



**INDEPORTES
ANTIOQUIA**

CONTROL BIOMÉDICO del entrenamiento deportivo



GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Control biomédico del entrenamiento deportivo

ISBN: 978-958-764-770-9

ISBN: 978-958-764-778-5 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-778-5>

Primera edición, 2019

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General:

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico:

Álvaro Gómez Fernández

Editor:

Juan Carlos Rodas Montoya

Compilador:

Felipe Eduardo Marino Isaza

Coordinación de Producción:

Ana Milena Gómez Correa

Diseño y Diagramación:

Mauricio Morales Castrillón

Corrección de Estilo:

Delio David Arango

Fotografía:

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana y de Indeportes Antioquia.

JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA

Luis Pérez Gutiérrez
Gobernador

Baltazar Medina
*Presidente Comité Olímpico Colombiano
Representante de Coldeportes*

Néstor David Restrepo Bonnett
*Secretario de Educación Departamental
Representante del Sector Educativo*

Henry Palacios Valencia
*Gerente Inder Apartadó
Representante de los entes deportivos municipales*

Héctor Alonso Monroy Escudero
*Director Ejecutivo Liga Antioqueña de Tenis de Campo
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia*

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
*Gerente de Indeportes Antioquia
Invitada*

Mariola González Villa
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia
Secretaria*

COMITÉ DE GERENCIA

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
Gerente de Indeportes Antioquia

William de Jesús Moncada Ospina
Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo

Alpidio Betancur Zuluaga
Subgerencia Administrativo y Financiero

Luis Eduardo Cuervo Tafur
Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros

Catalina Pérez Zabala
Asesora de Gerencia

Lina María Galeano Zapata
Oficina de Talento Humano

Óscar Mario Cardona Arenas
Oficina de Medicina Deportiva

Lucrecia Londoño Builes
Oficina de Control Interno

Álvaro Alonso Villada García
Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero

Fredy Rodríguez Agudelo
Oficina Asesora de Planeación

Diana Milena Jaramillo Pérez
Oficina Asesora de Comunicaciones

Mariola González Villa
Oficina Jurídica

ANTRO POME TRÍA

**EN EL CONTROL BIOMÉDICO
DEL ENTRENAMIENTO
DEPORTIVO**



ANTROPOMETRÍA del deportista

*Maximiliano Kammerer López, ND. MSc.
Olga Lucía Quiroz Bastidas, ND. Esp.*

INTRODUCCIÓN

La antropometría es el método de campo de mayor uso para estimar la composición corporal por ser un método rápido, seguro y de bajo costo. Hasta el momento se han diseñado múltiples ecuaciones de regresión para evaluar la composición corporal por el método antropométrico el cual a partir de medidas como pliegues cutáneos, diámetros y perímetros, que sumados al peso corporal, la estatura, la edad y el sexo de los individuos brindan estimaciones del porcentaje de grasa corporal (12). En la actualidad, ante la ausencia de ecuaciones validadas en nuestra población, se han empleado diferentes metodologías como las ecuaciones de Durning y Womersley, Lhoman y Slaugther, Yuhasz y Jackson y Pollock, entre otras. (3, 4, 5,6.7).

La creciente actividad en investigación y aplicación que se lleva a cabo a nivel internacional en el área de la antropometría también se ha evidenciado en Colombia. Sin embargo la antropometría ha estado inmersa durante muchos años en problemas de estandarización, con relación al número, naturaleza y localización de los sitios donde se deben realizar las mediciones. Igualmente, en lo relacionado con las técnicas de medición y la forma en la cual los datos deben ser analizados y reportados. Esta situación ha generado verdaderas diferencias conceptuales en el proceso de agrupación y comparación de los datos entre poblaciones y con frecuencia se publican resultados o se ofrecen servicios en los cuales la antropometría es utilizada. De allí la necesidad de adoptar un método consensuado que permita darle solidez a los trabajos que se realizan en el país y cuyos resultados puedan ser comparados dentro y fuera del ámbito colombiano.

Por otro lado el gran inconveniente para medir la composición corporal es que no existe un método directo para medirla, y para hacerlo se tendría que diseccionar in vivo al deportista o la persona que se vaya a medir y además las ecuaciones antropométricas utilizan el modelo de los dos componentes, en el cual se asumen valores de densidad constante para la MLG (1,1gr/ml) y la MG (0,9gr/ml). Estas ecuaciones han demostrado ser específicas de población ya que la densidad de la MLG se modifica con variables como la edad, el género y el grupo étnico, entre otros. Por lo anterior cuando las ecuaciones antropométricas se aplican a grupos con características somáticas diferentes a la población de la cual fueron derivadas se producen errores sistémicos que limitan su aplicación (1, 2). En consecuencia, los métodos que se aplican son indirectos lo que implica cierto grado de error porque el método no es directo. Este grado de error varía según sea el método utilizado para cuantificar la composición corporal.

