

CLUB DEPORTIVO GUADALAJARA

DIRECTRICES CHIVAS DE COMPOSICIÓN CORPORAL





COMPOSICIÓN CORPORAL

La cuantificación de la composición corporal ha desempeñado un papel importante en el monitoreo del rendimiento del atleta, especialmente en deportes de conjunto, estéticos y los divididos por categorías de peso donde la composición corporal afecta profundamente el rendimiento y/o el éxito en la competencia.

Solamente en el último siglo se han propuesto cientos de técnicas y ecuaciones y todas tienen algún tipo de problema ya sea inherente a las técnicas de medición o a los supuestos en los que se basan. A pesar de avances significativos en los métodos, hoy todavía no hay un estándar de oro para la evaluación de la composición corporal.

La evaluación de la composición corporal es un método en el cual se realiza una serie de estimaciones donde el cuerpo del atleta es fraccionado en diferentes componentes, principalmente en masa grasa y masa libre de grasa (expresados en forma relativa)

Sistema de clasificación de la composición del cuerpo (Wang et al., 1992):

Nivel 1: Atómico Hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, carbono, minerales.
Nivel 2: Molecular Agua, proteínas, lípidos, hidroxilo - apatito.
Nivel 3: Celular Intracelular, extracelular.
Nivel 4: Anatómico Tejidos muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras.
Nivel 5: Cuerpo entero Masa corporal, volumen corporal, densidad corporal.

El término bi-compartimental se refiere a que el cuerpo se divide en dos compartimentos, en este caso, masa grasa y masa magra. Hay que señalar que existen otras fórmulas que hacen un número mayor de divisiones del cuerpo a nivel anatómico, por ejemplo la de Jindrich Matiegka (1921) cuyo interés era el estudio de la eficiencia física y más específicamente, obtener una relación entre la fuerza y la cantidad de masa muscular de un individuo. Su método divide al cuerpo en 4 componentes: masa adiposa, masa muscular, masa ósea y resto (masa visceral principalmente).

Para situar a los modelos bi-compartimentales en el contexto de la medición de la composición corporal, hay que señalar que existe una amplia variedad de otros métodos que también persiguen el mismo objetivo, estos pueden ser divididos en 3 niveles según Martín y Drinkwater (1991):

- **Métodos directos:** Es un método que se basa en el procedimiento de disección de cadáveres. Es el único absolutamente válido y que no depende de supuestos teóricos.
- **Métodos indirectos:** Llamados "in vivo". Se han considerado así porque para calcular cualquier parámetro lo hacen a partir de la medida de otro, como por ejemplo la densidad corporal total, presuponiendo una teórica y constante relación cuantitativa entre ambas variables (masa grasa / masa magra).
- **Métodos doblemente indirectos:** Resultan de ecuaciones derivadas de algún método indirecto, densitometría por inmersión en su mayoría, en la cual se encuentran las fórmulas bi-compartimentales basadas en la medición de los pliegues cutáneos para estimar el tejido adiposo corporal total.



ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Muchos clubes monitorean la composición corporal de sus jugadores, a menudo la grasa se expresa en porcentaje del total de la masa corporal. El propósito de las evaluaciones corporales es conocer el desarrollo físico a lo largo del tiempo, monitorear la cantidad de energía disponible así como evaluar el impacto del entrenamiento específico y/o los planes nutricionales. Es importante destacar que el físico de los jugadores está fuertemente determinado por la herencia por ejemplo la estatura del jugador estará determinada por predisposición genética (Davenoirt 1917). Sin embargo la composición corporal dependerá de la dieta y el entrenamiento del jugador.

En jugadores profesionales se evalúan al inicio de la pretemporada y son regularmente valuados a lo largo del torneo, entre 1 o 2 meses. Además las evaluaciones son de gran importancia antes y después de un plan específico nutricional y/o de entrenamiento así como también inmediatamente en el caso de los jugadores lesionados.

Los métodos y la frecuencia de las evaluaciones dependerán de los recursos y la disposición del equipo así como sus preferencias.

Independientemente del método es de gran importancia contar una estandarización del mismo para poder asegurar que las evaluaciones reflejen los cambios de manera correcta.

MÉTODOS PARA ANALIZAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL

En la actualidad existen muchos métodos para evaluar la composición corporal. Los métodos de alta tecnología se consideran una referencia para la evaluación de composición corporal incluyendo la tomografía computarizada de rayos x (Ashell et al., 1985), la resonancia magnética (Ross et al., 1992), el pesaje hidrostático (Donnelly et al., 1988) y el DXA (Nana et al., 2013).

