Antropometría para la Composición Corporal: *Sumatoria de Pliegues Cutáneos*

Katherine Franco-Hoyos[1], Valentina Grajales-Barrientos[1], Paula A. Betancur-Cifuentes[1].

[1]Facultad Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Medellín, Colombia

"Lo que no se puede medir no se puede mejorar" William Thomson, Lord Kelvin

Resumen

El estudio de la composición corporal constituye un eje fundamental dentro de las ciencias de la salud, la nutrición y el deporte, dado que permite comprender la distribución y proporción de los diferentes tejidos del cuerpo humano, así como su relación con el rendimiento físico y el estado de salud. En este contexto, la antropometría emerge como una herramienta práctica, económica y de gran valor científico para evaluar la adiposidad subcutánea y los cambios en la masa corporal. Dentro de sus métodos, la sumatoria de pliegues cutáneos ha demostrado ser una alternativa confiable y sensible frente a técnicas más complejas y costosas.

La sumatoria de seis pliegues (Σ6), que incluye los sitios tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pantorrilla, se ha consolidado como el modelo más equilibrado y representativo para la estimación de la grasa corporal total. Su fortaleza radica en la integración de depósitos de grasa centrales y periféricos, lo que permite una visión más completa y funcional de la composición corporal. Este procedimiento, basado en la medición directa en milímetros, elimina los sesgos inherentes a las ecuaciones predictivas y posibilita un seguimiento longitudinal preciso de los cambios en la adiposidad subcutánea, tanto en el ámbito clínico como en el deportivo.

El protocolo estandarizado de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) asegura la uniformidad en la localización anatómica, la técnica de medición y el control del error técnico, garantizando la precisión, reproducibilidad y comparabilidad internacional de los resultados. A partir de esta rigurosidad metodológica, diversas investigaciones han demostrado una alta correlación entre la Σ6 y métodos de referencia como la absorciometría dual de rayos X (DXA) y la ultrasonografía, consolidando a la Σ6 como una herramienta científica válida, práctica y aplicable en contextos de evaluación nutricional, salud y rendimiento físico.

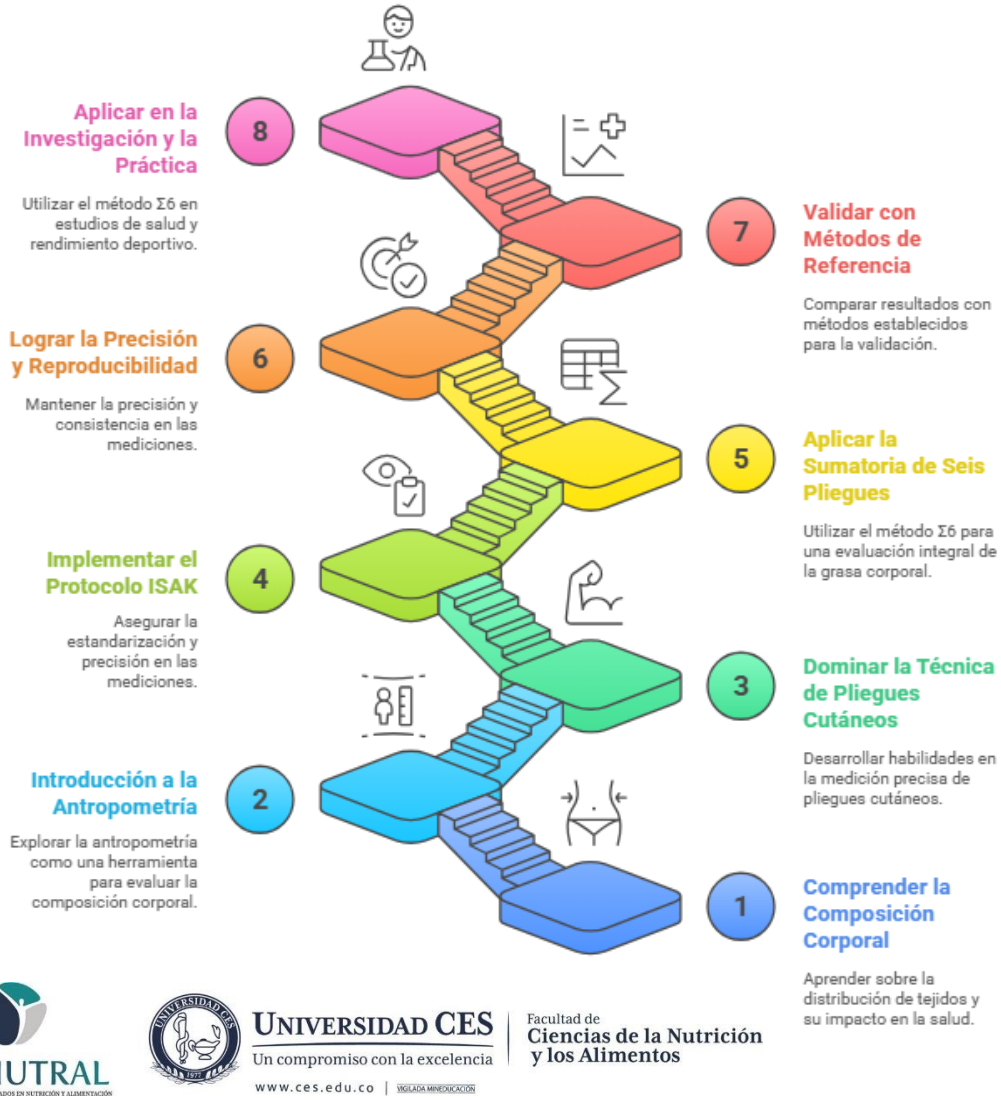
En este contexto, el presente artículo busca destacar la importancia científica y práctica de la sumatoria de seis pliegues como un método antropométrico robusto,

reproducible y accesible, que contribuye a la comprensión integral de la composición corporal y al fortalecimiento del rigor metodológico en la investigación aplicada a la salud y al deporte.

Palabras clave

1. Composición corporal, antropometría, pliegues cutáneos, sumatoria de seis pliegues (Σ6), adiposidad subcutánea, protocolo ISAK, evaluación antropométrica

Imagen 1. ***Evaluación de la Composición Corporal mediante la Sumatoria de Seis Pliegues (Σ6)***



CESNUTRAL
CENTRO DE ESTUDIOS AVANZADOS EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

UNIVERSIDAD CES
Un compromiso con la excelencia
www.ces.edu.co | VIGILADA MINEDUCACIÓN

Facultad de
Ciencias de la Nutrición
y los Alimentos

Introducción

El estudio de la composición corporal (CC) representa un área fundamental de la biología humana y de las ciencias de la salud, dado que tiene implicaciones directas en el ámbito clínico, deportivo, nutricional y epidemiológico. Wang et al. la definen como *"la rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados con factores influyentes"* (1). Haciendo énfasis en la naturaleza dinámica del estudio de la CC y su valor como indicador predictivo del estado de salud, rendimiento físico y adaptación a diferentes contextos.

El estudio de la CC permite analizar los múltiples compartimentos del cuerpo humano según diferentes modelos: el molecular (agua, proteínas, minerales y lípidos), el tisular (tejido adiposo, muscular, óseo y residual), el celular (masa celular activa, líquido intracelular y extracelular) y el segmentario (distribución regional de los tejidos) (2). Comprender estas dimensiones es crucial para interpretar los cambios corporales asociados con las diferentes etapas del curso vital humano como el crecimiento y el envejecimiento, así como el efecto del entrenamiento, la alimentación y nutrición y el estado de saludo y/o enfermedad.

En este marco, es indispensable diferenciar tres conceptos frecuentemente confundidos:

- Masa adiposa: cantidad total de tejido adiposo en el organismo.
- Masa grasa: fracción de la masa adiposa constituida por lípidos.
- Masa lipídica: contenido lipídico puro, sin incluir el resto de las estructuras del tejido adiposo (3).

La confusión de estos términos ha generado errores de interpretación en la literatura científica, lo que subraya la necesidad de precisión terminológica en el estudio de la CC (3,4)

En cuanto a sus aplicaciones, la CC se emplea en:

- Clínica y salud pública, en la evaluación y diagnóstico del estado nutricional, en la identificación de obesidad, sarcopenia, riesgo cardiometabólico y desnutrición (5)
- Deporte y rendimiento, para monitorizar adaptaciones al entrenamiento y alimentación, vigilar categorías por peso y optimizar la relación entre masa magra y adiposa (6)
- Investigación, como variable crítica en estudios longitudinales y de intervención sobre actividad física, nutrición, crecimiento y desarrollo, envejecimiento, entre otros (7).
- Estética e imagen corporal, en el seguimiento de programas de cambio de composición con fines estéticos y de bienestar (8)

En la actualidad, existen diferentes metodologías para estimar la CC, como la absorciometría dual de rayos X (DXA), la bioimpedancia eléctrica (BIA), la pleti-smografía por desplazamiento de aire y la hidrodensitometría. Sin embargo, estas técnicas presentan limitaciones en términos de costo, accesibilidad y sensibilidad a condiciones externas (2,4) Frente a ello, la sumatoria de pliegues cutáneos se ha consolidado como una metodología recomendada en la práctica clínica y deportiva por varias razones:

1. Accesibilidad y bajo costo, lo que permite su uso en poblaciones diversas y estudios de campo.
2. Sensibilidad para detectar cambios longitudinales en la adiposidad subcutánea, especialmente cuando se expresan los valores en milímetros sin transformaciones a porcentaje graso (6) (9).
3. Rigor metodológico estandarizado, gracias a los protocolos de referencia como el de la Sociedad Internacional para el Avance en Cineantropometría - ISAK, que, con su esquema de certificación, permiten que antropometristas entrenados reduzcan el error técnico de medida y se favorezca la comparabilidad internacional (4) (10)
4. Aplicabilidad práctica, pues lo pliegues cutáneos reflejan directamente el tejido adiposo subcutáneo, principal reserva energética del organismo (9).