Los métodos indirectos más conocidos son la hidrodensitometría (pesaje bajo el agua), la absorciometría dual por energía rayos X (DEXA), la pletismografía (BOD - POD), la resonancia magnética y la medición del potasio corporal total. Estos métodos determinan la cantidad de grasa del cuerpo utilizando diferentes técnicas para el cálculo, un inconveniente es que son instrumentos costosos y en consecuencia se requieren herramientas más económicas para medir los pliegues cutáneos como el adipometro. Para determinar la cantidad de grasa por medio de los pliegues se han realizado estudios necesario en los que se miden grupos de 100 a 400 sujetos primero mediante pesaje hidrostático y se determina la densidad corporal y a partir de esto se

calcula el porcentaje de grasa por medio del ecuación de Siri y a continuación se miden en las mismas personas los pliegues después y con un programa estadístico se genera una ecuación de regresión para calcular esta densidad corporal a partir de los pliegues.

El problema con las ecuaciones de regresión como se mencionó antes, radica en que los resultados que arrojan son específicos de la muestra de sujetos utilizados en la generación de la formula. Por ejemplo, si se mide en velocistas, esta solo sirve para calcular el porcentaje de grasa en personas de características similares. Lo mismo ocurre si la muestra que se utilizó fueron mujeres de raza blanca con sobrepeso: los resultados de esta ecuación sobreestimarían la grasa corporal en mujeres jóvenes deportistas. En conclusión con esta forma de determinar la composición corporal, cada grupo humano necesitaría una formula diferente y existen cantidad de grupos humanos, esto sería un trabajo casi imposible de lograr. Por todo esto existe un problema cuando se publican datos de composición corporal de atletas y no se detalla con cuál ecuación se determinó la grasa corporal.

Antropometría aplicada **AL DEPORTE**

Durante la realización de certámenes deportivos como los Juegos centroamericanos, panamericanos, los campeonatos del mundo, los Juegos olímpicos u otros eventos internacionales, es común observar como cada vez se mejoran las marcas y se baten records, esto obedece a los esfuerzos realizados por alcanzar el máximo rendimiento deportivo, labor que tiene como protagonista al deportista y a un grupo interdisciplinario de profesionales trabajando por el mismo objetivo, en áreas como el entrenamiento deportivo, la medicina deportiva, la fisiología del ejercicio, la nutrición y dietética, la fisioterapia, la psicología, entre otras disciplinas.

La antropometría aplicada a las actividades físicas (Cineantropometría), juega un papel fundamental en el diseño, programación y control del entrenamiento deportivo, gracias a la estrecha relación existente entre las características morfológicas de los deportistas y el alto rendimiento. Desde 1980 William Ross propuso el concepto de Cineantropometría como "La disciplina de la medición de los seres humanos que realizan movimiento"(1), éste concepto se ha popularizado para

referirse a las estrategias metodológicas que estudian y correlacionan las dimensiones antropométricas de los deportistas con otras disciplinas como la medicina deportiva, la fisiología del ejercicio, la bioquímica, la nutrición y dietética, con el propósito de mantener la salud y promover el máximo rendimiento de los atletas.

La aplicación y el desarrollo de la cineantropometría no es propio de una sola disciplina científica sino que involucra conocimientos de diversas áreas como la fisiología, kinesiólogía, ergonomía entre otras y por esto participan profesionales de diferentes campos como, fisiólogos, especialistas en medicina deportiva, educadores físicos, nutricionistas dietistas que utilizan la cineantropometría en áreas como: La evaluación del estado nutricional, el control del entrenamiento deportivo, el estudio del tipo físico, de la proporcionalidad corporal, la selección de talentos y la rehabilitación entre otras. Pero realmente la valoración de las características morfológicas en la ciencia del deporte tiene cuatro aplicaciones fundamentales desde el punto de vista de la nutrición deportiva:

- Identificar las características físicas de los deportistas de élite
- Vigilar los programas de entrenamiento
- Determinar el peso y composición corporal óptima en deportes de categoría de peso
- Valorar y monitorear el crecimiento de los deportistas jóvenes

Si definimos un deportista como el ser humano que perteneciendo a una federación, liga o club, realiza una actividad física programada y estructurada, con un plan de entrenamiento, compite de forma regular en eventos regionales, nacionales o internacionales, además esta categorizado dentro de un ranking vemos como por medio de la cineantropometría se realiza un monitoreo constante de los cambios en las características corporales, morfológicas y de algunas características funcionales, que el atleta presenta durante los diferentes periodos de preparación (preparación física general, preparación física específica, periodo de competencia y el periodo de transición o descanso). Los datos antropométricos se deben analizar tanto de forma individual (el valor absoluto de cada una de las variables) como de forma conjunta (utilizando los valores para la construcción de diferentes índices e indicadores). Estos datos se comparan con los valores del mismo sujeto o con referencias locales, nacionales o internacionales, según sea el nivel de competencia del deportista. De acuerdo la disciplina deportiva que

practique según su categoría y a los recursos disponibles, se seleccionan diferentes variables morfológicas de interés para la construcción y análisis de los indicadores Cineantropométricos. Algunas estrategias que se utilizan para la evaluación Cineantropométrica de los deportistas, son:

- Relaciones peso/estatura
- Medidas de composición Corporal: por 5 componentes, 4 componentes y 2 componentes
- Índice de Sustancia Corporal Activa (IAKS)
- Relación masa libre de grasa/ estatura
- Somatotipo
- Medidas de proporcionalidad

Primero que todo en el deportista tenemos que tener presente la medición del peso como parte de la rutina diaria del control médico del entrenamiento ya que es una variable muy sensible a las cargas de trabajo a los problemas de salud y de hidratación del deportista, además en algunos deportes es el criterio de selección de la modalidad o categoría en la cual va a competir el atleta. Después tenemos que evaluar y tener muy en cuenta su estatura ya que es un criterio fundamental para la elección de la disciplina deportiva que se va a practicar e importante en la selección de talentos deportivos y es un factor determinante del rendimiento en algunas disciplinas como: gimnasia, baloncesto, atletismo saltos, entre otros.

El peso corporal representa la sumatoria de todos los componentes del organismo humano, como son: el musculo, la grasa, el hueso, las vísceras, los fluidos orgánicos y el tejido conectivo (9) Por ello, en los últimos años en las ciencias aplicadas al deporte se ha buscado ir más allá de la sola armonía del peso corporal y la estatura y se han propuesto metodologías para calcular esa variable de acuerdo con la disciplina, modalidad y categoría deportiva.

Relaciones peso **/ESTATURA**

Existen diversas metodologías para evaluar la adecuación de la masa corporal frente a una estatura el índice de Quetelet o índice de

masa corporal (IMC) es el más utilizado. Este índice se ha asociado con diversos factores de riesgo para la salud, en los trabajos epidemiológicos realizados en la población general y por ello ha sido propuesto por el American Health Foundation's Expert Panel Healthy Weight, para la evaluación y determinación de la masa corporal saludable. (10)

En la población deportiva, el IMC puede ser de utilidad para determinar un rango de masa corporal deseable, si se cuenta con una población de referencia adecuada según edad, sexo, modalidad deportiva y periodo de preparación física o de competencia. Para ello se utiliza la siguiente fórmula de uso general:

$$\text{Peso adecuado} = \text{IMC}_{\text{adecuado}} (\text{kg/m}^2) * \text{Estatura} (\text{m}^2)$$

Utilizando el modelo de los dos componentes; masa libre de grasa y masa grasa, se puede aplicar una estrategia metodológica para determinar la masa corporal adecuada en función de la composición corporal, esta estrategia parte del principio de un óptimo desarrollo músculo - esquelético y determina el sobrepeso como un exceso de grasa corporal. Este se utiliza para saber qué peso debe o puede manejar un deportista sin perder tanta masa muscular (12).

$$\text{MLG} / 1 - (\% \text{grasa referencia} / 100)$$

Composición corporal

En el estudio de la composición corporal de los deportistas, tradicionalmente, se ha considerado el porcentaje de grasa corporal como el indicador de mayor relevancia, sí bien éste nos brinda una idea general de los depósitos de grasa del atleta, también se debe considerar la valiosa información que aportan las áreas magra y grasa de los diferentes segmentos corporales, además de la información suministrada por el análisis del tipo físico.

Para el cálculo del porcentaje de grasa corporal en atletas se utiliza la metodología desarrollada a mediados de los años setenta por M.S. Yuhasz en la Universidad de Ontario Canadá. Esta ecuación utiliza la sumatoria de seis pliegues cutáneos; tríceps, subescapular, abdominal, supraespinal, muslo anterior y pierna media, fue desarrollada en una población de hombres y mujeres deportistas con edades comprendidas entre los 18 y 30 años que participaron en los Juegos Olímpicos de Montreal en 1976.

Hombres % Grasa = $0.1051 * (\text{suma de } 6 \text{ pliegues cutáneos}) + 2.585$

Mujeres % Grasa = $0.1548 * (\text{suma de } 6 \text{ pliegues cutáneos}) + 3.588$

Generalidades del somatotipo

Calcular el somatotipo es de gran importancia para la población deportiva por varias razones, es útil para:

- Describir y comparar deportistas en distintos niveles de competencia y de varias disciplinas
- En la selección de talentos deportivos y proyección de la carrera deportiva
- Para caracterizar los cambios del físico durante el crecimiento, entrenamiento y envejecimiento
- Comparar la forma relativa de hombres y mujeres
- Cada disciplina deportiva exige una determinada tiposomia y aún más en una misma disciplina deportiva encontramos diferentes tipos físicos.