Sin embargo el uso de estas tecnologías se ve merchado por su disponibilidad, costo y practicidad para los equipos de fútbol. Los 3 métodos principales utilizados en el fútbol son plicometría, Análisis de impedancia bioeléctrica y el DXA.

• ANÁLISIS DE IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA

La técnica del Análisis de impedancia bioeléctrica no es invasiva evalúa la distribución del líquido y la composición corporal de los jugadores (Gatterer et al. 2011; mascherini et al., 2015 Fassini et al., 2016). El Análisis de impedancia bioeléctrica funciona al llevar una corriente eléctrica a través del cuerpo del jugador. Se define impedancia a la oposición de un conductor al flujo de una corriente alterna, la medida de la misma está compuesta por dos vectores que se denominan resistencia y reactancia. Estos parámetros dependen del contenido en agua y la conducción iónica en el organismo. Se define resistencia (R) como la oposición del tejido al pase de la corriente y reactancia (Xc), es el otro efecto negativo sobre la conducción eléctrica y está descrito por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende a su vez de la frecuencia de la señal, dicha conductividad eléctrica es mayor en el tejido magro, respecto al tejido adiposo, ya que el primero tiene una composición mayor de agua y gran parte de los electrolitos del cuerpo. En consecuencia es, sobre la masa magra que es posible medir la impedancia a partir del agua. La conductividad de componentes como la sangre o la orina es alta, la del músculo intermedia y la de huesos, grasa o aire es baja (Antonio Rodón et al., 2014).



• **DENSITOMETRÍA DUAL DE RAYOS X** (DXA)

Es un método clínico con el propósito de evaluar la densidad mineral del hueso (Ryan et al., 1993; Barry khort 2008). Y una funcional adición es evaluar la composición corporal. El uso de esta tecnología se ha vuelto una práctica común para evaluar la composición corporal en los equipos elite de futbol dando resultados relativamente precisos al estimar la masa grasa el contenido mineral del hueso y la masa magra.

Los jugadores se acomodan en la posición estandarizada sobre la cama DXA, los rayos x pasan en una dirección anterior y posterior a través del hueso y el tejido blando, la masa grasa y la magra son diferenciadas por la relación de atenuación de los rayos x. una consideración importante para utilizar el DXA es el historial de exposición a radiación ionizante, en jugadoras se recomienda realizar una prueba de embarazo previamente para evitar cualquier riesgo innecesario de exposición a la radiación ionizante.

La popularidad del DXA se debe a que la evaluación es relativamente rápida y fácil de realizar así como los resultados relativamente precisos. Es importante destacar que el DXA también tiene limitaciones, debe de tener un estricto procedimiento estandarizado y siempre adherirse a este procedimiento (Clarys et al., 2010; Nana et al.m, 2014).

Revisiones recientes han concluido que cuando se utiliza el DXA es necesario reportar y adherirse a la metodología de la máquina y del software, la posición del sujeto y el análisis del protocolo. Esto debido a que el error del DXA es de en la evaluación de masa grasa y magra es de 1 kg, aun así puede que sea mejor que la mayoría de las técnicas de medición (Clarys et al., 2010; Nana et al.m, 2014).

• **MÉTODO ISAK** (SOCIEDAD INTERNACIONAL PARA EL AVANCE DE LA CINEANTROPOMETRÍA)

La cineantropometría es una ciencia muy antigua que remonta a través de diferentes civilizaciones a sus raíces en la Grecia antigua. Su desarrollo es sin duda más grande debido a la diversidad de los colectivos profesionales que han contribuido a la misma, sin embargo este hecho también ha originado posibles confusiones. Una de las consecuencias de las múltiples

tradiciones antropométricas ha sido la falta de normalización en la identificación de los sitios y técnicas de medición. Esto ha dificultado la comparación de mediciones a través del tiempo y espacio. Las normas antropométricas internaciones detallas y aplicadas por la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría está compuesta por miembros de más de 50 países y ha trabajado desde 1986 en el desarrollo de normas antropométricas.

Al ejercicio profesional del antropometrista se le exigen cuatro aspectos básicos en pos de minimizar los errores de medición e interpretación: precisión, confiabilidad, exactitud y validez.

- **Precisión:** Es la variabilidad observada en mediciones repetidas llevadas a cabo en el mismo sujeto.
- **Confiabilidad:** Es, por lo general, coeficientes de correlación y, por lo tanto, no tienen unidades.
- **Exactitud:** Es el grado al cual el valor medido se corresponde con el valor real, este valor real es el obtenido por algún antropometrista altamente entrenado y experimentado (antropometristas de nivel 3 ó 4)
- **Validez:** Es el grado por el cual una evaluación mide realmente una característica. En los 3 aspectos anteriores se trata de aspectos técnicos en la ejecución práctica del método antropométrico, en tanto que en este último punto, se da importancia al manejo teórico del antropometrista.