Por estas razones, este capítulo abordará la sumatoria de pliegues cutáneos como metodología recomendada para la evaluación de la composición corporal, destacando su valor en contextos clínicos, deportivos y de investigación, así como las consideraciones técnicas necesarias para garantizar la calidad de los datos obtenidos.

Pliegues y composición corporal

La composición corporal es un constructo esencial en la evaluación del estado nutricional, la salud y el rendimiento deportivo. (11) Esta información no solo orienta intervenciones clínicas, sino que también constituye un parámetro clave para la optimización del rendimiento en atletas de diferentes disciplinas, (11) dado que el balance entre masa grasa y masa muscular influye directamente en la fuerza relativa, la resistencia y la eficiencia biomecánica. (11)

Dentro de los múltiples métodos existentes para valorar la composición corporal, los modelos multicompartimentales y técnicas como la resonancia magnética nuclear, la tomografía computarizada o la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) ofrecen gran precisión, pero presentan limitaciones en cuanto a costo, accesibilidad, necesidad de infraestructura especializada y exposición a radiación. (12) Frente a ello, la antropometría ha ocupado históricamente un lugar privilegiado por su carácter práctico, bajo costo, portabilidad y aplicabilidad tanto en contextos clínicos como de campo. Entre las variables antropométricas, los pliegues cutáneos han sido uno de los indicadores más empleados para estimar adiposidad subcutánea y, mediante ecuaciones predictivas, aproximarse al porcentaje total de grasa corporal

La técnica de pliegues cutáneos se basa en la medición del espesor del tejido adiposo subcutáneo en puntos anatómicos estandarizados, (12) utilizando calibradores específicos que ejercen una presión constante. La hipótesis fisiológica detrás de esta metodología es que la grasa subcutánea constituye una fracción representativa del tejido adiposo total, de manera que, al sumar varios pliegues corporales, se obtiene una aproximación válida de la grasa corporal global. (12) Las sumatorias de pliegues más difundidas incluyen la de cuatro sitios (tríceps, bicipital, subescapular y suprailíaco), la de seis pliegues y la de ocho pliegues, propuestas y validadas en diferentes contextos poblacionales. (12) Entre estas, la sumatoria de seis pliegues (Σ6) se ha consolidado como una alternativa equilibrada al integrar tanto depósitos periféricos como centrales de grasa (tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pantorrilla medial), lo que aumenta la representatividad del valor obtenido y facilita su aplicación en poblaciones deportivas. (12)

En el contexto del deporte, la evaluación de Σ6 pliegues reviste especial relevancia, ya que permite controlar cambios en la composición corporal inducidos por programas de entrenamiento y nutrición. (12) (13) La masa grasa en exceso se asocia a disminuciones en la velocidad, la potencia relativa y la eficiencia del movimiento, lo que puede comprometer el rendimiento en deportes donde predomina la fuerza relativa o la resistencia. (13) Por otra parte, valores de grasa corporal excesivamente bajos representan un riesgo de deficiencia energética, disminución de la función inmune y alteraciones hormonales, como se observa en la tríada de la atleta femenina y en el síndrome de deficiencia energética relativa en el deporte (RED-S) (12) (13). De esta manera, los pliegues cutáneos ofrecen una herramienta de monitorización longitudinal, útil no solo para describir el estado inicial, sino también para evaluar el impacto de las intervenciones nutricionales y los programas de entrenamiento sobre la composición corporal. (13)

La literatura ha demostrado que, en manos entrenadas, la antropometría por pliegues cutáneos presenta un error técnico de medición bajo, cercano al 3-5% (14). No obstante, la validez de la técnica depende en gran medida de la capacitación del evaluador, la estandarización de los puntos anatómicos y la calidad del calibrador (13). Recientes estudios han comparado las mediciones de pliegues con técnicas más avanzadas como la ultrasonografía de alta resolución, evidenciando que, aunque existen ligeras sobreestimaciones o subestimaciones en función del grosor del pliegue y del sexo, la concordancia es aceptable, consolidando a los pliegues como una herramienta fiable de campo (14). De hecho, investigaciones más actuales han demostrado que la sumatoria de pliegues mantiene una alta correlación con DXA y modelos multicompartimentales en poblaciones atléticas, confirmando su utilidad como método de campo para el monitoreo longitudinal en el deporte (15).

Otro aspecto relevante es la existencia de valores de referencia. Investigaciones recientes en poblaciones atléticas han establecido percentiles específicos de composición corporal y sumatoria de pliegues por sexo y disciplina deportiva, lo que permite situar al atleta dentro de un rango normativo y compararlo con sus pares (16) (17). Estos valores de referencia constituyen un insumo fundamental para entrenadores, nutricionistas y médicos del deporte, ya que facilitan la

individualización de objetivos en programas de control de peso, optimización de masa magra y prevención de riesgos asociados a prácticas extremas de manipulación del peso (13) (17).

Limitaciones de la estimación de la composición corporal

Resulta indispensable reconocer que, al igual que otros procedimientos de evaluación, los pliegues presentan limitaciones que condicionan su interpretación. Este panorama se extiende a la mayoría de las técnicas disponibles, puesto que cada método se sustenta en modelos fisiológicos simplificados y enfrenta restricciones tanto técnicas como contextuales que deben considerarse al momento de analizar los resultados (11) (18).

Un aspecto clave es la dependencia de supuestos teóricos. Los modelos bicompartimentales, los más empleados en la práctica, dividen el cuerpo únicamente en masa grasa y masa libre de grasa, asumiendo una composición constante de esta última (densidad ósea, proporción de agua y distribución muscular) (19). Sin embargo, estudios recientes han demostrado que estos supuestos no se cumplen en poblaciones con alta densidad ósea, como atletas de deportes de impacto, o en individuos con variaciones significativas en la hidratación corporal (19) (15). Esto conlleva a errores sistemáticos que limitan la precisión del dato, especialmente cuando se busca evaluar cambios sutiles a lo largo del tiempo.

Los factores biológicos transitorios también representan un desafío considerable. En el caso de la bioimpedancia eléctrica (BIA), la variabilidad en el estado de hidratación, el consumo de electrolitos, la temperatura ambiente o el momento del ciclo menstrual en mujeres pueden alterar de forma significativa las estimaciones de grasa corporal y masa magra (20). En una cohorte de 310 mujeres jóvenes, la BIA mostró una tendencia a sobreestimar la adiposidad en comparación con pliegues cutáneos, con un sesgo documentado en los análisis de Bland-Altman (21) . Este hallazgo coincide con estudios longitudinales en atletas que demostraron fluctuaciones en la impedancia tras sesiones intensas de entrenamiento, lo que genera interpretaciones erróneas cuando no se controla el estado fisiológico previo a la medición (22).

En relación con métodos considerados de referencia, como la absorciometría dual de rayos X (DXA), aunque aportan información detallada de la masa ósea y magra, presentan limitaciones técnicas que comprometen su reproducibilidad. Investigaciones en adultos físicamente activos evidenciaron que una sola sesión de ejercicio podía modificar en ±1 kg las estimaciones de masa magra por DXA debido a cambios agudos en el contenido de agua muscular, afectando la interpretación en programas de corta duración (23). A su vez, la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC) se consideran estándares de oro para la cuantificación de tejido adiposo visceral y muscular, pero su elevado costo, la necesidad de equipamiento especializado y la exposición a radiación en el caso de la TC, restringen su aplicación en la práctica diaria del deporte (17) (23).

Otra limitación transversal es la validez poblacional de las ecuaciones y algoritmos empleados. Gran parte de las fórmulas antropométricas fueron desarrolladas en poblaciones caucásicas, jóvenes y con niveles de actividad física específicos. Investigaciones han evidenciado que estas ecuaciones tienden a subestimar la grasa corporal en población asiática y a sobreestimarla en latinoamericanos, lo que sugiere que los resultados obtenidos fuera de la población original deben interpretarse con cautela (23) (24). En un estudio realizado en niños y adolescentes mexicanos, los pliegues cutáneos ofrecieron estimaciones más cercanas a la realidad que la bioimpedancia, confirmando la necesidad de contextualizar cada técnica (25).

Finalmente, la variabilidad interobservador e intraobservador se mantiene como un obstáculo incluso en métodos altamente estandarizados. Investigaciones recientes sobre la compresibilidad del tejido adiposo, utilizando calibradores digitales de alta precisión, han demostrado que el tiempo de respuesta del instrumento y las características del tejido difieren según sexo y edad, lo que introduce sesgos adicionales en las mediciones (26). Estos hallazgos refuerzan la idea de que, más allá de la exactitud técnica, la interpretación de la composición corporal debe priorizar la consistencia metodológica y el seguimiento longitudinal por encima de los valores absolutos aislados.

Sumatoria de 6 pliegues, en qué consisten

La sumatoria de seis pliegues cutáneos (Σ6) A diferencia de las ecuaciones de predicción que estiman el porcentaje de grasa corporal, la Σ6 ofrece un valor absoluto derivado de la suma en milímetros de los pliegues subcutáneos más representativos, lo que permite evaluar los cambios longitudinales en la cantidad de tejido adiposo sin necesidad de recurrir a densitometría u otras técnicas de laboratorio (27). Este enfoque ha sido respaldado por organismos internacionales como la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (28)

Pliegues cutáneos

la Σ6 está conformada por seis pliegues medidos en puntos anatómicos específicos: tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pantorrilla medial (29) . La elección de estos sitios responde a criterios fisiológicos y metodológicos:

- Los pliegues tronculares (subescapular, supraespinal y abdominal) reflejan la adiposidad central, de importancia clínica y asociada al riesgo cardiometabólico (6).
- Los pliegues apendiculares (tríceps, muslo y pantorrilla) permiten evaluar la grasa periférica y su relación con la masa muscular (6).