Pero es en 1940 cuando Sheldon considerado el padre del Somatotipo moderno, plantea una técnica fotográfica que a partir de tres imágenes del sujeto (de frente, de espalda y de perfil) clasifica el cuerpo humano de acuerdo con el grado de manifestación de tres componentes básicos; endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, los cuales denomino así haciendo referencia a las tres capas del crecimiento embrionario; endodermo, mesodermo y ectodermo.

A la valoración, cálculo, análisis e interpretación de estos tres componentes que sirven para describir la morfología de los individuos es lo que se ha llamado Somatotipo.

En la metodología propuesta por Sheldon cada sujeto se clasifica con tres cifras que representan los grados de manifestación de la endomorfia, la mesomorfia y la ectomorfia respectivamente. Para cada componente se plantean 6 grados en una escala de 1 a 7, donde el 7 es la máxima manifestación, el 1 la mínima y el 4 representaba un grado intermedio.

Esta metodología ha sido modificada por diversos autores a través de la historia, así Parnell en 1954, expreso estar de acuerdo en que el

individuo tiene en mayor o en menor grado cada uno de los 3 componentes, pero considero que estos deberían llamarse adiposidad, óseo - muscularidad y linealidad respectivamente. Además propuso una técnica más sencilla para llegar a su cuantificación, manteniendo la escala de 7 puntos y aplicando la antropometría para mejorar la predicción del método.

Pero es en 1967 cuando Bárbara Heath y Lindsay Carter, unificando sus trabajos y con base en la metodología propuesta de Sheldon, proponen un método para calcular los tres componentes del Somatotipo y amplían la escala para cada uno de ellos, así; la endomorfia puede adquirir valores entre 0.5 y 15, la mesomorfia entre 1 y 12 y la ectomorfia entre 0,5 y 9.

Un detalle importante a la hora de analizar los valores del Somatotipo es que cada componente se relaciona con los demás y puede presentar o no una magnitud distinta.

El gráfico que representa los Somatotipos recibe el nombre de Somatocarta, en este se puede representar a un individuo con sus componentes y la intensidad de la expresión cada uno de ellos, esta representación proporciona una idea visual de las diferencias entre los sujetos y una dispersión relativa de los tipos físicos.(11)

Ross y Wilson utilizando los trabajos de otros autores, calculan y proponen la Distancia de dispersión (SSD), para cuantificar la distancia entre dos puntos y el Índice de dispersión (SDI) para describir la dispersión alrededor del Somatotipo promedio obtenido para cualquier distribución normal. (12)

En la actualidad con las variables antropométricas: masa corporal, estatura, pliegues cutáneos del tríceps, subescapular, supraespinal y pierna, perímetros corporales del bíceps contraído y la pierna, anchura humeral y femoral, y con la aplicación de las formulas propuestas por Carter en 1978 se obtienen los tres componentes del Somatotipo de la siguiente forma: (2)

Endomorfia: (1) La endomorfia se refiere al grado de adiposidad relativa del físico de un individuo. Para determinarla se aplica la siguiente formula:

$$I = (0,1451 * X_c) - (0,00068 * X_c^2) + (0,0000014 * X_c^3) - 0,7182$$

Dónde: X_c = Suma de los pliegues cutáneos tríceps, subescapular, supraespinal El valor obtenido se corrige en función de la diferencia entre la estatura del individuo y la del Phantom (W. Ross 1973), de la siguiente forma (13):

$$X_c = X * (170,18/h)$$

Donde , X = sumatoria de los pliegues, h = estatura del sujeto en centímetros y 170,18 es la estatura del Phantom.

Mesomorfia: (II) La mesomorfia representa el grado de desarrollo músculo - esquelético, se calcula de la siguiente forma:

$$II = (0,858 * dh) + (0,601 * df) + (0,188 * cbc) + (0,161 * cpc) - (0,131 * h) + 4,5$$

Dónde: dh = Anchura del humero

df = Anchura del fémur

cbc = Perímetro del bíceps corregido

cpc = Perímetro de la pierna corregida.

h = estatura en cm.