VARIABLE DE PRECISIÓN (ETM)

Para poder estimar la precisión del antropometrista se ha propuesto al ETM que es el error técnico de medición, definido como el desvío estándar de mediciones repetidas, tomadas independientemente unas de otras, en el mismo sujeto (Norton, K., Olds, T., 2000).

El ETM se utiliza para valorar series repetidas de diferentes variables antropométricas realizadas por uno o varios antropometristas (Guillen, M., Linares, D., 2002).

Se expresa como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias de las medidas al cuadrado dividido por el doble de los pares estudiados.

Para comparar el ETM entre distintos investigadores se calcula el porcentaje del ETM dividiéndolo por la media de todas las medidas realizadas. Esto permite comparar en porcentajes el ETM entre diferentes observadores (Guillen, M., Linares, D., 2002).

$$\% \text{ ETM} = (\text{ETM} / \text{Media}) \times 100$$

Los cuatro niveles de acreditación (ISAK) (Norton, K., Olds, T., 2000)

- **Nivel 1 (técnico – perfil restringido):** una persona que puede demostrar precisión técnica adecuada para medir algunos elementos antropométricos contemplados en el perfil restringido.
- **Nivel 2 (técnico – perfil completo):** una persona que puede demostrar precisión técnica adecuada en todas las mediciones antropométricas que contempla la ISAK.
- **Nivel 3 (instructor):** Además de la competencia técnica, dos años mínimos de desempeño como antropometrista (al menos 100 perfiles completos), una persona de nivel 3 tiene el conocimiento teórico adecuado sobre antropometría para poder enseñar y acreditar a antropometristas de nivel 1 y 2.

- **Nivel 4 (antropometrista de criterio):** un antropometrista de criterio tiene muchos años de experiencia llevando a cabo mediciones, un alto nivel de conocimiento teórico, ha estado involucrado en varios proyectos antropométricos de gran dimensión y tiene antecedentes de publicaciones en antropometría.

Nuevos métodos de evaluación de la composición corporal se continúan desarrollando, de estos métodos en desarrollo el método del ultrasonido muestra algo de promesa, sin embargo el método esta aun en sus primeros pasos, podría en algún momento ofrecer validez y exactitud inclusive mayor a la antropometría y otros métodos más costosos (Pfeiffer et al., 2010; Meyer et al., 2013).

Sin embargo a pesar de tener una estricta estandarización en cualquier método los errores se presentaran, es por esta razón que los resultados independientemente del método deben de ser interpretados tomando en cuenta las limitaciones del mismo método.

Específicamente, el método de cinco componentes se basa en dividir el cuerpo humano en piel, masa adiposa, masa muscular, masa ósea y masa residual, a partir de mediciones antropométricas como peso, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros del cuerpo humano (Ross, 1991). De los estudios reportados anteriormente, 17 han utilizado esta forma de analizar la composición corporal, de los cuales, catorce fueron realizados sólo en hombres (Arcodia, 2002; Zubeldía, 2002; Ramos, 2003b; Zulbedía, 2005; Zubeldía, 2010; Holway, 2011; Jorquera, 2012; Búa, 2013; Hernández, 2013a; Hernández, 2013b; Brocherie, 2014; Almagià, 2015; Hidalgo, 2015; Boullosa, nd), dos en mujeres (Almagià, 2008; Bahamondes, 2012) y uno en ambos sexos (Rodríguez, 2010).

La composición corporal, como área del estudio de la antropometría, se encarga de realizar el análisis de la constitución del cuerpo a través del fraccionamiento del peso corporal total (Castillo, 2012). En el deporte, cada disciplina deportiva tiene un perfil de composición corporal característico y su evaluación es importante, debido a que es parte de los factores que pueden determinar el talento deportivo junto con factores técnico-tácticos, físicos, funcionales y psicosociales que, interrelacionados de forma perfecta, garantizan el éxito en esta disciplina (Ramos, 2012; Gil, 2007).





En el caso del fútbol, los perfiles antropométricos y de composición corporal son importantes también para realizar comparaciones con las normas de referencia, determinar las metas nutricias y analizar el rendimiento (Jorquera, 2012; Ramos, 2012; Paoli, 2008; Özkan, 2012). Aunado a lo anterior, el perfil de composición corporal puede ser un factor característico o determinante para la elección de la posición de juego (Holway, 2011; Nikolaidis, 2011; Castillo, 2012; Ramos, 2012).

