Tipología según somatotipo de Heath-Carter *vs.* sistema de Conrad en mujeres deportistas de alta competición

Alicia S. Canda

Centro de Medicina del Deporte. Consejo superior de Deportes. Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00184

Recibido: 26/01/2024
Aceptado: 16/10/2024

Resumen

Introducción y objetivos: Las características físicas del deportista guardan relación con el rendimiento deportivo, y pueden diferir significativamente según la modalidad practicada. El objetivo del estudio ha sido aplicar dos sistemas para cuantificar la constitución corporal en mujeres de alta competición.
Material y método: La muestra se compone de 545 mujeres de 35 deportes diferentes, edad 23,6 ± 4,9 años, valoradas durante los años 2010 al 2023. Se seleccionaron del protocolo antropométrico 15 variables necesarias para el cálculo de los componentes endomórfico, mesomórfico y ectomórfico del somatotipo de Heath-Carter, y de los índices métrico y plásico del sistema de Conrad. Se realizó tratamiento estadístico descriptivo (percentiles) y comparativo seleccionando una submuestra (n = 105) de siete modalidades representativas.
Resultados: El somatotipo medio fue 3,5 – 4,1 – 2,7; mesomórfico dominante, situándose dentro de la categoría endo-mesomórfica. El índice métrico medio (-0,73 ± 0,41) se clasifica en la metromorfia con tendencia a la leptomorfia y el índice plásico (81,5 ± 4,06) en la metroplasia, con tendencia a la hiperplasia. Los componentes mesomórfico y ectomórfico tuvieron una alta correlación con el índice métrico (rho = 0,72 y - 0,75) y con el índice plásico con relación a la talla (rho = 0,83 y - 0,81); si bien no pueden considerarse equivalentes. El parámetro aislado que más discriminó entre las modalidades seleccionadas fue el índice métrico, que incluye la talla y los diámetros de tórax; teniendo valores desde la leptomorfia a la metromorfia: gimnasia rítmica, voleibol, atletismo fondo, hockey hierba, remo pesado, natación y halterofilia.
Conclusiones: La tipificación del físico corporal es necesaria para comprobar precozmente la mayor o menor idoneidad para una modalidad deportiva. Se pueden manejar diferentes parámetros, destacando el índice métrico por su valor discriminativo y por estar menos influido por factores como el estado nutricional.

Palabras clave:
Somatotipo. Índice métrico. Índice plásico. Mujeres deportistas.

Typology according to Heath-Carter somatotype *vs.* Conrad's system in high competition female athletes

Summary

Introduction and objectives: The physical characteristics of the athlete are related to sporting performance and can differ significantly depending on the modality practiced. The aim of the study was to apply two systems to quantify body constitution in high-level competitive women.
Material and method: The sample consisted of 545 women from 35 different sports, age 23.6 ± 4.9 years, assessed during the years 2010 to 2023. From the anthropometric protocol, 15 variables were selected to calculate the endomorphic, mesomorphic and ectomorphic components of the Heath-Carter somatotype, and the metric and plastic indices of the Conrad system. Descriptive (percentiles) and comparative statistical treatment was carried out by selecting a subsample (n = 105) of seven representative modalities.
Results: The mean somatotype was 3.5 - 4.1 - 2.7; mesomorphic dominant, falling into the endo-mesomorphic category. The mean metric index (-0.73 ± 0.41) was classified as metromorphic with a tendency to leptomorphic and the plasmatic index (81.5 ± 4.06) as metroplastic, with a tendency to hyperplastic. The mesomorphic and ectomorphic components had a high correlation with the metric index (rho = 0.72 and - 0.75) and with the plastic index in relation to height (rho = 0.83 and - 0.81); although they cannot be considered equivalent. The single parameter that most discriminated between the selected modalities was the metric index, which includes height and thorax diameters, with values from lowest to highest: rhythmic gymnastics, volleyball, long-distance athletics, hockey, heavy rowing, swimming, and weightlifting.
Conclusion: Body physique classification is necessary to check early on the greater or lesser suitability for a sporting modality. Different parameters can be used, with the metric index standing out for its discriminative value and for being less influenced by factors such as nutritional status.

Key words:
Somatotype. Metric index. Plastic index. Female athletes.

Correspondencia: Alicia S. Canda
E-mail: alicia.canda@csd.gob.es

Introducción

Existe una relación entre las características antropométricas que describen el tipo corporal del deportista y el rendimiento deportivo. El tamaño y la forma corporal de los deportistas pueden diferir según el deporte y el puesto de juego, así como de los valores medios encontrados en la población general.

El interés por cuantificar el físico o la constitución corporal se remonta a la antigüedad con Hipócrates que describía un hábito apopléjico (baja estatura y obeso) y un hábito tísico (alto y delgado) y los relacionaba con la predisposición a ciertas enfermedades. Posteriormente, se desarrollaron diferentes clasificaciones morfo-psicológicas en la que se describían los biotipos asociándolos con un tipo de temperamento y su predisposición a un trastorno psiquiátrico, que más tarde fueron relegadas. Entre las diferentes escuelas destaca la italiana, llamada constitucionalista con De Giovanni, 1919 (macroesplánico, normoesplánico y microesplánico), Viola, 1933 (braquitipo, normotipo y longitipo) y Pende, 1928 (longilíneo esténico, longilíneo asténico, brevilíneo esténico, brevilíneo asténico). La escuela tipológica-somática alemana con Kretschmer, 1921 (pícnico-ciclotímico, atlético-viscoso, leptosomático-esquizotímico y displásico). Y la escuela americana con Sheldon, que en 1940 introduce el término de somatotipo y lo cuantifica mediante los tres componentes primarios de la estructura morfológica del individuo (endomórfico, mesomórfico y ectomórfico); su determinación era muy compleja y de difícil aplicación práctica. Carter y Heath en 1967 desarrollaron un método para el cálculo del somatotipo basado en los trabajos anteriores que se realiza de forma sencilla mediante diez variables antropométricas[1]. Por otro parte, fuera del sistema tripartito, Conrad, en 1963, propuso un sistema bipolar, utilizando dos coordenadas formadas por el índice métrico junto al índice plásico. El primero cuantifica la apariencia desde leptomórfica a picnomórfica; y el segundo las características de desarrollo óseo-muscular desde la hipoplasia a la hiperplasia, pasando ambos por valores intermedios[2].