Estos sitios fueron seleccionados por su capacidad para reflejar tanto la distribución regional de la grasa como la variabilidad interindividual, ofreciendo un panorama más completo que la sumatoria de tres o cuatro pliegues utilizada en modelos

previos (30) Estudios recientes han confirmado que incluir tanto depósitos apendiculares como centrales aumenta la sensibilidad para detectar adaptaciones a programas de pérdida de grasa o hipertrofia muscular en atletas de élite (6)

Contexto histórico

El desarrollo de la antropometría aplicada al estudio de la composición corporal tiene más de un siglo de evolución. En los años 40, Behnke y Keys introdujeron los primeros modelos bicompartimentales, dividiendo el cuerpo en masa grasa y masa libre de grasa, a partir de mediciones de densidad corporal obtenidas por hidrodensitometría (31,32). Estos modelos pioneros sentaron las bases de la investigación en composición corporal, pero eran poco prácticos en contextos clínicos y deportivos debido a su complejidad técnica.

En 1950 y 1960 comenzaron a emplearse los pliegues cutáneos como estimadores indirectos de grasa subcutánea, gracias a la introducción de calibradores más precisos y a la estandarización de puntos anatómicos. Posteriormente, Durnin y Womersley (1974) desarrollaron ecuaciones predictivas basadas en cuatro pliegues, que se aplicaron ampliamente en población general (33). Sin embargo, estas ecuaciones resultaban limitadas en deportistas, al subestimar o sobreestimar la grasa corporal en individuos con composiciones atípicas, como atletas de élite o personas con obesidad.

Fue en este contexto que Ross y Kerr (1983) propusieron un enfoque alternativo basado en sumatorias de pliegues, destacando la importancia de utilizarlas no como predictores de un porcentaje, sino como un valor absoluto de adiposidad subcutánea, más útil para monitorizar cambios longitudinales (34). A finales de los años 80, con la creación de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), se estandarizaron protocolos que incluían la Σ6 como medida de referencia en la práctica antropométrica (35).

Durante las décadas de 1990 y 2000, la Σ6 se consolidó como un indicador internacionalmente aceptado para la evaluación de deportistas, siendo utilizada en cohortes de atletas olímpicos y profesionales en disciplinas como atletismo, rugby, fútbol, remo y deportes de combate (16). Al mismo tiempo, surgieron estudios comparativos con métodos de referencia como DXA, confirmando que, aunque la Σ6 no estima directamente la grasa visceral, presenta una alta correlación con la grasa subcutánea total y constituye una herramienta válida para el control de peso y rendimiento (36).

Avances científicos

En las últimas décadas, múltiples investigaciones han validado su utilidad comparándola con métodos de referencia como la absorciometría de rayos X de energía dual, la resonancia magnética y la ultrasonografía de alta resolución. Se ha demostrado que los pliegues cutáneos presentan una concordancia sólida con DXA en atletas, con un margen de error bajo cuando son aplicados por profesionales entrenados (26). De igual manera, se ha encontrado que la Σ6 ofrece resultados muy similares a la ecografía en la estimación de grasa subcutánea en adultos jóvenes sanos, confirmando su valor como método de campo incluso frente a tecnologías más sofisticadas (14). En contextos deportivos, se ha evidenciado que los pliegues cutáneos fueron más consistentes que la bioimpedancia en condiciones de variaciones hídricas, lo que resalta la estabilidad de la Σ6 frente a factores fisiológicos transitorios que afectan otras técnicas (37).

Un avance adicional ha sido su aplicación en poblaciones específicas, lo que ha permitido establecer valores de referencia diferenciados por sexo, edad y disciplina deportiva. En adolescentes, se ha reportado que la Σ6 se relaciona de manera significativa con marcadores cardiometabólicos como resistencia a la insulina y dislipidemias, proponiéndola como un indicador preventivo en salud pública (26). En futbolistas profesionales sudamericanos se han desarrollado curvas percentilares de pliegues que permiten ubicar al deportista dentro de un rango comparativo propio de su disciplina, fortaleciendo el carácter contextualizado de la técnica (38). En deportes de combate, donde la manipulación rápida del peso representa un riesgo importante, se ha destacado que el uso sistemático de la Σ6 puede contribuir a controlar de forma más segura la composición corporal, reduciendo la necesidad de prácticas extremas de deshidratación (39). En disciplinas colectivas como el rugby, la reducción progresiva de Σ6 durante la pretemporada se asoció con mejoras en velocidad y potencia, confirmando que el seguimiento longitudinal de los pliegues no solo refleja cambios en adiposidad, sino también adaptaciones funcionales vinculadas al rendimiento (13).

La Σ6 ha sido aplicada con utilidad en poblaciones geriátricas para evaluar cambios en los depósitos subcutáneos que acompañan la pérdida o ganancia de peso relacionada con intervenciones nutricionales y programas de ejercicio. En ensayos clínicos en el adulto mayor, la sumatoria se ha utilizado como indicador sensible para detectar aumentos de grasa subcutánea asociados a suplementación o cambios dietarios, mostrando que, aun cuando los cambios absolutos sean modestos, la Σ6 captura tendencias relevantes para la fragilidad y la rehabilitación nutricional (25). En la esfera materno-infantil, mediciones de reserva grasa materna expresadas como sumatoria de seis pliegues han mostrado asociación con medidas antropométricas infantiles (peso y longitud al nacer), lo que respalda su valor como marcador de reserva energética materna relevante para resultados perinatales en contextos de investigación poblacional y programas de salud pública (14).

En poblaciones con discapacidad, la Σ6 se ha empleado de forma práctica cuando otras técnicas son poco viables. Estudios de casos y series en corredores y deportistas con síndrome de Down han utilizado la sumatoria de 6 pliegues para

caracterizar patrones de adiposidad y compararlos con medidas de bioimpedancia, mostrando que la Σ6 aporta información útil para el diseño de programas de actividad física individualizados en estos grupos, aunque requiere adaptación metodológica y validación adicional por las características específicas del tejido y la composición corporal en la discapacidad intelectual (16). De forma análoga, investigaciones en grupos clínicos (por ejemplo, estudios sobre cambios esperados en adiposidad a lo largo de la pubertad o en intervenciones de ejercicio) han utilizado la Σ6 como variable clave para describir trayectorias ontogenéticas de adiposidad y para analizar diferencias de patrón entre sexos a lo largo del tiempo, aportando evidencia sobre momentos críticos para la prevención cardio metabólica en poblaciones jóvenes (40).

La Σ6 también ha demostrado valor en estudios de vigilancia y epidemiología poblacional. Trabajos recientes que elaboran curvas centiles nacionales e internacionales incluyen la Σ6 entre sus indicadores, permitiendo describir la distribución de la adiposidad subcutánea por edad y sexo y detectando cambios en la población que son relevantes para políticas de salud pública y programas de prevención de obesidad. Estas referencias poblacionales facilitan la interpretación contextualizada de un valor de Σ6 más allá de su simple magnitud al poder ubicarse en percentiles por edad, sexo y región geográfica (41).

En el campo ocupacional y de poblaciones especiales (p. ej., bomberos, militares, trabajadores con demandas físicas), la Σ6 se ha empleado para caracterizar la reserva energética y relacionarla con capacidad funcional y riesgo cardiovascular; en estas muestras la Σ6 se correlaciona con indicadores de rendimiento físico y con marcadores de salud, lo que justifica su inclusión en protocolos de valoración ocupacional donde la portabilidad y rapidez son ventajosas (42).

Desde la perspectiva metodológica, trabajos clásicos y contemporáneos han explorado la reproducibilidad y la sensibilidad de la Σ6 en contextos distintos a los atléticos: análisis de error técnico, coeficientes de correlación intraclase y estudios sobre la compresibilidad y el tiempo de lectura han permitido establecer recomendaciones operativas (por ejemplo, número de repeticiones, orden de los sitios y tiempo hasta estabilización de la lectura) que mejoran la fiabilidad en poblaciones con piel y tejido subcutáneo de distinta elasticidad condición frecuente en ancianos y en algunos grupos clínicos, lo que facilita la comparabilidad entre centros y evaluadores certificados (43,44). Por último, la Σ6 se ha integrado en estudios prospectivos de cohorte familiar y poblacional que analizan la herencia y la agregación familiar de adiposidad, demostrando que la suma de seis pliegues es una medida estable y heredable que puede usarse en estudios genéticos y epidemiológicos de riesgo cardio metabólico (45)

El valor de la Σ6 en la monitorización longitudinal también se ha reforzado en estudios que demuestran su sensibilidad para detectar cambios pequeños y progresivos en la composición corporal (46). En atletas de élite se documentó que los pliegues cutáneos registraron variaciones que la bioimpedancia no detectó durante ciclos de entrenamiento intensivo, lo que posiciona a la Σ6 como un indicador confiable en programas de control deportivo (6). Además, se ha señalado

que la sumatoria no debe interpretarse únicamente como un valor de grasa subcutánea, sino también como un predictor funcional del rendimiento, dado que su reducción sostenida en deportes de resistencia se asocia con una mayor economía de carrera y mejoras en la eficiencia energética (17).

El desarrollo tecnológico ha representado otro hito en la evolución de la Σ6. El uso de calibradores digitales de alta precisión ha permitido mejorar la exactitud y estudiar variables antes ignoradas como la compresibilidad del tejido adiposo (46). Recientemente se demostró que factores como la velocidad de respuesta del instrumento y las características del tejido difieren entre sexos y edades, afectando la lectura final y subrayando la importancia de aplicar protocolos estandarizados como los de ISAK (26). Asimismo, la digitalización de datos antropométricos y la integración de softwares especializados han permitido generar bases poblacionales más amplias y mejorar la trazabilidad de los resultados en estudios longitudinales.