La justificación del nuevo método de fraccionamiento parte de un individuo unisexuado de referencia (escala Phantom) para cada una de las variables indicativas, y se valida de acuerdo a: 1) capacidad de la suma de las fracciones estimadas para determinar la masa corporal total en 11 subgrupos distintos de individuos de ambos sexos ($n = 1,669$); y 2) su capacidad para predecir valores medios de masas fraccionales, obtenidas por disección, y determinación del peso corporal total en 25 cadáveres humanos de ambos sexos. Se adjuntan también apéndices para la definición precisa de las masas fraccionales estimadas y las ecuaciones utilizadas por el método (William D Ross y Deborah A Kerr, 1993).

FRACCIONAMIENTO DE LA MASA CORPORAL:

1. Masa de piel

- Peso corporal
- Estatura

2. Masa de tejido adiposo

- Pliegue cutáneo tricipital
- Pliegue cutáneo subescapular
- Pliegue cutáneo supraspinal
- Pliegue cutáneo abdominal
- Pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- Pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

3. Masa muscular

- Perímetro del brazo relajado corregido por el pliegue cutáneo tricipital
- Perímetro del antebrazo (no corregido)
- Perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular
- Perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- Perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

$$\text{*Perímetro corregido} = \frac{\text{Perímetro total} - (\pi \times \text{Pliegue})}{10}$$

4. Masa ósea

- Diámetro biacromial
- Diámetro biliocristal
- Diámetro biepicondilar del húmero
- Diámetro bicondilar del fémur
- Perímetro de la cabeza (la masa ósea del cráneo se predice independientemente)

5. Masa residual

- Perímetro de la cintura, corregido por el pliegue cutáneo abdominal
- Diámetro antero-posterior de la caja torácica
- Diámetro transversal de la caja torácica



A la hora de construir el modelo a partir de muestras in vivo, la definición de los tejidos fue adaptada de la tesis de Martin (1984) y Drinkwater (1984).

Estas definiciones y el razonamiento para la selección de las variables arriba mencionadas, fue como se describe a continuación:

1. Piel: masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada. La piel así definida, es considerada en función de la superficie corporal, el grosor y la densidad de la misma. Datos obtenidos de cadáveres muestran que la superficie de la piel disecada obtenida, es mayor en hombres que en mujeres, respecto a lo esperado, aplicando reglas geométricas teóricas. Se calcularon nuevas variables para las relaciones dimensionales de $M0.425$ y $H0.725$ en la fórmula de superficie de DuBois y DuBois (1916). El grosor de la piel fue estimado a partir de la relación de la masa de la piel obtenida respecto a la superficie de piel disecada, multiplicada por la densidad de piel obtenida. Esta fracción es la única que utiliza el peso corporal obtenido. Mantiene similitud geométrica, por ejemplo, con la suma de exponentes $0,425 + 3.(0,725) = 2$ (que es la dimensión de un área). Se está estudiando un método alternativo para la derivación de la superficie basado en valores Z de Phantom.

2. Tejido adiposo: tejido separable por disección grosera y que incluye la mayor parte de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y las vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. No es equivalente a la masa de grasa extraíble por éter químicamente, definida en el método densitométrico bicompartamental. En el modelo fraccional, el tejido adiposo fue basado en pliegues cutáneos de las extremidades y los lados del torso, reconociendo que las adiposidades de las extremidades predominan en las mujeres y las del torso en los hombres. Una subestimación sistemática en las mujeres y una sobreestimación sistemática en los hombres ha hecho pensar que en el uso de pliegues cutáneos y perímetros musculares corregidos puede ser de utilidad para predecir este tejido, si se optimiza la fórmula.

3. Músculo: todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios, versos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo. Excepto para el perímetro del antebrazo, el músculo fue estimado a partir de perímetros corregidos por el pliegue cutáneo (es decir, sustrayendo al perímetro, $n \times$ el grosor del pliegue cutáneo adyacente, en cm.). En el caso del perímetro del antebrazo no se hizo ninguna corrección porque en la mayoría de protocolos no se incluye la medida del pliegue cutáneo adyacente.

4. Hueso: tejido conectivo, incluyendo cartílago, periosteo y músculo que no hayan podido ser completamente eliminados por raspado; nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular. Los diámetros biacromial y biiliocristal están incluidos, ya que son indicadores importantes del dimorfismo entre hombres y mujeres (Ross y Ward, 1982). Los diámetros del fémur y el húmero se duplican para que representen a las dos extremidades. Dado que los niños tienen una cabeza relativamente ancha, una escala por alturas de la medida de la cabeza se determinó independientemente al resto de la masa del esqueleto, basándose en la escala Phantom de perímetros de cabeza (no corregida por la estatura).