En medicina deportiva ha tenido más difusión el método de Heath-Carter[3-6] que el de Conrad, siendo este último más aplicado en Centroeuropa y Alemania[7-10]. Las valoraciones clásicas de estos sistemas pueden verse afectadas por el cambio secular del crecimiento de las medidas en la población actual. Por otro lado, proceden de la población general y en ocasiones la valoración es mixta. Planteamos la hipótesis de que nuevas referencias de los componentes e índices son necesarias para caracterizar a la población deportista actual y que debido al dimorfismo sexual es preferible realizarlo de forma separada, varones y mujeres.

El objetivo del trabajo ha sido la caracterización del físico de las mujeres deportistas que practican distintas modalidades deportivas por Heath-Carter y Conrad, y estudiar el grado de relación entre los dos sistemas.

Material y método

Se realiza un estudio monocéntrico, prospectivo y observacional de los controles antropométricos realizados desde el año 2010 hasta el 2023, de las deportistas que acudían para la realización del reconocimiento médico-deportivo anual. Los criterios de selección fueron la edad, mayores de 18 años y menores de 40 años y que no tuvieran ninguna patología que pudiera afectar a las dimensiones antropométricas. De esta muestra (M1) que asciende a 545 mujeres, practicantes de 35 deportes distintos, obtuvimos los valores de referencia de los índices antropométricos. Posteriormente, se extrae una submuestra (M2), con 105 deportistas de siete modalidades representativas para realizar un estudio comparativo.

La muestra total (M1) tiene una edad media de 23,6 ± 4,9 años, peso corporal medio de 59,3 ± 9 kg, talla media de 166,3 ± 7,4 cm, con 10,5 ± 5,2 de años de práctica deportiva y una dedicación de 5,6 ± 0,9 días/sem y 3,5 ± 1,2 horas/día. Los deportes incluidos fueron: atletismo (n = 100), baloncesto (n = 41), balonmano (n = 8), boxeo (n = 19), bádminton (n = 4), deportes de hielo (n = 2), deportes de invierno (n = 1), esgrima (n = 20), gimnasia (n = 11), golf (n = 9), halterofilia (n = 10), hockey hierba (n = 31), judo y jiu-jitsu (n = 39), kárate (n = 13), lucha (n = 11), montañismo y escalada (n = 6), motociclismo (n = 1), natación (n = 14), orientación (n = 8), pádel (n = 4), patinaje (n = 4), piragüismo (n = 11), remo (n = 14), rugby (n = 50), taekwondo (n =11), tenis (n =3), tenis de mesa (n = 1), tiro con arco (n = 13), tiro olímpico (n = 16), triatlón (n = 21), vela (n = 7), voleibol (n = 29) y waterpolo (n = 13).

La submuestra seleccionada (M2) se compuso de: atletismo fondo, AF (n = 15); hockey hierba, HH, sin porteras (n = 27); voleibol, sin libero, V (n = 21); natación, N (n = 11); remo pesado, RP (n = 10); halterofilia, H (n = 10); y gimnasia rítmica, GR (n = 11).

Del protocolo antropométrico se incluyeron las siguientes variables: peso; talla; cinco diámetros óseos (biacromial, antero-posterior de tórax, transverso de tórax, biepicondileo de húmero y bicondileo de fémur); cuatro perímetros (brazo contraído, antebrazo, mano y pierna) y cuatro pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal y pierna medial). Se siguieron las recomendaciones de la ISAK, Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría[11].

Se calcularon los componentes e índices antropométricos para cada sistema de clasificación que se recogen en la Tabla 1. El somatotipo de Heath-Carter se representa en una somatocarta, cuyos ejes son en la "x" la diferencia entre la ectomorfia y la endomorfia y en la "y" dos veces la mesomorfia menos la suma de la endomorfia con la ectomorfia. Se describen trece categorías según la relación en magnitud entre los tres componentes[12]. Mientras que en el sistema bipolar de Conrad se establece una escala para cada índice con 11 clases principales según sexo (Tabla 2), que posteriormente se lleva a un gráfico XY en forma de cuadrícula. En el eje X, la valoración del índice plásico (clases de 1 a 9, con los polos extremo de U1 y U9), el 1 describe al tipo más hipoplásico y el 9 al más hiperplásico, los que quedan fuera se denominan ultras. En el eje Y, la valoración del índice métrico (clase de A a I, con los extremos ultra UA, UI). La clase A para la tipología picnomorfa más alta y la clase I, para la tipología leptomórfa más fuerte, mientras que la clase E, serían los metromorfos[2].