Finalmente, las perspectivas futuras de la Σ6 se alinean con la incorporación de nuevas tecnologías. Se ha propuesto que algoritmos de machine learning y big data permitan integrar las sumatorias de pliegues con otras variables antropométricas, fisiológicas y de rendimiento, logrando anticipar riesgos de lesión, estados de baja disponibilidad energética o alteraciones metabólicas en atletas (18). Este enfoque expande la utilidad de la Σ6 más allá de la estimación de grasa corporal, consolidándola como un componente estratégico en la gestión integral del rendimiento deportivo y la salud. (46).

Identificación exacta de puntos anatómicos

Cada pliegue cutáneo debe tomarse en un sitio específico definido por referencias óseas o estructurales (47) (4) Es fundamental palpar y marcar previamente el punto con un lápiz dermatográfico o marcador fino (10). Una desviación de incluso pocos milímetros respecto al lugar correcto puede alterar el grosor medido (48). Hume y Marfell-Jones demostraron que colocar el calibre apenas fuera del sitio anatómico correcto produce diferencias significativas en la lectura del pliegue (49). Por ello, la localización cuidadosa y consistente de cada pliegue asegura que se mida siempre en el mismo punto, reduciendo la variabilidad.

Equipo y calibración

Se debe utilizar un adipómetro o caliper de pliegues cutáneos de presión constante, preferiblemente de calidad estándar (por ejemplo, el Harpenden ejerce ~10 g/mm² de presión en sus mordazas) (50,51). El instrumento debe tener resolución mínima de 1–0,2 mm y rango de ≥ 40–60 mm de apertura. Es indispensable verificar que el equipo esté calibrado correctamente: antes de cada sesión debe marcar cero al cerrarse, y al menos una vez al año contrastar con bloques patrón o calibrador Vernier (10). Los resortes pueden deteriorarse con el uso y manejo inadecuado, alterando la presión aplicada (52). Un equipo desajustado introduce sesgos sistemáticos en todos los pliegues, comprometiendo la validez de la sumatoria obtenida.

Técnica de toma del pliegue

El evaluador debe usar el dedo pulgar e índice de la mano izquierda para pellizcar separando un pliegue doble de piel + tejido adiposo subyacente, procurando no incluir músculo (53) (45). Para lograrlo, se recomienda que el sujeto relaje la musculatura. El pliegue debe mantenerse entre los dedos durante toda la medición, mientras las ramas del equipo se aplican 1 cm justo debajo de los dedos formando un ángulo de 90° con la superficie corporal (10). Una alineación incorrecta o una presión accidental de los dedos puede falsear la lectura (3)

Tiempo de lectura del pliegue

El tejido adiposo es compresible, por lo que el espesor disminuye en los primeros segundos tras aplicar el calibre. ISAK recomienda leer la medida a los 2 segundos (54). Extender el tiempo más allá de 3 segundos no aporta diferencia significativa y puede introducir más variabilidad entre evaluadores (55)

Número de mediciones por sitio

Cada pliegue se debe medir al menos dos veces de forma alternada; si los valores difieren más de 5% o 1–2 mm, realizar una tercera medición (56). Si se toman tres mediciones, se descarta la más alejada y se calcula la mediana. Las repeticiones no deben hacerse de manera inmediata, pues la compresión sucesiva reduce artificialmente el espesor ("efecto exprimido") (57). La recomendación es medir todos los pliegues en secuencia cefalocaudal y luego volver al primero, para permitir la recuperación tisular (5).

Control del error técnico

El antropometrista debe calcular periódicamente su %TEM intraevaluador y asegurarse de que esté <5% en pliegues (58). En estudios con múltiples evaluadores, se deben realizar sesiones piloto de estandarización y concordancia (23). Además, mantener registros de calibraciones del equipo e incidencias durante la medición aumenta la calidad y transparencia de los datos (59)

Condiciones del sujeto y entorno

Se recomienda medir con el sujeto en reposo, con al menos 8–12 horas desde el último ejercicio intenso y evitando calor excesivo o sauna, que aumentan la turgencia cutánea (60). Alteraciones agudas en la hidratación también modifican la elasticidad del tejido subcutáneo, afectando la consistencia del pliegue (61). Por ello, se sugiere medir a la misma hora del día, bajo condiciones templadas y con vestimenta ligera, siempre garantizando privacidad y explicando el procedimiento (8) (62).

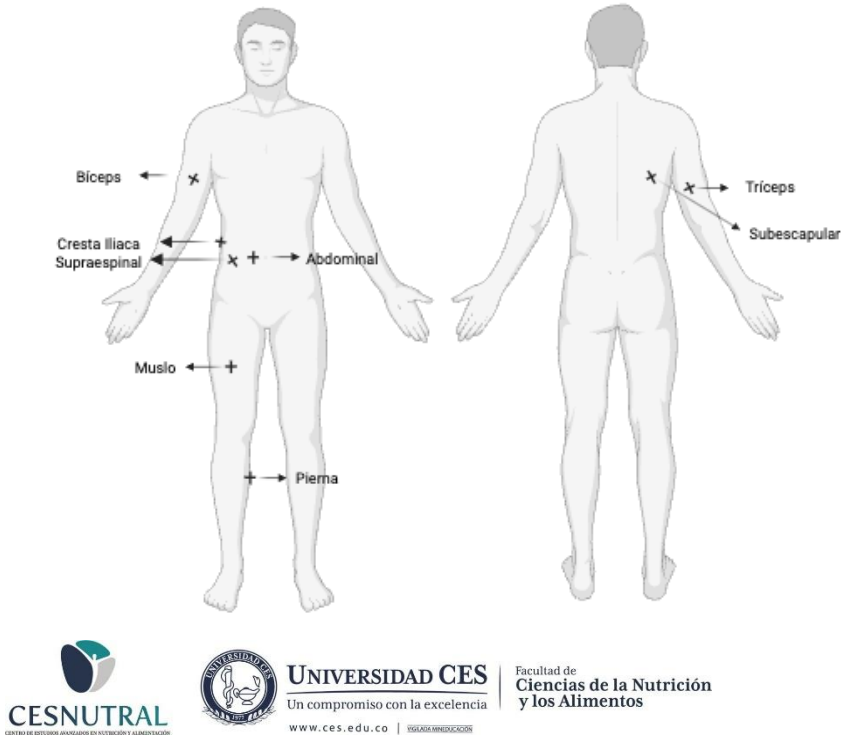
En conjunto, el seguimiento estricto de estas pautas asegura que la sumatoria de pliegues cutáneos obtenida sea precisa, confiable y representativa del nivel real de

adiposidad. Al minimizar fuentes de error instrumentales, del técnico o del sujeto se logra una técnica robusta y útil para evaluar cambios longitudinales en la composición corporal y tomar decisiones informadas en salud, deporte e investigación. Como afirman Norton y Eston, *"la antropometría bien aplicada sigue siendo una de las herramientas más valiosas en el campo de la cineantropometría moderna"* (63).

Técnica para la toma de pliegues cutáneos

Para la correcta evaluación de la sumatoria de pliegues cutáneos, resulta indispensable aplicar el protocolo estandarizado de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), que constituye el referente internacional en la práctica antropométrica. Este protocolo define con precisión los puntos anatómicos, la técnica de localización y la forma de ejecución de cada medición, con el fin de reducir el error técnico y garantizar la comparabilidad de los datos entre evaluadores y estudios. En el protocolo ISAK, se establecen ocho pliegues cutáneos básicos que deben ser medidos siguiendo criterios estrictos de referencia anatómica: tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muslo y pierna. De manera fundamental, todas estas mediciones se realizan de forma estandarizada en el lado derecho del cuerpo, independientemente de la lateralidad del sujeto, lo que permite uniformidad metodológica y facilita la comparación internacional de datos. Estos pliegues, tomados de manera estandarizada, permiten obtener una representación fiable de la adiposidad subcutánea total y su distribución regional, constituyendo un insumo esencial para entender la composición corporal en diferentes poblaciones. En este sentido, la evaluación adecuada de los pliegues cutáneos debe entenderse no solo como un requisito técnico, sino como una práctica indispensable para elevar el rigor metodológico, optimizar la precisión en la estimación de la adiposidad y garantizar la ética y profesionalismo en la evaluación antropométrica.

Figura 1. Representación esquemática de los pliegues cutáneos básicos utilizados en la evaluación antropométrica



En la Figura 1 se presentan de manera esquemática los ocho pliegues cutáneos certificados por ISAK, distribuidos en las principales regiones del cuerpo humano. La ilustración muestra la ubicación anatómica de cada pliegue en una silueta estándar, lo que facilita la identificación visual de los sitios exactos de medición. Esta representación gráfica refuerza la necesidad de aplicar la técnica en los puntos exactos definidos por el protocolo y resalta cómo la distribución regional de la adiposidad puede ser evaluada de manera confiable mediante la sumatoria de pliegues. Es importante señalar que, si bien el protocolo ISAK contempla 8 pliegues básicos, en algunos contextos prácticos o de investigación se emplea la sumatoria de 6, 7 u 8 pliegues, según el objetivo del análisis.