5. Masa de tejido residual: órganos vitales y vísceras consistentes en tejido conectivo, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo que no pudo ser físicamente diseccionado de los órganos del tracto gastrointestinal (excluyendo la lengua que se considera parte de la masa muscular de la cabeza), los órganos sexuales, remanente del mesenterio, el tracto bronquial, los pulmones, el corazón y los vasos mayores y todos los tejidos restantes y los fluidos no incluidos en las otras cuatro fracciones. La suposición básica es que la masa de tejido residual llena la cavidad del tórax y pelvis, en volumen. Ya que ésto es independiente de la longitud de extremidades, los valores Z de Phantom fueron relacionados a la talla sentado y no a la estatura.

La grasa es un componente a nivel molecular, que no debe ser confundida con células grasas o tejido adiposo, que son componentes celulares y tisulares de la composición corporal respectivamente. En tanto que, en el caso de lípido y grasa, son términos que general-





mente son confundidos e intercambiados inapropiadamente (Heymsfield, Wang, 1993).

A la fecha existen alrededor de 100 ecuaciones de predicción de grasa corporal utilizando las medidas de los pliegues cutáneos, encontrándose inconsistencias que resultan de la diferencia entre las poblaciones muestreadas y la falta de rigor en la estandarización de la técnica.

La masa grasa puede reportarse a manera de % de grasa, la variación del porcentaje de grasa reportado para el atleta del fútbol soccer, parece no ser grande entre los diferentes valores reportados sobre el futbolista profesional, donde el rango que se ha reportado es entre 8 y 10% (Casajus JA, 2001; Tomkinson GR, Popovic N y Martin M, 2003).

El estudio de la composición corporal en los jugadores de diferentes ligas profesionales alrededor del mundo han reportado que el porcentaje de grasa de un jugador de elite se encuentra entre el 7-11% (Wittich et al., 2001; Reilly et al., 2009), un estudio realizado en jugadores de la liga premier de Inglaterra en el que se buscó conocer el porcentaje de grasa de los jugadores y observar la diferencia en el mismo comparando a los jugadores por su posición de juego arrojó los siguientes resultados, porteros 12.9 ± 2.0 , defensas 10.6 ± 2.1 , medios 10.2 ± 1.8 y delanteros 9.9 ± 2.0 encontrando como una media 10.6 ± 2.1 . (Sutton et al., 2009). Existe menos información acerca de las jugadoras de elite donde el porcentaje de grasa se encuentra entre 16-24% (Sedano et al., 2009 Delestrat et al., 2013). No se recomienda establecer un porcentaje rígido si no que es mejor proponer un rango aceptable en cuanto al porcentaje de grasa y musculo. Históricamente es típico que los jugadores aumenten su porcentaje de grasa en los periodos vacacionales, y de igual manera usualmente los jugadores reducen esa grasa en la pretemporada (Carling & Orhant 2010). También es común la reducción de la masa magra muscular en los periodos de volúmenes de entrenamiento altos en los jugadores que no consumen una cantidad adecuada de energía, una simple rutina de evaluación corporal brinda un método no invasivo para conocer el balance energético del jugador, más allá del aspecto físico.

Una alternativa para convertir pliegues en grasa corporal es el enfoque que promueve Marfell-Jones, quien destaca el uso de pliegues cutáneos como indicador de adiposidad. Cada pliegue o al suma de varios pueden compararse con publicaciones que contienen datos de competidores olímpicos o de atletas de clase mundial (Marfell Jones, 2008).

CONCLUSIÓN

La evaluación de la composición corporal es un rubro de la nutrición deportiva de vital importancia, que además de darnos la información de cuál es la composición del jugador, nos ayuda para conocer como las estrategias nutricionales tales como el balance energético y la cantidad de gramos de macronutrientes por kilogramo de peso del jugador están funcionando, de esta manera el jugador en conjunto con el profesional de la nutrición pueden trabajar para cumplir las metas que se propongan en virtud de mejorar el rendimiento deportivo y conservar una buena salud. Los diferentes métodos de evaluación corporal tienen pros y contras, es de gran importancia que el profesional de la nutrición se mantenga actualizado y conozca estas ventajas y desventajas de cada uno de los métodos, para poder elegir el que mejor se adapte a su club, teniendo así la oportunidad de compartir así resultados funcionales y certeros. Además de la información precisa, didáctica y actualizada cabe destacar que involucrar al cuerpo técnico y staff ha dado mejores resultados en los jugadores profesionales.