Añadimos a los cálculos, el índice plásico relativo a la talla, considerando que podría ser de interés, ya que como podemos ver en la Tabla 1, en todos los demás está incluida la talla como variable normalizadora, debido a la dependencia que tienen las medidas postcraneales respecto a esta.

El tratamiento estadístico descriptivo incluye la media, desviación estándar, coeficiente de variación (CV), valores mínimo y máximo

Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo del somatotipo e índices antropométricos.

Componentes del Somatotipo de Heath-Carter[1,2]	
Endomorfo	- 0,7182 + (0,1451 * X) - (0,00068 * X^2) + (0,0000014 * X^3) - X = Sumatorio de 3 P.C. * (170,18/talla) - 3 P.C.: Pliegues cutáneos en mm: tríceps, subescapular y supraespinal. - Talla en cm.
Mesomorfo	((0,858 * D. humero) + (0,601 * D. fémur) + (0,188 * Pc. brazo) + (0,161* Pc. pierna)) - (0,131*talla) + 4,5 - Pc. brazo: Perímetro del brazo contraído corregido por pliegue tríceps (se resta el valor del pliegue en cm) - Pc. pierna: Perímetro de la pierna corregido por el pliegue pierna medial (se resta el valor del pliegue en cm)
Ectomorfo	Se usan tres ecuaciones diferentes dependiendo del valor del Índice Ponderal (IP). El IP es igual a talla (cm) dividida por la raíz cúbica del peso (kg.) - Cuando el IP es mayor o igual a 40, 75.....Ectomorfia = 0,732 * IP - 28,58 - Cuando el IP es menor de 40,75 y mayor de 38, 25..... Ectomorfia = 0,463 * IP - 17,63 - Cuando el IP es menor o igual de 38, 25..... Ectomorfia = 0,1
Índices del sistema de Conrad[2] (unidades en cm.)	
Métrico (mujeres)	-2,177 – (0,037*talla) + (0,161*D. transverso tórax) + (0,177* D. anteroposterior de tórax)
Plásico	Diámetro biacromial + Perímetro de antebrazo + Perímetro de mano

D: diámetro; Pc: perímetro corregido.

Tabla 2. Clasificación del Sistema de Conrad para mujeres.

Índice métrico		Índice plásico	
≥ 0,9	Ultra A	≤ 66,8	Ultra 1
+0,6 – +0,8	A	66,9 – 69,2	1
+0,3 – +0,5	B	69,3 – 71,6	2
+0,0 – +0,2	C	71,7 – 74,0	3
-0,3 – -0,1	D	74,1 – 76,4	4
-0,6 – -0,4	E	76,5 – 78,8	5
-0,9 – -0,7	F	78,9 – 81,2	6
-1,2 – -1,0	G	81,3 – 83,6	7
-1,5 – -1,3	H	83,7 – 86,0	8
-1,8 – -1,6	I	86,1 – 88,4	9
≤ -1,9	Ultra I	≥ 88,5	Ultra 9

Índice métrico, desde UA (ultrapicnomorfo) a UI (ultraleptomorfo). Índice plásico, desde U1 (ultrahipoplásico) a U9 (ultrahiperplásico).
Raschka C, 2016[2].

y los percentiles. Como el índice métrico tiene valores negativos, hemos calculado su CV con sus datos elevados al cuadrado. Se comprueba la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se establece la correlación entre las variables mediante el coeficiente Rho de Spearman. La magnitud del tamaño del efecto por la z de Fisher. Las diferencias entre las 7 modalidades seleccionadas se realizan por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, excepto en el índice plásico absoluto y relativo que se aplica el ANOVA. Con los datos del estudio se establece una nueva escala para graficar los índices métrico y plásico para ajustarla al rango obtenido en nuestra muestra. La significación estadística se fija en p = 0,05. Se utilizan los programas informáticos de Excel y JASP 0.17.1.0.

Resultados

En la Tabla 3 se muestran los valores en la muestra total de los componentes del somatotipo y de los índices antropométricos incluidos en el estudio. El somatotipo medio de la población deportista femenina tiene como componente dominante la mesomorfia, situándose dentro de la categoría endo-mesomórfica. Los componentes no siguen una distribución normal (p de Shapiro-Wilk <0,05). El índice métrico medio se sitúa en la metromorfia con tendencia a la leptomorfia, tampoco sigue una distribución normal; y el índice plásico medio, es metroplásico con tendencia a la hiperplasia, siendo el único con una distribución normal. Por el coeficiente de variación (CV) observamos que el índice métrico es el que mayor dispersión presenta, seguido de la ectomorfia y endomorfia; y el de menos dispersión es el índice plásico.

El valor mínimo de la endomorfia corresponde a una maratoniana, el de la mesomorfia a una jugadora de baloncesto y el de la ectomorfia a dos deportistas de rugby, una de tiro olímpico y otra de jiu-jitsu. El valor máximo de la endomorfia corresponde a una tiradora, el de la mesomorfia a una jugadora de rugby (pilar) y el de la ectomorfia a una mediofondista (1.500 m). El valor mínimo del índice métrico (clasificación I, leptomorfa) corresponde a una atleta de vallas (100 mV) y el máximo (clasificación UA, picnomorfa) a otra jugadora de rugby (pilar). El valor mínimo del índice plásico (clasificación 2, hipoplásico) corresponde a la atleta de mediofondo antes mencionada y el máximo (clasificación U9, hiperplásico extremo) a una jugadora de waterpolo (boya).