Los perímetro del bíceps y de la pierna se corrigen restándole el valor del pliegue del tríceps y de la pierna respectivamente, previamente divididos entre diez.²

Ectomorfia: (III) Se refiere al grado de linealidad relativa del físico de los sujetos. Evalúa la forma y el grado de distribución longitudinal de los dos primeros componentes, para ello primero se debe calcular el siguiente índice ponderal:

$$HWR = Estatura / (peso) 0,333$$

Luego la ectomorfia se obtiene de la siguiente manera:

Sí $HWR > 40,75$ entonces,

$$III = (HWR * 0,732) - 28,58$$

Sí $HWR \leq 40,75$ y $\geq 38,25$ entonces,

$$III = (HWR * 0,463) - 17,63$$

Sí $HWR < 38,25$ entonces,

$$III = 0,1$$

HWR=High Weight Relation = Relación entre la altura y la masa corporal

De acuerdo a la predominancia de un componente respecto a otro, o simplemente la integración proporcional de ellos en el físico, Carter (1975) estableció trece categorías:

- 1.** Endomorfo balanceado
I es dominante y II y III iguales o con diferencia igual o menor que 0,9.
- 2.** Endomorfo - Mesomórfico
I es dominante y el II mayor que el III.
- 3.** Endomorfo - Mesomorfo
I y II iguales o con diferencia igual o menor que 0,9 y el III menor que los anteriores.
- 4.** Mesomorfo - Endomórfico
II es dominante y el I mayor que el III.
- 5.** Mesomorfo balanceado
I es dominante, el I y el III menores, y con diferencia entre sí, igual o menor que 0,9.
- 6.** Mesomorfo - ectomórfico
II es dominante y el III mayor que el I.
- 7.** Ectomorfo - Mesomorfo
El II y el III con diferencias entre sí de 0,9 o menor y el I menor que los anteriores.
- 8.** Ectomorfo - Mesomórfico
El III es dominante y el II mayor que el I.
- 9.** Ectomorfo balanceado
El III es dominante y el I y el II menores, con una diferencia entre sí de 0,9 o menor
- 10.** Ectomorfo - Endomórfico
III es dominante y el I mayor que el II.

11. Ectomorfo - Endomorfo

El I y el III iguales entre sí, o con una diferencia igual o menor que 0,9 y el II menor que los anteriores.

12. Endomorfo - Ectomórfico

I dominante y el III mayor que el II.

13. Central Los componentes se ubican entre 3 y 4, y no difieren entre sí en más de una (1) unidad. Ej.

3.1 - 3.2 -3.0

4.2 - 4.1- 4,0

4.2 - 4.0- 3,3

De igual forma, los resultados obtenidos en cada componente se pueden utilizar para determinar las coordenadas X, Y y, posteriormente representar de manera gráfica el Somatotipo, en la Somatocarta. Los cálculos de estas variables se realizan de acuerdo a lo establecido por Carter (1975), de la siguiente forma:

$$\text{Coordenada X} = \text{III} - \text{I}$$

$$\text{Coordenada Y} = 2 * \text{II} - (\text{I} + \text{III})$$

Nota: los datos obtenidos en la evaluación antropométrica se deben analizar conjuntamente con los demás indicadores del estado nutricional para correlacionarlos con la información de la valoración médica, fisiológica, bioquímica, psicológica y con los datos propios del entrenamiento deportivo, lo cual forma parte del control biomédico del entrenamiento.

Fraccionamiento de la masa corporal: otros métodos que se pueden utilizar en la evaluación del deportista

Algunos autores dicen que se deben dejar de lado de los índices, los métodos densitométricos y métodos basados en suposiciones de constancia biológica de los diferentes tejidos como la masa gras y la masa libre de grasa, y están emn favor de trabajar con el Sistema de Escala O (O-Scale SYSTEM) o de un fraccionamiento antropométrico de la masa corporal en cinco componentes estructurales: piel, tejido adiposo, músculo, hueso y tejido residual. La justificación del nuevo

método de fraccionamiento parte de un individuo unisexuado de referencia (escala Phantom).

Los índices, como el Índice de Masa Corporal no son ni tan útiles como parece. De hecho este índice no tiene en cuenta el desarrollo músculo-esquelético del deportista y no determina la distribución del tejido graso por áreas.

El modelo de dos componentes de composición corporal y que se basa en la suposición de una densidad constante para cada uno de los compartimentos, es muy simple. La suposición de que la grasa tiene una densidad constante de 0,90 g/ml se refiere solamente a los triglicéridos y no tiene en cuenta los fosfolípidos ni el colesterol del sistema nervioso, que presentan una mayor densidad. Además continúa siendo falso que el compartimiento magro, tenga una densidad constante de 1,10 g/ml o un valor similar ya que depende de muchos factores como género, estado de hidratación, edad entre otros. Martin et al. (1986), prueban la inconstancia de la masa libre de tejido adiposo, demostrando, en cadáveres, que el tejido óseo, muscular y la masa residual no están presentes en proporciones fijas y que las densidades de cada uno de estos tejidos no es constante, especialmente la del hueso.