Importancia de un protocolo estándar en la toma de los pliegues cutáneos

La correcta medición de pliegues cutáneos y demás variables antropométricas depende en gran medida de seguir un protocolo estandarizado. En este contexto, la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, International Society for the Advancement of Kinanthropometry) ha desempeñado un papel crucial en la normalización de estas técnicas a nivel mundial. ISAK ha desarrollado los estándares internacionales para la evaluación antropométrica, publicados en su última versión en el *International Protocol for Anthropometric Assessment* (64) Dichos estándares definen con precisión los puntos anatómicos, instrumentos y procedimientos de medición antropométrica, y han sido adoptados ampliamente a nivel internacional para garantizar uniformidad en las mediciones en todas las regiones del mundo (10)

En concordancia con lo anterior, ISAK ha implementado un sistema de acreditación internacional de antropometristas (Nivel 1, 2, 3 y 4), certificaciones de evaluadores en este método estándar y en el control del error técnico de medición (9). Esta iniciativa de capacitación sistémica ha elevado notablemente la calidad y confiabilidad de los datos antropométricos en investigaciones y prácticas de campo. Un proceso de estandarización contribuye con la disminución del error técnico de medida (TEM) y permite mejorar la validez y reproducibilidad de las evaluaciones corporales. Por ejemplo, ISAK recomienda que el TEM interevaluador (entre distintos antropometristas) para pliegues cutáneos se mantenga por debajo de ~7,5%, y el TEM intraevaluador (mismo antropometrista en mediciones repetidas) debajo de ~5% (35) (45) Al seguir protocolos estrictos, estos márgenes son alcanzables e incluso mejorables: estudios con antropometristas ISAK altamente calificados (nivel 3–4) reportan TEM promedio de ~1,15% dentro de un mismo evaluador para pliegues cutáneos y ~2,34% entre diferentes evaluadores (48,65). Estas cifras, representativamente bajas, reflejan la consistencia en la técnica antropométrica. Lo que significa que, cuando las mediciones son realizadas por personal entrenado bajo un protocolo estándar, los resultados son reproducibles y comparables, minimizando la variabilidad atribuible al medidor.

Tabla 1. ***Error técnico de medición (TEM) en pliegues cutáneos: recomendaciones ISAK versus evidencia reportada en la literatura***

TIPO DE TEM	RECOMENDACIÓN ISAK (1,2)	EVIDENCIA REPORTADA	FUENTE	TIPO DE TEM
Intraevaluador (mismo evaluador en mediciones repetidas)	< 5 %	1,15 % (Nivel 3–4 ISAK, pliegues cutáneos)	Marfell-Jones et al. 2012 (35)	Intraevaluador (mismo evaluador en mediciones repetidas)
Interevaluador (entre diferentes evaluadores)	< 7,5 %	2,34 % (Nivel 3–4 ISAK, pliegues cutáneos)	Stewart et al. 2011 (45)	Interevaluador (entre diferentes evaluadores)
Evaluadores entrenados (media general)	< 5–7 %	3–4 % (diferentes deportes, poblaciones mixtas)	Zemski et al. 2018 (48)	Evaluadores entrenados (media general)
Evaluadores sin entrenamiento sistemático	> 7,5 %	Hasta 10–12 %	Norton & Olds 2018 (35)	Evaluadores sin entrenamiento sistemático

Nota: El error técnico de medición (TEM) es un indicador crítico de la calidad en las evaluaciones antropométricas. Valores más bajos reflejan mayor rigor metodológico y reproducibilidad de las mediciones de pliegues cutáneos.

La apropiación de una terminología unificada y referencias anatómicas precisas facilita a su vez la comunicación científica y la comparación de datos entre distintos estudios o poblaciones. Antes de la existencia de protocolos internacionales como ISAK, diferentes grupos de investigación utilizaban terminologías y metodologías ligeramente distintas (por ejemplo, sitios de pliegue no exactamente equivalentes), lo que generaba inconsistencias. Hoy, en el protocolo estándar de ISAK, un pliegue "tríceps" o "subescapular" se localiza exactamente en el mismo punto anatómico sin importar quién o dónde se mida, siempre que se siga el manual estandarizado (65) (66). Esta homogeneidad no solo reduce errores de localización ya que todos los antropometristas certificados buscan los mismos puntos con igual técnica, sino que permite construir bases de datos globales de composición corporal con confianza en que los valores son equivalentes.

Instituciones como comités olímpicos, centros de investigación y programas de nutrición deportiva alrededor del mundo han adoptado el protocolo ISAK como referencia (45) (65) En suma, el protocolo ISAK y su énfasis en la formación y control de calidad han profesionalizado la cineantropometría, disminuyendo la

subjetividad y aumentando la precisión de la sumatoria de pliegues y otras medidas antropométricas a niveles difícilmente alcanzables sin dicha estandarización.

Discusión

La sumatoria de pliegues cutáneos se ha consolidado como un método de elección para la evaluación de la composición corporal, en contraste con el uso de ecuaciones predictivas, las cuales pueden introducir sesgos metodológicos al estar desarrolladas y validadas en poblaciones con características diferentes a las del grupo en estudio. El uso directo de la suma de pliegues permite una evaluación más objetiva, facilita la comparación entre investigaciones y favorece una mayor transparencia en los procedimientos metodológicos (67).

De acuerdo con lo reportado por Vaquero-Cristóbal et al. (2020), la medición de pliegues cutáneos constituye un método práctico, accesible y confiable para la estimación de la composición corporal, especialmente en poblaciones físicamente activas. En su estudio, realizado con 2.458 adultos activos, se compararon diferentes ecuaciones antropométricas basadas en pliegues (Kerr, Durnin-Womersley, Faulkner y Carter), encontrando diferencias significativas entre ellas en la estimación del porcentaje y la masa grasa, a pesar de haber sido validadas en poblaciones similares (67).

Estos resultados evidencian que, aunque todas las ecuaciones utilizan la sumatoria de pliegues cutáneos, los valores de referencia varían dependiendo del modelo aplicado, lo que resalta la necesidad de emplear siempre la misma fórmula y protocolo de medición para garantizar comparaciones válidas. Además, los autores demostraron una alta correlación entre la suma de pliegues (de seis y ocho sitios corporales) y la masa grasa total, mientras que la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y la grasa corporal fue baja o incluso negativa, lo que confirma que el IMC no es un indicador preciso de adiposidad en personas físicamente activas. La evaluación de la composición corporal a través de pliegues cutáneos particularmente mediante la sumatoria de seis u ocho pliegues corporales es una herramienta válida y sensible para valorar los cambios en la composición corporal, especialmente en contextos donde no se dispone de métodos más complejos o costosos como la absorciometría dual de rayos X (DXA) o la bioimpedancia eléctrica (67).

En el estudio IDEFICS, realizado en ocho países europeos con niños de 2 a 10,9 años con peso normal, se establecieron valores de referencia percentilares para la suma de cuatro pliegues cutáneos: tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco, los cuales fueron medidos en duplicado por personal entrenado siguiendo un protocolo estandarizado. La sumatoria de estos pliegues se utilizó como indicador directo de la grasa subcutánea total en la población infantil (68)

Los resultados mostraron diferencias por sexo y edad. En las niñas, la suma de pliegues presentó valores medianos (P50) de 28,0 mm en el grupo de 4,5 a 5 años, aumentando a 36,6 mm en el grupo de 10,5 a 10,9 años. En los niños, los valores correspondientes fueron de 24,3 mm y 28,8 mm en las mismas edades. Además, los

percentiles superiores (P90–P99) mostraron incrementos más marcados con la edad, alcanzando hasta 90,2 mm en niñas y 78,9 mm en niños. (68)

Estos resultados evidencian que la suma de pliegues cutáneos aumenta progresivamente con la edad y que las niñas tienden a presentar mayores valores de grasa subcutánea que los niños, proporcionando una referencia útil para la evaluación de la adiposidad corporal infantil mediante métodos antropométricos. (68)

El estudio de Campa et al. (2025), titulado "From fat to facts: Anthropometric references and centile curves for sum of skinfolds and waist-to-hip ratio in 2,507 adults", constituye una de las referencias más actuales y robustas en la estandarización de medidas antropométricas. A partir de una muestra amplia y representativa de 2.507 adultos italianos, los autores desarrollaron curvas centilares (P3–P97) para la sumatoria de seis (Σ6SKF) y ocho pliegues cutáneos (Σ8SKF), estratificadas por sexo y grupo etario (69).

Los hallazgos de Campa y colaboradores respaldan el uso de la sumatoria de pliegues como un parámetro más objetivo, comparable y científicamente sólido para estimar la grasa corporal, con aplicaciones potenciales en ámbitos clínicos, epidemiológicos y deportivos(69).

El estudio de Santos y colaboradores (2014) constituye una de las investigaciones más completas en el campo de la antropometría deportiva, al establecer valores de referencia específicos por sexo y disciplina para la composición corporal y las mediciones antropométricas en atletas. Esta investigación buscó crear percentiles estandarizados (5°, 25°, 50°, 75° y 95°) que permitieran comparar la sumatoria de pliegues cutáneos (Σ7SKF) y otros indicadores de composición corporal entre diferentes modalidades deportivas (69).

El estudio fue transversal e incluyó 898 atletas (634 hombres y 264 mujeres) pertenecientes a 21 disciplinas, quienes fueron evaluados durante su periodo competitivo. En 798 de ellos se realizaron mediciones antropométricas incluyendo siete pliegues cutáneos: tríceps, subescapular, bíceps, suprailiaco, abdominal, muslo y pantorrilla medial siguiendo estrictamente los protocolos estandarizados del *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)* (70).

Uno de los principales aportes del estudio fue el uso de la sumatoria de los siete pliegues (Σ7SKF) y sus variantes regionales (tronco, extremidades, brazos y piernas) sin aplicar ecuaciones de predicción, lo cual permitió evitar los sesgos derivados del uso de fórmulas no validadas en poblaciones atléticas. De esta manera, los autores lograron construir percentiles reales de adiposidad subcutánea, válidos para comparar niveles de grasa corporal entre distintos deportes y entre hombres y mujeres (70).

Los resultados evidenciaron que los atletas presentan, en general, valores de Σ7SKF considerablemente más bajos que la población no deportiva, con diferencias notables según el tipo de disciplina. Los deportes de resistencia, como triatlón y atletismo, mostraron los valores más reducidos (Σ7SKF promedio entre 60 y 90

mm), mientras que disciplinas de fuerza y contacto, como rugby y lucha, presentaron valores más altos (Σ7SKF entre 100 y 125 mm en promedio). Las mujeres, por su parte, exhibieron consistentemente mayores valores en la sumatoria de pliegues que los hombres, reflejando las diferencias fisiológicas normales en la distribución del tejido adiposo (70).