En la Tabla 4 se muestra la clasificación de los índices del Sistema de Conrad después de ajustar el baremo según los valores obtenidos en la muestra de este estudio y añadimos la del índice plásico relativo, es decir, en relación con la talla.

El somatotipo e índices antropométricos de las siete modalidades deportivas seleccionadas se muestran en la Tabla 5. La gráfica del somatotipo, somatocarta, se muestra en la Figura 1. Y la representación del sistema de Conrad se muestra en la Figura 2, donde aparecen las siete

Tabla 3. Componentes del método de Heath-Carter e Índices del sistema de Conrad.

n =545	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia	Métrico	Plásico	Plásico/talla
m	3,5	4,1	2,7	-0,73	81,5	48,3
STD	1,3	1,2	1,2	0,41	4,06	2,1
CV	0,36	0,28	0,43	-0,56	0,05	0,04
p S-W	<0,001	0,002	0,03	< ,001	0,24	0,4
Mínimo	0,7	1,0	0,1	-1,67	69,7	41,7
Máximo	8,4	9,5	6,8	1,2	93,8	55,6
Percentiles						
3	1,8	2,1	0,7	-1,42	74,33	44,7
5	2,0	2,3	0,9	-1,36	74,82	45,0
10	2,2	2,7	1,2	-1,23	76,4	45,7
15	2,3	2,9	1,4	-1,13	77,26	46,3
20	2,5	3,1	1,7	-1,07	77,8	46,6
25	2,7	3,3	1,8	-0,99	78,4	46,9
30	2,8	3,5	2,1	-0,94	79,12	47,2
35	2,9	3,7	2,3	-0,9	79,9	47,6
40	3,1	3,8	2,4	-0,85	80,5	47,8
45	3,2	3,9	2,6	-0,81	81	48,0
50	3,3	4,0	2,7	-0,76	81,5	48,3
55	3,5	4,2	2,9	-0,7	81,92	48,5
60	3,6	4,3	3,1	-0,64	82,5	48,7
65	3,8	4,5	3,2	-0,59	83,1	49,0
70	4,0	4,7	3,4	-0,53	83,7	49,3
75	4,1	4,8	3,5	-0,48	84,4	49,6
80	4,4	5,1	3,8	-0,39	85,16	50,1
85	4,7	5,2	3,9	-0,34	85,9	50,5
90	5,2	5,5	4,2	-0,21	86,9	51,2
95	6,0	6,0	4,6	-0,04	88,3	51,9
97	6,5	6,5	5,0	0,07	89,07	52,4

CV, coeficiente de variación. p S-W, test de normalidad de Shapiro-Wilk

Tabla 4. Clasificación de Conrad en base a los resultados del estudio.

Índice métrico			Índice plásico			Í. Plasico/talla	
UA	≥1,2		U1	≤ 69,7		≤ 41,74	
A	1,1	0,9	1	69,8	72,5	41,75	43,25
B	0,8	0,6	2	72,6	75,2	43,26	44,75
C	0,5	0,3	3	75,3	77,9	44,76	46,25
D	0,2	0	4	78	80,6	46,26	47,75
E	-0,1	-0,3	5	80,7	83,3	47,76	49,25
F	-0,4	-0,6	6	83,4	86	49,26	50,75
G	-0,7	-0,9	7	86,1	88,7	50,76	52,25
H	-1	-1,2	8	88,7	91,4	52,26	53,75
I	-1,3	-1,5	9	91,5	96,8	53,76	55,25
UI	≤ -1,6		U9	≥96,7		≥ 55,26	

Índice métrico, desde UA (ultrapicnomorfo) a UI (ultraleptomorfo).
Índice plásico, desde U1 (ultrahipoplásico) a U9 (ultrahiperplásico).

modalidades según la clasificación clásica (subíndice 1), con el baremo según nuestro estudio (subíndice 2) y con el índice plásico relativo en lugar del absoluto (subíndice 3).

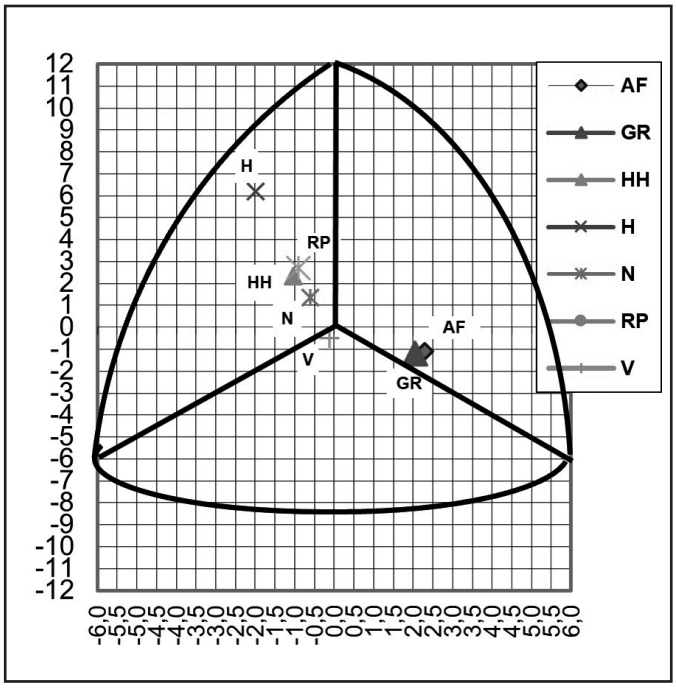
La distribución por categorías del somatotipo es la siguiente: en la meso-ectomorfia esta AF, en la ectomorfia balanceada la GR; en la endo-mesomorfia, H, HH y RP; y central en N y V. El endomorfismo de las atletas de fondo y gimnasia rítmica, en rango bajo, se diferencia del resto de modalidades, que están en rango moderado. En el mesomorfismo, en rango alto, está halterofilia diferenciándose del resto, excepto con remo pesado. En rango moderado, pero con valores más bajos están AF y GR, que se diferencian del resto, excepto con voleibol. Además, voleibol, se diferencia con hockey hierba y remo pesado. Respecto al ectomorfismo, en rango bajo se encuentran halterofilia, hockey hierba y remo pesado; diferenciándose la halterofilia con atletismo, gimnasia, natación y voleibol; hockey hierba y remo pesado, se diferencian con atletismo, gimnasia y voleibol. En rango moderado, se encuentran las demás modalidades, con valores más altos las fondistas y g. rítmica, que se diferencian del resto, con voleibol. Contraste de Kruskal-Wallis y prueba *post-hoc* de Dunn con una p <0,001.