Estas observaciones son consistentes con las variaciones detectadas por la técnica de absorción doble de fotones (Maszes et al., 1984). Por otro lado, como indican Martin et al, deben aceptarse al menos, otras cinco suposiciones demostrablemente falsas que son inherentes a la medición de los pliegues cutáneos como predictores de la composición corporal 1) una compresibilidad constante de la piel y el tejido adiposo, 2) un valor despreciable para las dos capas de piel, 3) una estructura fija de deposición del tejido adiposo, 4) una fracción constante de grasa en el tejido adiposo, y 5) una proporción fija de grasa interna y externa.

Opción de la escala o (O-Scale System)

Uno de los programas que no arrastra tales suposiciones es el Sistema Avanzado de Escala O de Determinaciones Físicas (Advanced OScale System on Physique Assesment) de Ward R. et al. Esencialmente se trata de un programa de ordenador normal, que proporciona: 1) índices standard de adiposidad (suma de seis pliegues cutáneos ajustada a la estatura) y peso proporcional (ajuste geométrico del peso cor-

poral a la estatura); 2) una lista de valores para ocho pliegues cutáneos, diez perímetros, dos diámetros de hueso y cuatro pliegues cutáneos corregidos respecto a los percentiles 4, 50 y 96; 3) un perfil de proporcionalidad de 25 perímetros referente a hombres y mujeres tipo, entre los 6 y 19 altos y a continuación, de cinco en cinco hasta la edad de 70. Basado en datos obtenidos de 25.000 canadienses, el Sistema de Escala O podría ser una referencia estable para la determinación del estado morfológico y la monitorización de los cambios. Además permite la comparación de los datos del paciente con los obtenidos en otras determinaciones anteriores, con la de cualquier otro sujeto o con los valores medios de cualquier grupo muestra.

Opción del fraccionamiento de 5 componentes

Como se ha observado la evaluación antropométrica del deportista se puede realizar con el modelo de dos componentes de composición corporal y es relativamente simple. El método de fraccionamiento en 5 componentes (FA5C) es un mejoramiento del anterior método de fraccionamiento de cuatro componentes de Drinkwater y Ross (1980), luego de la información actualizada que proveyó el estudio de cadáveres de Bruselas. El FA5C fracciona el cuerpo en cinco tejidos: masa de la piel, masa adiposa, masa muscular, masa residual (vísceras y órganos) y masa esquelética.

1. **Piel:** Se define como la 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. Datos obtenidos en cadáveres muestran que la piel es mayor en hombres que en mujeres.

La masa de la piel que suele ser de 3 y 5 kg (Clarys, Martin, et al., 1984) es importante en el cálculo de la relación entre área superficial de piel y el peso corporal que cubre, donde se ha encontrado evidencia de que la capacidad para disipar calor (muy importante en maratones en climas cálidos y húmedos) es ventajosa en quienes tienen una relación elevada entre el área superficial y peso corporal.

2. **Tejido adiposo:** 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 química-

mente, definida en el método densitométrico de dos componentes. Las adiposidades de las extremidades predominan en las mujeres y las del tronco en los hombres.

- 3. Músculo:** Calcular la masa muscular es fundamental en nutrición deportiva ya que las principales diferencias y variabilidad en composición corporal en deportistas se encuentra no en la grasa sino en este tejido. Se define como todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios.
- 4. Hueso:** Al parecer el esqueleto de los adultos puede variar de aproximadamente 7.0 a 12.0 kg en varones y 5.0 a 9.0 kg en mujeres. Esto significa que alguien con una gran estructura puede tener 1.0 a 2.0 kg más lo que no explica "sobrepesos" de más 10 kg con una estatura similar. Es obvio que la antropometría no puede determinar la densidad mineral ósea, algo solo posible con técnicas por imágenes, pero puede proporcionar una cifra cercana al peso del esqueleto real en deportistas sin problemas de osteoporosis. Se define como el 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.
- 5. Masa de tejido residual:** Este tejido se define como los 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.

Como se sabe el deporte es movimiento y este depende de los músculos, que mueven palancas (huesos) y deben sostener también tejido adiposo y residual. Si un método o modelo permite cuantificar estos tejidos que se modifican con alimentación y ejercicio (músculo y grasa), debe usarse. Los estudios de Wang muestran que este modelo de 5 componentes de composición corporal se halla en el cuarto eslabón, el que divide al cuerpo a nivel histico, mientras que el anterior descrito modelo de dos componentes se encuentra en el segundo eslabón, que divide el cuerpo a nivel de moléculas químicas (por eso se conoce también como el "método químico"

La validez del método está basada en dos criterios: 1) la capacidad del método para predecir el peso a partir de cinco estimaciones fraccionales de masas, en hombres y mujeres, viejos y jóvenes, en buen o mal estado físico, representando varios grados de actividad física habitual; y 2) concordancia con las masas tisulares obtenidas por disección, bajo la dirección de J.P. Clarys de la Universidad Autónoma de Bruselas en una muestra de cadáveres de 12 hombres y 13 mujeres, tal como se describe en la tesis doctoral de A. Martin (1984) y D. Drinkwater (1984), de Simon Fraser University.

