

Técnicas multivariantes de clasificación: una herramienta para el estudio de la forma corporal en futbolistas

FLORES ESTEVES Z., RODRÍGUEZ BERMÚDEZ A., BRITO P., PEÑA R. Y GARCÍA P.

Unidad Rendimiento Humano, Deporte y Salud, Instituto de Investigaciones “Rodolfo Quintero”
Universidad Central de Venezuela.

Rev. Esp. Antrop. Fís. (2011) **32**: 67-75

Aceptado : 18 marzo 2011

Palabras clave: métodos estadísticos multivariantes, análisis de clasificación jerárquica, somatotipo, futbolistas

Las técnicas estadísticas empleadas para estudiar las variaciones en la forma corporal no han sido del todo eficientes para analizar las diferencias presentes entre individuos que practican una disciplina deportiva específica, siendo esto relevante en tanto la relación entre morfología y performance ha sido reportada en numerosas investigaciones. En ese sentido, el propósito de este trabajo fue explorar las potencialidades de las técnicas multivariantes de clasificación en el estudio de la forma corporal humana. Para ilustrar el procedimiento, se empleó una muestra de 55 futbolistas de élite venezolanos, considerando su posición de juego. Los resultados indicaron que este factor contribuyó significativamente a la explicación de la variabilidad presente en todos los componentes, aunque al evaluar las diferencias promedio de cada componente por posición, resultó que éstas se debieron fundamentalmente al componente ectomorfo. Ello no se correspondió con lo obtenido en el análisis descriptivo preliminar ni con las categorías somatotípicas asignadas. El análisis de conglomerados posterior permitió distinguir grupos de individuos con características morfológicas y variabilidad similares, lo que supone una mejora metodológica en relación con los procedimientos tradicionales.

© 2011 Sociedad Española de Antropología Física

Introducción

La práctica deportiva orientada hacia la alta competición se caracteriza por el fuerte entrenamiento al que deben estar sometidos los deportistas durante largos períodos de tiempo, siendo necesarios varios años para lograr resultados satisfactorios (Rodríguez, 2006). En este contexto, la adaptación de los deportistas a estas demandas del entrenamiento está orientada a la obtención de una forma y composición corporal específica, lo que se conoce como optimización morfológica (Norton et al., 2000).

De este modo, se puede afirmar que cada disciplina deportiva requiere de ciertas estructuras, proporciones y silueta para lograr buenos resultados y tales requerimientos, llevan a que la variabilidad en el físico del colectivo practicante sea inversamente proporcional al nivel deportivo. Es decir, en la medida en que aumenta la exigencia, la variación entre los morfotipos de los atletas tiende a reducirse, ya que la morfología se hace más homogénea entre los grupos de élite (García, 2006; Carter, 1990).

Sin embargo, en la mayoría de los deportes de conjunto, el análisis de la variabilidad de los morfotipos supone una mayor complejidad, dado que también es necesario considerar que su desarrollo es debido a la función o *rol* a desempeñar en el campo de juego. De este modo, podemos suponer que la variabilidad morfológica presente en un grupo de practicantes de una determinada

disciplina deportiva de conjunto, aún cuando éstos sean de muy alto nivel, no responde en abstracto al criterio de optimización morfológica, sino que dicha optimización ocurre entre los deportistas que cumplen una función similar dentro del campo.

Así por ejemplo, en el caso del fútbol se puede apreciar una clara definición de funciones de cada uno de los participantes, las cuales requieren destrezas tácticas y niveles de esfuerzo distintos. En este orden de ideas y apoyando la tesis de la optimización morfológica de acuerdo con la función desempeñada, Rienzi y Reilly (1998) plantean que en este deporte existe una estrecha vinculación entre el perfil somático del jugador, la posición de juego y su *performance*. De esta manera, pareciera que todo análisis de la forma corporal realizado sobre este tipo de practicantes, debería llevarse a cabo estudiando la variabilidad morfológica presente en los grupos de deportistas que ejercen funciones similares dentro del equipo.