Tabla 5. Componentes del somatotipo e índices en siete modalidades deportivas.

n =105	AF (n = 15)	GR (n = 11)	H (n = 10)	HH (n = 27)	N (n = 11)	RP (n = 10)	V (n = 21)
Endomorfia	2,1 ± 0,6	2,2 ± 0,5	3,4 ± 0,9	3,5 ± 1,2	3,6 ± 0,6	3, 4 ± 1,2	3,4 ± 0,7
Mesomorfia	2,7 ± 0,6	2,7 ± 0,7	5,5 ± 1,0	4,2 ± 0,8	4,0 ± 1,0	4,3 ± 0,7	3,2 ± 1,0
Ectomorfia	4,4 ± 0,7	4,3 ± 0,7	1,4 ± 0,8	2,5 ± 0,9	3,0 ± 0,9	2,5 ± 0,8	3,5 ± 1,0
Métrico	-0,9 ± 0,2	-1,2 ± 0,3	-0,5 ± 0,4	-0,8 ± 03	-0,6 ± 0,3	-0,7 ± 0,3	-1,0 ± 0,3
Plásico	76,3 ± 2,3	78,1 ± 2,4	84,0 ± 3,5	80,3 ± 2,3	85,2 ± 1,5	84,5 ± 1,8	84,0 ± 2,6
Plásico/talla	45,9 ± 1,0	46,5 ± 1,8	51,6 ± 1,6	48,6 ± 1,6	48,6 ± 1,5	48,8 ± 1,6	46,8 ± 1,8

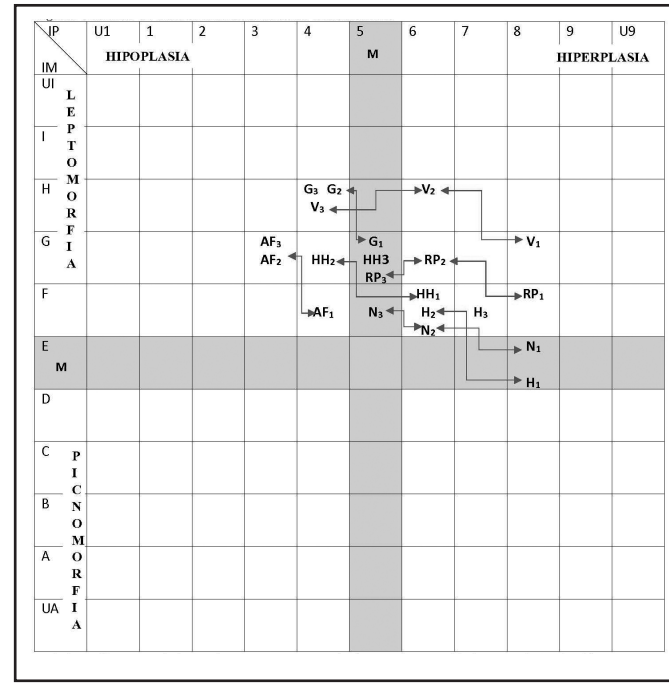
AF: atletismo fondo; GR: gimnasia rítmica; H: halterofilia; HH: hockey hierba; N: natación; RP: remo pesado; V: voleibol. Prueba de Kruskal-Wallis, excepto en los índices plásicos que se aplica el ANOVA, p <0,001.

Figura 1. Somatocarta.



AF: atletismo fondo; GR: gimnasia rítmica; HH: hockey hierba; H: halterofilia; N: natación; RP: remo pesado; V: voleibol.

Figura 2. Sistema de Conrad mediante distintas clasificaciones.



IP: índice plásico; IM: índice métrico; M: metromorfia/metroplasia; Subíndice 1: valoración clásica; Subíndice 2: valoración con baremo del estudio; Subíndice 3: valoración con I. plásico relativo; AF: atletismo fondo; G: gimnasia rítmica; HH: hockey hierba; H: halterofilia; N: natación; RP: remo pesado; V: voleibol.

En el índice métrico el deporte más diferente es la gimnasia rítmica, con el valor más bajo, es decir, son las más leptomórficas (clase G), se diferencian con el resto, excepto con voleibol. El siguiente, voleibol (clase G), se diferencia con halterofilia (clase E), natación (clase E), remo (clase F) y H. hierba (clase F). Con el valor más alto están las halteras, metromorfas (clase E), que se diferencian con gimnasia rítmica, atletismo fondo (clase F), H. hierba y voleibol (clase G). Atletismo, además se diferencia con natación. Contraste de Kruskal-Wallis y prueba *post-hoc* de Dunn con una p <0,001.