CONCLUSIONES

- El estudio de composición corporal es de suma importancia para la nutrición deportiva. Existen varios métodos y técnicas para valorar la composición corporal y el profesional de la salud o del deporte debe seleccionar de forma preferente las técnicas accesibles en lo económico y practicidad, y modelos con la mayor validez científica posible.
- Es de suma importancia que la técnica de valoración a emplear se estandarice para facilitar el intercambio de datos entre profesionales, la conformación de tablas de referencia, que aporte solidez y confiabilidad al trabajo.
- Entender la cineantropometría es necesario para poder interpretar datos antropométricos en relación con el rendimiento deportivo, ciertas características morfológicas en términos de tamaño, composición y estructura corporal influyen de manera positiva el rendimiento deportivo, pero se debe tener presente que el tipo físico es solo uno de los muchos factores que determinan el rendimiento de un deportista
- Entre los deportistas de alto rendimiento existe un amplio espectro de tamaños, composiciones y formas corporales. Cada disciplina, modalidad, categoría deportiva y hasta especialidad se caracteriza por la exigencia de características antropométricas que potencian el rendimiento, por esto algunos pueden escoger el competir en determinada disciplina deportiva sin tener un óptimo tipo físico para desarrollarla
- El modelo de cálculo antropométrico de la composición corporal en 5 fracciones (piel, tejido adiposo, muscular, óseo y residual), es un método simple y poco costoso, utilizando protocolos de medición

standard, validados por la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (I.S.A.K.).

- El análisis de composición corporal debe aportar información no solo de la grasa o adiposidad corporal, sino también de la masa muscular o magra, que reviste mayor importancia que la adiposidad en el ámbito del deporte competitivo. Tampoco debe descartarse el análisis de la estructura ósea de los deportistas, ya que las longitudes y los diámetros óseos influyen sobre el peso corporal y el rendimiento deportivo.

Finalmente, como lo expresa Debora Kerr, en el párrafo final de su tesis de grado, “el método de 5 masas fraccionales es considerado una parte del proceso de desarrollo de los modelos antropométricos de cálculo de composición corporal, y no una solución definitiva”.

REFERENCIAS

Ross, W.D., Drinkwater, D.T. et al. Kinanthropometry: Traditions and new perspectives. In M. Ostin, G & J. Simons (Eds), Kinanthropometry II (pp. 1 - 27). Baltimore: University Park Press USA, 1980.

Ross, W.D. The Advanced O - Scale Physique Assessment System. Kinemetrix Inc., 1989 Vancouver Canada.

Carter, J.E., Ross, W.D. Advances in Somatotype Methodology and Analysis. Yearbook Of Physical Anthropology (p. 193 - 213), Vol. 26, 1983.

Siret, J.R. y Pancorvo, A. Edad Morfológica. Evaluación Antropométrica de la Edad Biológica. Revista Cubana de Medicina del deporte y la Cultura Física. Vol. 2, número 1 (p.9 - 13), 1991.

Rodriguez C. Composición corporal y deporte. Manuscrito de la cátedra desarrollo físico. Instituto de medicina del deporte. La Habana 1992.

Ross, W.D., Kerr, D.A. Fraccionamiento de la masa corporal: un Nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. Apunts Vol. XVIII (p. 175 - 187), 1991.

Restrepo, M.T., Composición corporal. Revista Nutrición y Dietética (p. 4). Vol. 6, número 2, 1998.

ADA Reports Positions of the Americans Dietetic Association: Weight management. J. Am. Diet. Ass. 97:72, 1997

Comas, J. Manual de Antropología Física. Fondo de la cultura Económica, (p.698) México, 1957.

Díaz, M.E. Somatotipología y Proporcionalidad. Instituto de Nutrición e Higiene de los alimentos, (p.6), México, 1994.

Alexander, P. Aptitud Física, Características Morfológicas y Composición Corporal - Pruebas Estandarizadas en Venezuela. Instituto Nacional de Deporte de la República de Venezuela. (p.38 - 42), Venezuela, 1995.

Boileau RA, Horswill CA. Body composition in Sports: Measurement and Applications for Weight Loss and Gain. En: Garrett WE, Kirkendall DT. Exercise and Sport Science.. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2000.319-338.

