea. En todo el mundo existen diferentes centros investigativos que han desarrollado estudios sobre la composición corporal medida a través de ultrasonido, con énfasis en la última década.

Las principales aplicaciones de estos estudios se encuentran en la nutrición, el deporte, la salud en general y en poblaciones particulares como niños, adolescentes, militares e individuos con sobrepeso u obesidad, lo que denota la variedad de información que se obtiene de este uso del ultrasonido y su importancia como método de análisis de la composición corporal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pineau JC. Prediction of percent total body fat in adult men using ultrasonic and anthropometric measurements versus DXA. *Gazzetta Medica Italiana Arch Sci Med* [Internet]. En prensa 2020 [citado 08/12/2022]. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02995427>
2. Holmes CJ, Racette SB. The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrients*. 2021;13(8):2493. DOI: 10.3390/nu13082493.
3. Ripka WL, Ulbricht L, Gewehr PM. Body composition and prediction equations using skinfold thickness for body fat percentage in Southern Brazilian adolescents. *PLOS One* [Internet]. 2017 [citado 08/12/2022];12(9):e0184854. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184854>
4. Krueger E, Scheeren EM, Pacheco Rinaldin CD, et al. Impact of skinfold thickness on wavelet-based mechanomyographic signal. *Facta Univ Ser Mech Eng* [Internet]. 2018 [citado 08/12/2022];16(3):359-68. Disponible en: <https://doi.org/10.22190/FUME170602001K>
5. El-Koofy N, Soliman H, Elbarbary MA, et al. Use of anthropometry versus ultrasound for the assessment of body fat and comorbidities in children with obesity. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2020;71(6):782-8. DOI: 10.1097/MPG.0000000000002884.
6. Hoffmann J, Thiele J, Kwast S, et al. Measurement of subcutaneous fat tissue: reliability and comparison of caliper and ultrasound via systematic body mapping. *Sci Rep* [Internet]. 2022 [citado 08/12/2022];12(1):15798. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-19937-4>



7. Novais RLR, Silveira ALO, Diniz IA, et al. Ultrasound as a method for evaluation of body composition: a systematic review. *Res Soc Dev*. 2022;11(2):e56111226221. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.26221.
8. Dexter S, Christison K, Dumke C. Validity of ultrasound for body composition measurement. *Int J Exerc Sci [Internet]*. 2022 [citado 14/01/2023];8(10). Disponible en: <https://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol8/iss10/1>
9. Prasetyo M, Andreas S, Sunardi D, et al. Ultrasonographic measurement of abdominal and gluteal-femoral fat thickness as a predictor for android/gynoid ratio. *Eur J Radiol*. 2022;154:110387. DOI: 10.1016/j.ejrad.2022.110387.
10. Kelso A, Müller W, Fürhapter-Rieger A, et al. High inter-observer reliability in standardized ultrasound measurements of subcutaneous adipose tissue in children aged three to six years. *BMC Pediatrics*. 2020;20(145). DOI: 10.1186/s12887-020-02044-6.
11. Wagner DR, Teramoto M. Interrater reliability of novice examiners using A-mode ultrasound and skinfolds to measure subcutaneous body fat. *PLoS One*. 2020;15(12):e0244019. DOI: 10.1371/journal.pone.0244019.
12. Pineau JC, Bouslah M. Prediction of body fat in male athletes from ultrasound and anthropometric measurements versus DXA. *J Sports Med Phys Fitness [Internet]*. 2020 [citado 14/01/2023];60(2):251-6. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02372119>
13. Kang S, Park J-H, Seo M-W, et al. Validity of the Portable Ultrasound BodyMetrix™ BX-2000 for Measuring Body Fat Percentage. *Sustainability*. 2020;12(21):8786. DOI: 10.3390/su12218786.
14. Eelsey AM, Lowe AK, Cornell AN, et al. Comparison of the Three-Site and Seven-Site Measurements in Female Collegiate Athletes Using BodyMetrix™. *Int J Exerc Sci [Internet]*. 2021 [citado 14/01/2023];14(4):230-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8136548/>
15. Geneen LJ, Kinsella J, Zanotto T, et al. Validity and reliability of high-resolution ultrasound imaging for the assessment of regional body composition in stage 5 chronic kidney disease patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*. 2022;42(1):57-64. DOI: 10.1177/08968608211002384.
16. Wagner DR, Teramoto M, Judd T, et al. Comparison of A-mode and B-mode ultrasound for measurement of subcutaneous fat. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(4):944-51. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.11.018.
17. Wagner D. Ultrasound as a Tool to Assess Body Fat. *J Obes*. 2013;2013:280713. DOI: 10.1155/2013/280713.