En el índice plásico el deporte más diferente es atletismo fondo, con el valor más bajo (clase 4), es decir, en la metroplasia tendiendo a la hipoplasia; que se diferencian con el resto, excepto con gimnasia rítmica (clase 5, metroplasia). La gimnasia rítmica se diferencia con halterofilia, natación, remo y voleibol. Los valores más altos se dan en natación, remo, voleibol y halterofilia (clase 8, hiperplasia). H. hierba queda entre medias de los mencionados (clase 6), diferenciándose del resto, a excepción de la gimnasia rítmica. ANOVA, p <0,001, η^2 =0,64. Cuando relativizamos respecto a la talla el índice plásico, es la halterofilia quién destaca por su mayor valor (percentil 95 de la muestra total), diferenciándose del resto de las modalidades. Por otro lado, se igualan atletismo (percentil 10), gimnasia (percentil 15 - 20) y voleibol (percentil 20 - 25), con los valores más bajos, que se diferencia del resto; y queda un grupo intermedio, con natación (percentil 55 - 60), H. hierba (percentil 55 - 60) y remo (percentil 60). ANOVA, p <0.001, η^2 = 0,52.

El estudio de correlación entre componentes del somatotipo e índices antropométricos indica que existe alta relación entre el índice ponderal relativo con la mesomorfia ("rho" = 0,83; z de Fisher = 1,2) y ectomorfia ("rho" = - 0,81; z de Fisher = -1,12); y también entre el índice

métrico con la mesomorfia ("rho"=0,72; z de Fisher = 0,91) y ectomorfia ("rho"= - 0,75; z de Fisher = -0,98). Con el índice ponderal sin corregir las correlaciones con mesomorfia y ectomorfia son menores ("rho"= ± 0,39; z de Fisher = 0,41). El componente endomórfico es el de menor correlación: índice métrico (rho = 0,42; z = 045), plásico (rho = 0,34; z = 0,35) y plásico relativo (rho = 0,47; z = 0,39) respectivamente. La significación estadística es de p <0,001.

Discusión

Se han obtenido los valores de referencia de los componentes del somatotipo y de los índices métrico y plásico del sistema de Conrad, en una amplia muestra actual de mujeres adultas, formada por 545 practicantes de 35 deportes diferentes. Posteriormente se ha comprado si hay diferencias en los índices en seis modalidades deportivas y cuáles de estos podrían ser los más discriminativos.

La forma y composición corporal están determinadas de modo importante por la herencia genética y, por otro lado, están sujetas en mayor o menor medida a la influencia de los factores ambientales. Estos factores son principalmente la nutrición, ejercicio físico, el proceso madurativo de la infancia y adolescencia o el envejecimiento. Aunque inicialmente se consideró al somatotipo como estable, más tarde se evidenció que es modificable por los factores mencionados. Pérusse *et al.* 1988[13], encontró una transmisibilidad del 45% para la mesomorfia, 42% para la ectomorfia y 36% para la endomorfia en población canadiense. Por otro lado, de los índices antropométricos, el de más estabilidad sería el índice métrico por estar fuertemente determinado genéticamente; mientras que el índice plásico estaría más sujeto a adaptarse según el tipo de exigencias motrices[10]. En un estudio en 50 gemelos no deportistas entre 13 y 18 años, Meszaros *et al.,* 2003[14], obtuvieron valores de heredabilidad distinto dependiendo de la ecuación aplicada, por la primera el índice métrico alcanzaba el 0,78 y el índice plástico el 0,70; por la segunda era de 0,76 y 0,79 respectivamente. Según sus resultados consideraron más sensible el primer procedimiento para la determinación de la herencia, aunque indicaron la necesidad de estudios más amplios y de tipo longitudinal. Para la detección de talentos, las características de menor variabilidad son las que deberían utilizarse, en lugar de las que dependen de la edad o grado de madurez[10].

El somatotipo, considerado como un descriptor general del físico, es representado por tres números que cuantifican los tres componentes, endomorfo, mesomorfo y ectomorfo. La endomorfia se relaciona con la grasa corporal, el mesomorfismo con el desarrollo musculo-esquelético y el ectomorfismo con la linealidad del sujeto. La valoración clásica de la magnitud de los tres componentes se considera como rango bajo hasta 2,5; rango moderado, de 3 a 5; rango alto de 5,5 a 7; rango muy alto, mayor a 7[12]. Sin embargo, como hemos comprobado en nuestra muestra los componentes no se distribuyen por el mismo rango, siendo menor en el ectomorfismo con 6,7 y mayor en el mesomorfismo con 8,5. Si comparamos según los percentiles, al mismo nivel, la ectomorfia tiene valores menores, luego la endomorfia y por último la mesomorfia con valores mayores. La ectomorfia alcanza valores máximos (percentil 97 de 5) menores que los otros dos componentes (percentil 97 de 6.5). Por tanto, nos planteamos si los rangos de valoración no deberían ser distintos según componente.