El estudio realizado por Petri y colaboradores (2024) representa uno de los avances más relevantes en la estandarización de la evaluación antropométrica en el ámbito deportivo, específicamente en futbolistas de élite. Su principal objetivo fue establecer valores de referencia y curvas percentilares para la composición corporal basadas en los protocolos de la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)*, permitiendo así una comparación objetiva entre jugadores masculinos y femeninos de alto rendimiento (71).

La investigación incluyó un total de 1.085 futbolistas profesionales pertenecientes a ligas europeas, distribuidos en 743 hombres y 342 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 35 años. En todos los participantes se aplicaron mediciones antropométricas completas siguiendo el protocolo ISAK de nivel 2, que incorporó ocho pliegues cutáneos (Σ8SKF): tríceps, bíceps, subescapular, supraespinal, suprailiaco, abdominal, muslo anterior y pantorrilla medial. Este enfoque metodológico garantizó la estandarización de las mediciones y permitió elaborar tablas centilares (15.º, 50.º y 85.º percentil), diferenciadas por sexo y posición en el campo (71).

Los resultados mostraron una diferencia marcada entre hombres y mujeres. En promedio, los futbolistas masculinos presentaron una Σ8SKF de 51.3 ± 9.4 mm, mientras que las futbolistas femeninas alcanzaron 81.8 ± 19.7 mm, reflejando la diferencia fisiológica en la distribución del tejido adiposo entre ambos sexos. Además, los valores de pliegues fueron consistentemente más bajos que los observados en población general, lo que confirma que los deportistas de élite presentan niveles de adiposidad subcutánea reducidos, producto de una alta exigencia física. El estudio también evidenció variaciones según la posición de juego. Los defensores y mediocampistas tendieron a exhibir valores intermedios, mientras que los delanteros mostraron las sumatorias más bajas de pliegues cutáneos, coherentes con la mayor demanda de velocidad y resistencia aeróbica. Estas diferencias morfológicas por rol dentro del equipo subrayan la necesidad de ajustar los criterios de referencia según la posición y el sexo, evitando evaluaciones generalizadas que podrían conducir a interpretaciones erróneas (71).

Otro aporte clave del trabajo de Petri et al. fue la decisión metodológica de utilizar la sumatoria directa de pliegues (Σ8SKF) en lugar de aplicar ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa corporal. Esta elección permitió evitar los sesgos derivados del uso de fórmulas no validadas para poblaciones deportivas, reforzando la transparencia y la comparabilidad de los resultados. De esta forma, los autores proponen un marco de referencia más objetivo y reproducible para el seguimiento antropométrico de futbolistas de alto rendimiento (71).

En el estudio “Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents (AVENA Study)”, Moreno y colaboradores (2006) establecieron valores de referencia para la composición corporal de adolescentes españoles mediante la sumatoria de seis pliegues cutáneos. La investigación tuvo un diseño transversal multicéntrico y contó con la participación de 2160 adolescentes (1109 hombres y 1051 mujeres) entre los 13 y 18 años de edad, seleccionados de manera aleatoria en cinco ciudades españolas: Granada, Madrid, Santander, Zaragoza y Murcia (72).

Los pliegues cutáneos evaluados fueron: tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, muslo y pantorrilla, los autores realizaron tres mediciones no consecutivas y emplearon el promedio para obtener la sumatoria total de pliegues, considerada un indicador de adiposidad subcutánea. Además, estimaron el porcentaje de grasa corporal aplicando las ecuaciones propuestas por Slaughter et al. (1988), previamente validadas frente a mediciones por absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) en una submuestra del mismo estudio (72).

Los resultados mostraron diferencias claras entre sexos. Las adolescentes mujeres presentaron valores superiores en la sumatoria de pliegues y en el porcentaje de grasa corporal en todos los grupos etarios, en cambio, los varones evidenciaron una tendencia decreciente en la sumatoria de pliegues con la edad, alcanzando los valores más bajos hacia los 16 años y un leve incremento posterior. De acuerdo con los valores medianos reportados (percentil 50), la sumatoria de seis pliegues fue de 66,9 mm en varones y 96,1 mm en mujeres a los 13,5 años, mientras que a los 17,5 años se observó un promedio de 64,5 mm y 97,6 mm, respectivamente. Este patrón confirma la existencia de diferencias sexuales significativas en la distribución y magnitud del tejido adiposo subcutáneo durante la adolescencia (72).

Los autores concluyen que las curvas y percentiles obtenidos pueden utilizarse como referencias poblacionales para clasificar el grado de adiposidad en adolescentes, permitiendo la identificación de individuos con exceso o déficit de grasa corporal en comparación con una muestra representativa de la población española. Este estudio constituye una de las bases más completas para la valoración antropométrica en adolescentes europeos, y refuerza la validez del uso de la sumatoria de seis pliegues cutáneos como herramienta práctica y confiable para evaluar la composición corporal en este grupo etario (72).

El estudio realizado por Garrido-Chamorro y colaboradores (2012) representa uno de los aportes más relevantes en la construcción de valores de referencia antropométricos aplicados al deporte de alto rendimiento. Su propósito fue establecer rangos y percentiles de referencia para la sumatoria de seis pliegues cutáneos (Σ6SKF) en una amplia muestra de atletas de élite españoles, con el fin de describir el perfil de adiposidad subcutánea de acuerdo con la disciplina, el sexo y la especialidad deportiva (73)

La investigación incluyó un total de 2.500 deportistas, evaluados bajo los protocolos estandarizados de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), lo que garantizó la precisión y comparabilidad de las

mediciones. Los pliegues considerados fueron tríceps, subescapular, suprailiaco, abdominal, muslo y pantorrilla medial, conformando la Σ6SKF, ampliamente utilizada como indicador del tejido adiposo total en contextos atléticos (73).

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre sexos, con valores promedio de 62.6 ± 25.6 mm en hombres y 91.1 ± 31.1 mm en mujeres, reflejando el dimorfismo sexual habitual en la distribución del tejido adiposo. Asimismo, se observaron variaciones marcadas entre disciplinas, donde los deportes de resistencia, como triatlón, ciclismo o gimnasia, presentaron las sumatorias más bajas, mientras que los deportes de fuerza o contacto, como hockey, remo y balonmano, mostraron valores más elevados. Este comportamiento reafirma la influencia del tipo de entrenamiento y de las demandas energéticas sobre la composición corporal. Un hallazgo destacable fue la tendencia a un mayor depósito de grasa en el tronco y en las extremidades inferiores, especialmente en los pliegues abdominal y de muslo (73).

En el estudio titulado *"Is there a need for anthropometric standards in Olympic sports? A proposal for the kinanthropometric profile of elite flag football athletes"* de Talavera-Hernández et al., se propuso establecer perfiles antropométricos de referencia para atletas élite de flag football, con el fin de contribuir a la estandarización de parámetros corporales según el sexo y la posición en el campo (74).

El estudio tuvo como propósito establecer valores normativos y caracterizar los perfiles antropométricos y de composición corporal de jugadores de *flag football* de élite a nivel internacional, diferenciando por sexo y posición en el campo. Participaron 139 atletas (91 hombres y 48 mujeres) provenientes de nueve países europeos y de Asia occidental, evaluados durante el Campeonato Europeo de *Flag Football* de 2023 (74). Las mediciones se realizaron siguiendo los estándares ISAK de perfil completo, incluyendo 8 pliegues cutáneos y múltiples perímetros, longitudes y diámetros óseos (74).

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en la mayoría de las variables antropométricas. Los hombres presentaron mayor talla, masa corporal, masa muscular y ósea, así como mayores perímetros corporales, mientras que las mujeres mostraron valores superiores en los pliegues cutáneos y en el porcentaje de masa adiposa. En promedio, la sumatoria de 8 pliegues fue de 83,5 ± 30,5 mm en hombres y 115,5 ± 40,9 mm en mujeres ($p < 0,001$), lo que refleja una mayor acumulación subcutánea de grasa en las atletas femeninas (74).

Tabla 2. Valores de referencia e interpretación de la sumatoria de pliegues cutáneos en diferentes grupos poblacionales

Referencia	Año	N/ Población	Caracteristicas De La Población	Sumatoria De 6 Pliegues (Media ± Sd O Percentiles)	Sumatoria De 7 Pliegues (Media ± Sd O Percentiles)	Sumatoria De 8 Pliegues (Media ± Sd O Percentiles)
Petri, C.; Campa, F.; Holway, F.; Pengue, L.; Arrones, L.S. ISAK-Based Anthropometric Standards for Elite Male and Female Soccer Players. Sports 2024, 12, 69.	2024	102 (52 hombres, 50 mujeres)	Jugadores élite de fútbol profesional (Serie A, Italia), hombres y mujeres. Evaluados con protocolo ISAK.	No aplica	No aplica	**Hombres :** Porteros (P15–P85): 39.9–69.9 mm. Valor de referencia (P50): ≈ 59.0 mm. Defensas (P15–P85): 41.8–57.7 mm. P50: ≈ 49.0 mm. Mediocampistas (P15–P85): 44.7–62.8 mm. P50: ≈ 54.6 mm. Delanteros (P15–P85): 43.2–66.8 mm. P50: ≈ 51.0 mm. **Mujeres:** Porteras (P15–P85): 58.2–92.8 mm. Valor de referencia (P50): ≈ 68.8 mm. Defensas (P15–P85): 62.8–98.4 mm. P50: ≈ 78.2 mm. Mediocampistas (P15–P85): 64.7–97.5 mm. P50: ≈ 72.0 mm. Delanteras (P15–P85): 63.8–108.3 mm. P50: ≈ 86.1 mm.
Moreno LA et al. Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents: The AVENA Study. Eur J Clin Nutr. 2006;60(2):191–196.	2006	N = 2160 adolescentes (1109 hombres, 1051 mujeres).	Adolescentes españoles de 13–18 años, población general.	(P15–P85): Hombres 45–89 mm; Mujeres 75–122 mm. Valor de referencia. (P50): Hombres ≈ 64 mm; Mujeres ≈ 95 mm.	No aplica	No aplica
Campa F, Coratella G, Petri C, Spataro F, Charrier D, Cerullo G, et al. (2025)	2025	2.507 adultos italianos (1.313 hombres y 1.194 mujeres)	18 a 65 años, de la población general (no atletas).	No aplica	No aplica	(P15–P85): **hombres** 50–170 mm; **mujeres** 80–214 mm. Valor de referencia (P50): hombres ≈ 100 mm; mujeres ≈ 140 mm.
	2014	898 atletas evaluados en	Edad promedio: entre 16 y 33 años, dependiendo del	No aplica	**Hombres:(**P50) Atletismo ≈ 45 mm;	No aplica

Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., & Silva, A. M., et al. (2014). Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. PLOS ONE, 9(5), e97846		total. 798 atletas (240 mujeres, 558 hombres) 481 atletas (142 mujeres, 339 hombres)	deporte. Deportes incluidos (21 disciplinas): Atletismo (velocistas, vallas y saltos), baloncesto, gimnasia, handball, natación, remo, rugby, triatlón, tenis, esgrima, voleibol, entre otros.		Baloncesto ≈ 75 mm; Gimnasia ≈ 55 mm; Handball ≈ 85 mm; Remo ≈ 60 mm; Natación ≈ 70 mm; Rugby ≈ 110 mm; Triatlón ≈ 60 mm; Voleibol ≈ 90 mm; Tenis ≈ 65 mm; Deportes de combate ≈ 60 mm. **Mujeres:(**P50) Atletismo ≈ 55 mm; Baloncesto ≈ 120 mm; Gimnasia ≈ 90 mm; Handball ≈ 120 mm; Remo ≈ 100 mm; Natación ≈ 85 mm; Rugby (no evaluado); Triatlón ≈ 85 mm; Voleibol ≈ 100 mm; Tenis ≈ 100 mm; Deportes de combate ≈ 105 mm.	
Talavera-Hernández LF, Maceroni C, Travis-Carr EL, Macgregor LJ, Vázquez-Villarreal LG, Menargues-Ramírez R, Dergal-Irigoyen MP, Reyes-Castillo E, Castro-Ávila JI, Martínez-Sanz JM and Rodriguez-Sanchez N (2025) Is there a need for anthropometric standards in olympic sports? A proposal for the kinanthropometric profile of elite flag football athletes. Front. Nutr. 12:1534453. doi: 10.3389/fnut.2025.1534453	2024	139 jugadores (91 hombres y 48 mujeres).	Atletas élite e internacionales de flag football (fútbol bandera). Edad promedio: hombres 26.6 ± 5.3 años; mujeres 27.4 ± 4.5 años. Procedencia: Países europeos y de Asia occidental (Alemania, Gran Bretaña, Francia, Irlanda, España, Israel, Georgia, Suecia y Polonia).	No aplica	No aplica	**Hombres:** 83.5 ± 30.5 mm **Mujeres:** 115.5 ± 40.9 mm

Conclusiones

1. La sumatoria de pliegues cutáneos constituye un método antropométrico válido, sensible y accesible para la estimación de la adiposidad subcutánea, mostrando alta correlación con técnicas de referencia como la absorciometría dual de rayos X (DXA) y la ultrasonografía.

2. La Σ6 pliegues (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pantorrilla) ofrece una representación equilibrada de la grasa periférica y central, lo que la convierte en una herramienta robusta para estudios clínicos, deportivos y epidemiológicos.

3. A diferencia de las ecuaciones predictivas, el uso directo de la sumatoria evita los sesgos asociados a fórmulas desarrolladas en poblaciones no comparables, favoreciendo la transparencia metodológica y la comparación internacional de resultados.

4. La antropometría basada en pliegues continúa siendo una alternativa de elección en entornos con recursos limitados, debido a su bajo costo, portabilidad y capacidad para detectar cambios longitudinales en la composición corporal.

5. La sumatoria de seis pliegues (Σ6**)** se consolida como el modelo más equilibrado y representativo de la adiposidad corporal total. Su inclusión de pliegues centrales (subescapular, supraespinal, abdominal) y periféricos (tríceps, muslo, pantorrilla) permite una estimación más completa del tejido adiposo subcutáneo que las sumatorias reducidas como la Σ4, sin generar la redundancia que puede presentarse en modelos más extensos como la Σ8.

6. Los modelos con cuatro pliegues (Σ4) como el de Durnin y Womersley fueron útiles históricamente y mantienen validez en población general, pero su capacidad discriminativa disminuye en poblaciones atléticas o clínicas donde la distribución regional de grasa es heterogénea. Por tanto, la Σ4 resulta adecuada para tamizaje poblacional, pero limitada para seguimiento individual de cambios finos en la composición corporal.

7. La Σ7 y Σ8 pliegues ofrecen una caracterización aún más detallada del patrón de adiposidad, especialmente útil en investigación o en disciplinas deportivas de élite, pero su mayor complejidad técnica y tiempo de ejecución limitan su uso rutinario. Además, los estudios comparativos (Campa et al., 2025; Petri et al., 2024; Santos et al., 2014) muestran que las diferencias en precisión respecto a la Σ6 no son estadísticamente

relevantes cuando la medición es realizada por personal entrenado bajo protocolo ISAK.

Core messages

- La Σ6 pliegues es el método más equilibrado y aplicable para estimar la adiposidad subcutánea en distintos contextos, superando a la Σ4 en representatividad sin perder practicidad.
- Aunque las Σ7 y Σ8 ofrecen mayor detalle, su ganancia en precisión es marginal frente al aumento en complejidad técnica y tiempo de medición.
- La sumatoria directa de pliegues en milímetros evita errores asociados a ecuaciones de predicción y permite comparaciones objetivas entre estudios y poblaciones.
- La aplicación del protocolo ISAK y la capacitación continua de los evaluadores son esenciales para mantener la validez y reproducibilidad del método.

Autores

Autora: *Katherine Franco Hoyos*
Nutricionista Dietista de la Universidad de Antioquia
Magister en Nutrición Deportiva de la Universidad CES
Instructora ISAK nivel III
Docente y Coordinadora de la Maestría en Nutrición Deportiva
Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos – Universidad CES
Medellín, Colombia

Autora: *Valentina Grajales Barrientos*
Estudiante perteneciente a la Universidad CES del pregrado Nutrición y dietética, Medellín- Colombia

Autora: Paula Andrea Betancur Cifuentes
Estudiante perteneciente a la Universidad CES del pregrado Nutrición y dietética, Medellín- Colombia

Referencias

1. Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. Am J Clin Nutr. julio de 1992;56(1):19-28.

2. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. Sports Med Auckl NZ. 1 de marzo de 2012;42(3):227-49.

3. Vaquero-Cristóbal R. Evaluación de la masa grasa desde la perspectiva de la composición corporal: un análisis crítico. 2023 [citado 19 de octubre de 2025]; Disponible en: https://www.proquest.com/docview/2824433001?pq-origsite=primo&sourcetype=Scholarly%20Journals

4. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. International Standards for Anthropometric Assessment | Request [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/236891109_International_Standards_for_Anthropometric_Assessment

5. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. Arch Dis Child. julio de 2006;91(7):612-7.

6. Kasper AM, Langan-Evans, Hudson JF, Brownlee TE, Harper LD, Naughton RJ, et al. Come Back Skinfolds, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.mdpi.com/2072-6643/13/4/1075

7. Wells JCK. The evolution of human adiposity and obesity: where did it all go wrong? Dis Model Mech. septiembre de 2012;5(5):595-607.

8. Vaquero Cristóbal R, Alacid Cárceles F, Muyor Rodríguez JM, López Miñarro PÁ. Imagen corporal: revisión bibliográfica. Nutr Hosp Órgano Of Soc Esp Nutr Clínica Metab SENPE. 2013;28(1):27-35.

9. Norton K, Olds T. Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses. UNSW Press; 1996. 438 p.

10. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder T. MANUAL ISAK 2011 ESPAÑOL Online Book Share [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://epage.pub/doc/manual-isak-2011-espaol-3xk0lxkp9z

11. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. Clin Physiol Funct Imaging. marzo de 2015;35(2):81-97.

12. González Jiménez E. Body composition: Assessment and clinical value. Endocrinol Nutr Engl Ed. 1 de febrero de 2013;60(2):69-75.

13. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. PloS One. 2014;9(5):e97846.

14. Nösslinger H, Mair E, Toplak H, Hörmann-Wallner M. Measuring subcutaneous fat thickness using skinfold calipers vs. high-resolution B-scan ultrasonography in healthy volunteers: A pilot study. Clin Nutr Open Sci. 1 de febrero de 2022;41:19-32.

15. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Fleta J, Sarría A, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. Eur J Clin Nutr. octubre de 2005;59(10):1158-66.

16. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. Sports Med Auckl NZ. 1 de marzo de 2012;42(3):227-49.

17. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34065984/

18. M. Silva A. Body Composition and Power Changes in Elite Judo Athletes [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/45276362_Body_Composition_and_Power_Changes_in_Elite_Judo_Athletes

19. Heymsfield SB, Peterson CM, Thomas DM, Schuna JMJ. Why are there race/ethnic differences in adult body mass index-adiposity relationships? A quantitative critical review - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26663309/

20. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23299867/

21. González-Ruíz K, Medrano M, Correa-Bautista J, García-Hermoso A, Prieto-Benavides D, Tordecilla-Sanders A, et al. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30110944/

22. Laja García AI, Moráis-Moreno C, Samaniego-Vaesken M de L, Puga AM, Varela-Moreiras G, Partearroyo T. Association between Hydration Status and Body Composition in Healthy Adolescents from Spain. Nutrients. 7 de noviembre de 2019;11(11):2692.

23. Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, Burke LM. Effects of exercise sessions on DXA measurements of body composition in active people. Med Sci Sports Exerc. enero de 2013;45(1):178-85.

24. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M, Guricci S. Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes. agosto de 2002;3(3):141-6.

25. Silveira EA, Barbosa LS, Rodrigues APS, Noll M, De Oliveira C. Body fat percentage assessment by skinfold equation, bioimpedance and densitometry in older adults. Arch Public Health. 18 de julio de 2020;78:65.

26. Vaquero-Cristóbal, R, Catarina-Moreira A, Esparza-Ros F, Barrigas C, Albaladejo-Saura M, Vieira F. Skinfolds compressibility and digital caliper's time response in skinfold measurement in male and female young adults - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37794782/

27. Kasper AM, Langan-Evans C, Hudson JF, Brownlee TE, Harper LD, Naughton RJ, et al. Come Back Skinfolds, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.mdpi.com/2072-6643/13/4/1075

28. Stewart A, Olds T, de Ridder H. International Standards for Anthropometric Assessment | Request [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236891109_International_Standards_for_Anthropometric_Assessment

29. Marfell-Jones M. International standards for anthropometric assessment. Rev. ed. Potchefstroom: I.S.A.K.;

30. Silva AM. Structural and functional body components in athletic health and performance phenotypes. Eur J Clin Nutr. febrero de 2019;73(2):215-24.

31. Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. Physiol Rev. julio de 1953;33(3):245-325.

32. Behnke Jr AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. 1942 - PubMed [Internet]. [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7627779/

33. Durnin JV, 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. julio de 1974;32(1):77-97.

34. Ross WDK. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. Apunts Sports Med. 1 de septiembre de 1991;28(109):175-88.

35. Norton K, Olds T. Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses. UNSW Press; 1996. 438 p.

36. Behnke AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. 1942. Obes Res. mayo de 1995;3(3):295-300.

37. Bilsborough JC, Greenway K, Opar D, Livingstone S, Cordy J, Coutts AJames. The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes - PubMed [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24914773/

38. Gómez-Campos R, Andruske CL, Arruda M de, Sulla-Torres J, Pacheco-Carrillo J, Urra-Albornoz C, et al. Normative data for handgrip strength in children and adolescents in the Maule Region, Chile: Evaluation based on chronological and biological age. PloS One. 2018;13(8):e0201033.

39. Artioli GG, Saunders B, Iglesias RT, Franchini E. It is Time to Ban Rapid Weight Loss from Combat Sports. Sports Med Auckl NZ. noviembre de 2016;46(11):1579-84.

40. Kerr A, Slater GJ, Byrne N. Impact of food and fluid intake on technical and biological measurement error in body composition assessment methods in athletes. Br J Nutr. febrero de 2017;117(4):591-601.

41. Burrows R, Correa-Burrows P, Reyes M, Blanco E, Albala C, Gahagan S. High cardiometabolic risk in healthy Chilean adolescents: associations with anthropometric, biological and lifestyle factors. Public Health Nutr. febrero de 2016;19(3):486-93.

42. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference Values for Body Composition and Anthropometric Measurements in Athletes. PLoS ONE. 15 de mayo de 2014;9(5):e97846.

43. Artioli GG, Saunders B, Iglesias RT, Franchini E. It is Time to Ban Rapid Weight Loss from Combat Sports. Sports Med Auckl NZ. noviembre de 2016;46(11):1579-84.

44. Duthie GM, Pyne DB, Hopkins WG, Livingstone S, Hooper SL. Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass | British Journal of Sports Medicine [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://bjsm.bmj.com/content/40/3/202

45. Kasper AM, Langan-Evans, Hudson JF, Brownlee TE, Harper LD, Naughton RJ, et al. Come Back Skinfolds, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice - PubMed [Internet]. [citado 24 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33806245/

46. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. Endocrinol Nutr. 1 de febrero de 2013;60(2):69-75.

47. Norton K, Eston R, editores. Kinanthropometry and Exercise Physiology. 4.ª ed. London: Routledge; 2018. 578 p.

48. Zemski AJ, Broad EM, Slater GJ. Skinfold Prediction Equations Fail to Provide an Accurate Estimate of Body Composition in Elite Rugby Union Athletes of Caucasian and Polynesian Ethnicity. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 1 de enero de 2018;28(1):90-9.

49. Hume P, Marfell-Jones M. The importance of accurate site location for skinfold measurement. J Sports Sci. octubre de 2008;26(12):1333-40.

50. Gibson AL, Wagner D, Heyward VH. Anthropometrica : a textbook of body measurement for sports and health courses - Charles Darwin University

[Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://cdu.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay/alma991001008469703446/61CDU_INST:61CDU

51. Ackland T, Lohman T, Sundgot-Borgen J, Maughan R, Meyer N, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission - PubMed [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22303996/

52. ROSS WD, Kerr DA. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. | Apunts Sports Medicine [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.apunts.org/en-fraccionamiento-masa-corporal-un-nuevo-articulo-X0213371791052237

53. Heyward VH, Stolarczyk LM. Applied body composition assessment : Heyward, Vivian H : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://archive.org/details/appliedbodycompo0002heyw

54. Schuindt da Silva V, Soares Vieira MF. SciELO Brasil - International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.scielo.br/j/rbcdh/a/wnxqYZCNbHc4NgwcC9kWGWP/?format=html&lang=en

55. Kobel S, Kirsten, J, Kelso A. Anthropometry – Assessment of Body Composition [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.germanjournalsportsmedicine.com/archive/archive-2022/issue-3/anthropometry-assessment-of-body-composition/

56. Norton K, Olds T. Anthropometry and sports performance. [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/261471247_Anthropometry_and_sports_performance

57. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. Annu Rev Nutr. 1997;17:527-58.

58. Lopes Machado D, Silva L, Vaquero-Cristóbal R, Carvalheiro V. Reliability of skinfold measurements and body fat prediction depends on the rater's experience: a cross-sectional analysis comparing expert and novice anthropometrists [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/393163533_Reliability_of_skinfold_measurements_and_body_fat_prediction_depends_on_the_rater%27s_experience_a_cross-sectional_analysis_comparing_expert_and_novice_anthropometrists

59. Carter JEL, Heath BH. Somatotyping: Development and Applications - J. E. Lindsay Carter, Barbara Honeyman Heath - Google Libros [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Somatotyping.html?id=eYDO0Yr3droC&redir_esc=y

60. Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth, Food and Nutrition Board; Institute of Medicine, Pate R, Oria M. Health-Related Fitness Measures for Youth: Body Composition - Fitness Measures and Health Outcomes in Youth - NCBI Bookshelf [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK241316/

61. Armstrong LE. Hydration assessment techniques. Nutr Rev. junio de 2005;63(6 Pt 2):S40-54.

62. Burke L. Hydration in sport and exercise. En Springer Nature Switzerland AG; 2019 [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://acuresearchbank.acu.edu.au/item/8v34w/hydration-in-sport-and-exercise

63. Norton K. Kinanthropometry and Exercise Physiology - 4th Edition [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.routledge.com/Kinanthropometry-and-Exercise-Physiology/Norton-Eston/p/book/9781138230521

64. Home. School of Advanced Study, University of London. Institute of Languages, Cultures and Societies [Internet]. 2025 [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://ilcs.sas.ac.uk/

65. Stewart AD, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder JH. ResearchGate. [citado 19 de octubre de 2025]. International Standards for Anthropometric Assessment | Request. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236891109_International_Standards_for_Anthropometric_Assessment

66. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (n.d.). ISAK. Isak - La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría. [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.isak.global/

67. Vaquero-Cristóbal R, Albaladejo-Saura M, Luna- Badachi AE, Esparza-Ros F. Differences in Fat Mass Estimation Formulas in Physically Active Adult Population and Relationship with Sums of Skinfolds [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.mdpi.com/1660-4601/17/21/7777/xml

68. Nagy P, Kovacs E, Moreno L, Veidebaum T, Tornaritis M, Kourides Y, et al. Percentile reference values for anthropometric body composition indices in European children from the IDEFICS study - PubMed [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25219408/

69. Campa F, Coratella G, Petri C, Spataro F, Charrier D, Cerullo G, et al. From fat to facts: Anthropometric references and centile curves for sum of skinfolds and waist-to-hip ratio in 2,507 adults - PubMed [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40569960/

70. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. PloS One. 2014;9(5):e97846.

71. Petri C, Campa F, Holway F, Pengue L, Arrones LS. ISAK-Based Anthropometric Standards for Elite Male and Female Soccer Players. Sports. marzo de 2024;12(3):69.

72. Moreno LA, Gonzalez Gross M, Mesana M, Gil C, Fleta J, Warnberg J, et al. Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study | European Journal of Clinical Nutrition [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.nature.com/articles/1602285

73. Garrido-Chamorro R, Sirvent-Belando JE, González-Lorenzo M, Blasco-Lafarga C, Roche E. Skinfold Sum: Reference Values for Top Athletes. Int J Morphol. septiembre de 2012;30(3):803-9.

74. Talavera-Hernández LF, Maceroni C, Travis-Carr E, Macgregor LJ, Vázquez-Villarreal LG, Menargues-Ramírez R, et al. Frontiers | Is there a need for anthropometric standards in olympic sports? A proposal for the kinanthropometric profile of elite flag football athletes [Internet]. [citado 19 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2025.1534453/full