- Heymsfield SB**, Wang Nm, Withers RT. Multicomponent molecular level model of body composition analysis. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman Tg, Champaign. Human Body Composition. Human Kinetics Editors; 1996. p. 129-148.
- World Health Organization**. Obesity: preventing and managing the global epidemic. In: report of a World Health Organization Consultation on Obesity. Geneva 3-5 June; 1998. p. 1-276.
- Heyward VH, Stolarczyk**. Body Composition Basics. En: Heyward VH, Stolarczyk. Applied Body Composition Assessment. Human Kinetics Editors; 1996. p. 4-20.
- Durnin, JVA, Womersley J**. Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br. J. Nutr. 1974; 32: 77-97.
- Jackson AS, Pollock ML**. Generalized equations for predicting body density of men. Br. J. Nutr. 1978; 497-504.
- Jackson AS, Pollock, ML**. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1980; 12 (3): 175-182.
- Consenso SEEDO 2000** para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. Sociedad Española para el estudio de la obesidad. *Med Clin (Barc)* 2000; 115; 589-597.
- Going SB**. Densitometry En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG. Champaign. Human Body Composition: Human Kinetics; 1995. p. 3-22.
- Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A**. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. En: *Annals of the New York of Sciences*; 1963. p. 110; 113-140.
- Ellis KE**. Selected body composition methods can be used in field studies. *J Nutr*. 2001; 131: 1589S-1595S.
- Going S, Davis R**. Body composition. En: *American college of sports medicine. Guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia; Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 391-400.
- National Institute Health**. Technol Assess Statement. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. *NUTRITION*. 1996; 12: 749.759.
- Norton K**. Olds T, Mazza J C. Antropometrical[CD-ROM]. Argetina: Biosystem; 2000.
- Carter LJ**. *Physical structure of Olympic Athletes*. *Medicine and Sports*. San Diego, California: 1982. 182p.
- Williams M**. *Nutrición para la salud, condición física y deporte*. 7aed. Lugar de publicación: McGraw Hill; 2006.
- Restrepo MT**. Los indicadores antropométricos en la evaluación del estado nutricional. En: *Estado Nutricional y Crecimiento Físico*. Medellín: Universidad de Antioquia; 2000.
- Lohman TG**. Et al, body composition assessment: body fat standars and methods in the field of exercise and sports medicine. *ACSM Health Fitness J* 1:30-35, 2000.
- Drinkwater, D.T. & Ross, W.D** (1980). *The anthropometric fractionation of body mass*. In Kinanthropometry III. Beunen, G., Ostyn, M and Simon, J (eds). University Oark Press: Baltimore, p 177-189
- Drinkwater, D.T** (1984). *An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition*. Ph D. Thesis, Simon Fraser University
- Heymsfield, S.B.** (1990). *Body composition of humans: comparison of two impeoved four-comportament models that differ in expense, technical complexity and radiation exposure*. *Am. J. Clin. Nutr.* 52: 52-58

- Kerr, D.A.** (1988). *An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years*. M. Sc. Thesis. Simon Fraser University
- Martin, A.D.**: Drinkwater, D.T.: Clarys, J.P.: Ross, W.D. (1986). *Prediction of body fat skinfold calipers: assumptions and cadaver evidence*. Int. J. Obes. 7: 17-25
- Martin, A.D.** (1984). *An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 cadavers*. Ph. D. Thesis Simon Fraser University
- Martin, A.D.** Drinkwater, D.T.: Clarys, J.P.; Ross, W.D. (1986). *The inconstancy of the fat-free mass: a reappraisal with implications for densitometry*. In Kinanthropometry III. Reilly, T, Watson, J. And Borms, J (eds) E & F.N. Spon. London p: 92-97
- Ross, W.D.**: Wilson, N.C. (1974). *A strategem for proportional growth assessment*. In Children and Exercise. Hebbelink, M and Borms, J (eds.) ACTA Paed Belg. 28: 169-182
- Ross, W.D.**; Eiben, O.G.; Ward, R.: Martin, A.D.: Drink water, D.T.: Clarys, J.P. (1994). *J.P.: Alternatives for the conventional methods of body composition and physique assessment*. In Perspective in Kinanthropometry. Day, J.A.P. (eds), Human Kinetics: Champaign, p 203-220
- Ross, W.D.**: Martin, A.D.: Ward, R (1987). *Body composition and aging: theoretical and tethodological impliocations*. Coll Antrop.11: 15-44
- Ross, W.D.** Crawford, S.M, Kerr, D.A.; Ward, R; Bailey, D.A.; Mirwald, R.L (1988). *The relationship for the BMI with skinfolds, girths and bone breadths in Canadian men and women age 20 to 70 years*. Am. J. Phys. Antrop. 77: 2, 253-260
- Ward, R.**; Ross, W.D.; Leyland, A.J.; Selbie, S (1989). *The Advanced O-Scale Physique Assessment System*. . Kinemetrix: Bumaby
- Matiegka, J** (1921). *The testing of physical efficiency*. Am J. Phys. Anthr. 4: 223-330
- Ross, W.D.** & Ward, R (1982). *Human proportionality and sexual dimorphism*. In Sexual Dimorphism in Homo Sapiens". Praeger New York