El índice métrico, relación de las dimensiones del tórax con la estatura, se ha descrito como independiente de la masa corporal y del compartimento nutricional. El tipo leptomorfo, representa un fuerte desarrollo longitudinal con escaso crecimiento de grosor, tórax plano y estrecho; y el picnomorfo un crecimiento principal en grosor, tórax profundo y ancho[10]. Sin embargo, al intervenir en su cálculo las dimensiones de la caja torácica, estas podrían modificarse cuando exista un gran desarrollo musculoesquelético de tren superior o un aumento importante del panículo adiposo en tronco. Recordemos que el tórax es una estructura osteocartilaginosa que se adapta a los órganos internos que contiene, que se expande con los movimientos respiratorios y en deportes como por ejemplo la gimnasia artística sus diámetros adquieren un gran desarrollo, aumentando más allá de los 18 años[15]. El índice plásico, en el que interviene el ancho de la cintura escapulo-humeral (diámetro biacromial) y dos perímetros corporales, antebrazo y mano, zonas que se verían menos afectadas por mayor o menor grasa corporal; marca la tendencia del desarrollo desde el polo hipoplásico o asténico al hiperplásico o atlético. En ocasiones, hay deportistas con valores muy extremos de estos índices con relación a los obtenidos en la población general, que no implican ni suponen un riesgo particular para la salud[10].

En nuestra muestra el rango intercuartílico del índice métrico se clasificaría como metromorfo tendiendo a la leptomorfia; quedando fuera del percentil 97, los valores fuertemente picnomorfos. Fröhner y Wagner en 2002[10], obtienen valores similares en una población mixta, y definen el término para el físico de "típico-deportivo" para los valores comprendidos entre el percentil 15 al percentil 85, abarcando por tanto el 70 % de los deportistas; el leptomórfico del percentil 15 al 3, y el metromórfico del percentil 85 al 97; fuera de estos estarían los extremos. Estos autores consideran que el índice métrico es una referencia esencial para la evaluación de los índices ponderales y sumatorio de pliegues cutáneos; existiendo una diferencia aproximada en la grasa en varones del 3% y en mujeres del 4% menos en leptomorfos en comparación con los metromorfos. Indican que los deportistas metromorfos pueden por tanto tener menos facilidad para llegar a niveles bajos de grasa y que existe mayor riesgo de problemas nutricionales como la anorexia.

La correlación más alta entre el somatotipo y los índices del sistema de Conrad, se da entre el índice métrico y los componentes mesomórfico y ectomórfico, los cuales describen aspectos diferentes del físico corporal; mientras que es menor con el componente endomórfico, el cual representa al tejido adiposo, pudiendo indicar en parte la independencia de este índice con el depósito graso corporal. La magnitud de las correlaciones con el componente mesomórfico y el ectomórfico es similar, aunque de sentido contrario. Tanto el ectomorfismo (relación talla y masa corporal) como el índice métrico (relación talla y diámetros de tórax) estudian la longitudinalidad de la forma corporal, un tipo leptomórfico (valor más negativo) corresponderá con un alto ectomorfismo y se situará próximo al eje de la ectomorfia sobre todo si además es hipoplásico por el índice plásico. Mientras que un mayor mesomorfismo dará también valores más altos en el índice métrico y plásico, indicando un mayor desarrollo musculoesquelético. La diferencia principal es que el somatotipo tiene en cuenta la grasa corporal (endomorfia) caracterizando de forma más global al deportista; mientras que el sistema de Conrad es independiente de esta y por tanto no se verá afectado por un mayor o menor panículo adiposo.

Tomemos como ejemplo a una deportista de gimnasia rítmica, caracterizadas por ser muy leptomorfas y con índice de plasticidad bajo (10), la que presenta el ectomorfismo más alto (> al percentil 97) y se sitúa en la ectomorfia balanceada (1,6 – 1,9 – 5,5), tiene un índice métrico de - 1,4 (clase H) y un índice plásico de 75 (clase 4), en percentiles 3 y 5 respectivamente de nuestras referencias. En el lado contrario, una haltera, con el componente mesomórfico más alto (> al percentil 97) situándose dentro de la endo-mesomorfia (3,5 – 6,8 – 0,8), presenta un índice métrico de -0,3 (clase D) y un índice plásico de 88,5 (clase ultra 9), en percentiles 85-90 y 95 respectivamente.

El índice plásico relativo, en relación con el índice plásico sube en su correlación (rho de 0,4 a 0,8) con los componentes mesomórfico y ectomórfico. Cambiando la valoración por percentiles de las medias por deportes, siendo muy evidente en voleibol y halterofilia, ambos en el percentil 70-75, bajando voleibol al percentil 25 y subiendo la halterofilia al percentil 90-95 con el índice plásico en relación con la talla. El único deporte que se mantiene en el mismo percentil es atletismo fondo. En el caso de las deportistas mencionadas, la gimnasta de rítmica, baja del P_5 a estar $<P_3$ y la haltera, sube de P_{95} al P_{97}.

La valoración propuesta para cada componente del somatotipo según los percentiles establecidos en este trabajo seria: rango muy bajo $< P_5$; rango bajo entre P_{20-5}; rango moderado en el intervalo intercuartílico P_{25-75}; rango alto entre P_{80-95}; y muy alto $> P_{95}$. En relación con los percentiles obtenidos en una muestra de 846 mujeres deportistas de alta competición desde el 2002 al 2011 son similares, indicando la reproducibilidad y consistencia de los resultados[16].