18. Ripka WL, Ulbricht L, Menghin L, et al. Portable A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment in Adolescents. *J Ultrasound Med.* 2016;35(4):755-60. DOI: 10.7863/ultra.15.02026.
19. Ulbricht L, Neves EB, Ripka WL, et al. Comparison between body fat measurements obtained by portable ultrasound and caliper in young adults. San Diego: 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2012. p. 1952-5. DOI: 10.1109/EMBC.2012.6346337.
20. Muntean P, Neagu M, Amaricai E, et al. Using A-Mode Ultrasound to Assess the Body Composition of Soccer Players: A Comparative Study of Prediction Formulas. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(4):690. DOI: 10.3390/diagnostics13040690.
21. Müller W, Lohman TG, Stewart AD, et al. Subcutaneous fat patterning in athletes: selections of appropriate sites and standardization of a novel ultrasound measurement technique: ad hoc working group of body composition, health and performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med [Internet].* 2016 [citado 21/03/2023];50(1):45-54. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4717413/>
22. Müller W, Fürhapter-Rieger A, Ahammer H, et al. Relative Body Weight and Standardised Brightness-Mode Ultrasound Measurement of Subcutaneous Fat in Athletes: An International Multicentre Reliability Study, Under the Auspices of the IOC Medical Commission. *Sports Med.* 2020;50(3):597-614. DOI: 10.1007/s40279-019-01192-9.
23. Schmid-Zalaudek K, Brix B, Sengeis M, et al. Subcutaneous adipose tissue measured by B-Mode ultrasound to assess and monitor obesity and cardiometabolic risk in children and adolescent. *Biology (Basel).* 2021;10(5):449. DOI: 10.3390/biology10050449.
24. Störchle P, Müller W, Sengeis M, et al. Measurement of mean subcutaneous fat thickness: eight standardised ultrasound sites compared to 216 randomly selected sites. *Sci Rep.* 2018;8(1):16268. DOI: 10.1038/s41598-018-34213-0.
25. Ryan Stewart H, O'Leary A, Paine E, et al. The relationship between skinfold and ultrasound measures of subcutaneous fat in untrained healthy males. *Appl Sci (Basel).* 2021;11(22):10561. DOI: 10.3390/app112210561.
26. Miclos-Balica M, Muntean P, Schick F, et al. Reliability of body composition assessment using A-mode ultrasound in a heterogeneous sample. *Eur J Clin Nutr [Internet].* 2021 [citado 21/03/2023];75(3):438-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00743-y>
27. Nosslinger H, Mair E, Toplak H, et al. Measuring subcutaneous fat thickness using skinfold calipers vs. high-resolution B-scan ultrasonography in healthy volunteers: A pilot study. *Clin Nutr [Internet].* 2022 [citado 21/03/2023];41:19-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2021.11.007>



28. Ingle AS, Kashyap NK, Trivedi S, et al. Assessment of Body Fat Percentage Using B-Mode Ultrasound Technique versus Skinfold Caliper in Obese Healthy Volunteers. *Cureus*. 2022;14(3):e22993. DOI: 10.7759/cureus.22993.

29. Pétursdóttir Maack H, Sundström Poromaa I, Lindström L, et al. Ultrasound estimated subcutaneous and visceral adipose tissue thicknesses and risk of pre-eclampsia. *Sci Rep*. 2021;11(1):22740. DOI: 10.1038/s41598-021-02208-z.

30. Artiles Santana A, Sarasa Muñoz NL, Machado Díaz B, et al. Adiposidad abdominal determinada por ultrasonido y antropometría en gestantes adolescentes y adultas. *Medicentro Electrónica* [Internet]. 2020 [citado 21/03/2023];24(1):19-35. Disponible en <https://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/2730/2498>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses con ninguna institución o persona.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Bahr-Ulloa S, Agüero-Gómez F, Carvajal-Veitía W. La antropometría aplicada en el ultrasonido como herramienta para la medición de la composición corporal. *Rev Méd Electrón* [Internet]. 2023 Sep.-Oct. [citado: fecha de acceso];45(5). Disponible en: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/5200/5702>