Si observamos los cambios según los diferentes baremos del sistema de Conrad (Figura 2), vemos como atletismo y gimnasia rítmica son los que menos cambian su ubicación, suben en 1 grado en leptomorfia y bajan 1 grado hacia la hipoplasia. El resto de las modalidades, también suben 1 grado en leptomorfia, pero bajan en 2 grados la hiperplasia. Como era esperable, valor del índice plásico (sumatorio del diámetro biacromial y los perímetros de antebrazo y mano) cuando se relativiza a la estatura del sujeto, baja en los de mayor talla (voleibol sobre todo y también en natación y remo), no cambia en los de talla media (atletismo y gimnasia rítmica) y aumenta en los de menor talla (halterófila y hockey hierba).

La tipificación del físico corporal permite comprobar de forma precoz la idoneidad para cierta modalidad deportiva y la posibilidad o no de una adaptación a las exigencias y requisitos de forma favorable sin menoscabo de la salud física y mental del deportista. Si bien hay que tener en cuenta que el éxito deportivo es multifactorial y ciertas condiciones físicas menos favorables puede compensarse mediante otras capacidades fisiológicas, motrices o psicológicas optimizando el rendimiento.

Una limitación del estudio ha sido englobar todas las categorías de peso de halterofilia, en nuestro caso desde – 49 kg a – 76 kg, para alcanzar el número mínimo de 10 deportistas, lo que ha podido aumentar la dispersión del grupo y diferenciarlo menos del resto de deportes a la hora del estudio comparativo.

Como líneas de investigación futuras nos planteamos realizar este estudio también en la muestra masculina de la población que controlamos en el mismo periodo, así como analizar el comportamiento de ambos sistemas en estudios longitudinales de los deportistas que acuden a nuestro centro desde la adolescencia hasta la madurez.

Conclusiones

De los parámetros analizados, el de mayor dispersión y que discrimina más de forma aislada a las modalidades deportivas analizadas es el índice métrico, importante además por ser el de mayor heredabilidad. El índice plásico relativo al tener en cuenta la estatura del sujeto podría ser más adecuado en los estudios comparativos entre modalidades. Tanto la valoración clásica del somatotipo de Heath – Carter como del sistema de Conrad, requieren de una actualización y adecuación a la población deportista para cada sexo, proponiendo los percentiles establecidos en este trabajo. Los dos sistemas de clasificación están correlacionados, pero no son equivalentes, pudiendo utilizar ambos para caracterizar la constitución física del deportista.

Conflicto de interés

El autor no declara conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Carter JEL, Heath BH. History of somatotyping. En: *Somatotyping - developmentand applications*. Cambridge. Cambridge University Press. 1990;1-26.
2. Raschka C. Körperbau und körperzusammensetzung (Sport-anthropologie) En: Raschka C, Nitsche L. *Praktische sportmedizin*. Stuttgart/New York. Thieme-Verlag; 2016;45-63.
3. Carter JEL, Heath BH. Sport and physical performance. En: *Somatotyping - developmentand applications*. Cambridge. Cambridge University Press. 1990;198-291.
4. Carter JEL, Marfell-Jones MJ. Somatotypes. En: Carter JE, Ackland TR. *Kinanthropometry in aquatic sports: a study of world class athletes*. Champaign Human Kinetics. 1994;55-82.
5. Pons V, Riera J, Galilea PA, Drobnic F, Banquells M, Ruiz O. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referencia del CAR de San Cugat, 1989-2013. *Apunts Sports Med*. 2015;50:65-72.
6. Carvajal W, León S, González ME, Deturnel Y, Echavarría I. Características antropológicas de la población deportiva cubana. Datos de referencia de los equipos nacionales de alto rendimiento, 1992–2014. *Apunts Sports Med*. 2018;53:129-37.
7. Raković A. Savanović V, Stanković D, Pavlović R, Simeonov A, Petković E. Analysis of the elite athletes' somatotypes. *Acta Kinesiol*. 9 2015;9: Suppl. 1:47-53.
8. Kenntner G, Buhl B, Menzel H. *Sport, lebensalter und gesundheit. Soziologische, leistungsbiographische, anthropometrische und medizinische untersuchungen an kraft-, ausdauer- und nichtsportlern im Seniorenalter*. Karlsruhe. Universität Karlsruhe. 2006;134-41.
9. Dogan C, Raschka C. Anthropometrical and sport constitutional comparison of German male soccer players and male students of sport sciences. *Papers on Anthropology XX*, 2011;78-92.
10. Fröhner G, Wagner, K. Körperbau und Sport unter betrachtung des körpergewichts. *Leistungssport*. 2002;32:S.33-40.
11. International standards for anthropometric assessment. International society for the advancement of kinanthropometry. Potchefstroom, South Africa; 2001.
12. Carter JEL. Somattotyping. En: Norton K, Olds T. *Anthropometrica*. Australia. UNSW Sydney NSW 2052. 1996;147-70.
13. Pérusse L, Leblanc C, Bouchard C. Inter-generation transmission of physical fitness in the Canadian population. *Can J Sport Sci*. 1988;13(1):8-14. PMID: 3359366.
14. Mészáros J, Zsidegh M, Ihász F, Mészáros Z, Tatár A, Prókai A, *et al*. Physique, body fat content and motor performance in twins. *Rev Portug Cien Desport*. 2003:3(2):124-7.
15. Canda A. Perfil antropométrico del gimnasta desde la infancia hasta la madurez deportiva: reporte de 2 casos. *Arch Med Deporte*. 2016;33:375-81.
16. Canda A. Variables antropométricas en la población deportista española. Colección ICD investigación en Ciencias del Deporte. nº60. Servicio de Documentación y Publicaciones. Subdirección General de Deporte y Salud. Madrid. 2012;232.