Por otra parte, entre los métodos disponibles para analizar la forma corporal humana, es pertinente destacar que el somatotipo antropométrico de Heath-Carter ha contribuido en el ámbito futbolístico a comprender la relación morfológica/rendimiento del atleta (Carter et al., 1998; Mazza y Zubeldía, 2003). No obstante, en muchas ocasiones los resultados de estas investigaciones pierden fuerza al no poder interpretarse adecuadamente y, en consecuencia, resultan de poca utilidad en la orientación de la selección y entrenamiento deportivo. Ello parece deberse fundamentalmente a dos factores de índole metodológica fuertemente vinculados entre sí: a) Dejar de considerar el somatotipo como un todo y b) No profundizar en el análisis y explicación de la variabilidad morfológica presente en los grupos estudiados, así como en sus implicaciones en la práctica deportiva.

En primer lugar, conviene señalar que hay propuestas concretas que permiten solventar estadísticamente el problema de separar la información contenida en los componentes y con ello romper la unidad conceptual que representa el somatotipo. Entre estas técnicas estadísticas, puede destacarse el análisis discriminante propuesto originalmente por Fisher (1936) que, en su concepción, está dirigido a encontrar combinaciones lineales de variables que maximicen la separación entre grupos. En virtud de esta propiedad, este análisis discriminante ha sido adoptado por distintos autores como la estrategia más adecuada para analizar estadísticamente el somatotipo (Carter et al., 1995; Duquet y Carter, 2001). Previamente, (ver Carter et al., 1983), se habían sistematizado los procedimientos estadísticos empleados para analizar datos somatotípicos los cuales, para aquél momento, ignoraban el carácter trivariante del mismo, realizando comparaciones medias a partir de procedimientos estadísticos univariantes. Una temprana crítica a este proceder fue formulada por otros autores (Cressie et al., 1986), sugiriendo reemplazar estas técnicas univariantes por otras multivariantes. La elección del grupo de Carter fue optar por el análisis discriminante.

En segundo lugar y partiendo de lo anterior, aún cuando bajo ese enfoque, se asume *a priori* que las agrupaciones derivadas de la aplicación de un análisis discriminante representarán grupos de individuos con morfotipos claramente diferenciados entre sí. Lo cierto es que ello depende enormemente no sólo del criterio utilizado para la asignación de los individuos a los grupos (Peña, 2001), sino que supone adicionalmente que dicha agrupación es lo suficientemente homogénea como para que sus integrantes tengan un mismo morfotipo o, en el peor de los casos, morfotipos similares. Este supuesto es difícil de satisfacer, aún estudiando deportistas del más alto nivel.

No obstante, estas observaciones no se formulan con el interés de discutir la optimización morfológica, sino la pertinencia metodológica de las estrategias de análisis estadístico utilizado, debido a las consecuencias desde el punto de vista de la utilidad de los resultados que supone la aplicación inapropiada de una cierta estrategia de análisis. En virtud de lo antes expuesto, esta investigación se propuso explorar las potencialidades de las técnicas multivariantes de clasificación en el estudio de la forma corporal humana, siguiendo la propuesta de Flores et al. (2006). Para ilustrar el procedimiento, se empleó una muestra de 55 futbolistas élite venezolanos, considerando su posición de juego.

Material y Métodos

La muestra del estudio estuvo constituida por 55 futbolistas elite venezolanos de sexo masculino, con una edad promedio de 18,09 años, que a su vez conformaban las selecciones nacionales para las categorías Sub-17, Sub-20 y Sub-23 para el año 2007. A efectos del análisis, la muestra se dividió inicialmente en $n_1=5$ arqueros, $n_2=14$ defensas, $n_3= 25$ mediocampistas y $n_4=11$ delanteros.

Se tomaron las siguientes variables: masa corporal, estatura, cuatro panículos adiposos (tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla), dos anchuras óseas (húmero y fémur), dos perímetros (brazo flexionado y pantorrilla), siguiendo protocolo propuesto por ISAK (2001).

Los componentes del somatotipo Heath-Carter se estimaron a partir de las ecuaciones de regresión propuestas por Rempel (1994), debido a que en su construcción presentan notables mejoras en relación con las elaboradas anteriormente por Carter, no sólo en cuanto a su estructura funcional sino también en lo relativo a los ajustes proporcionales de los componentes por la estatura (Brito et al., 2002). Bajo este enfoque, estos se estimaron como sigue:

1. Endomorfia:

$$\text{Endomorfia} = \left[3.269 \left(\ln \left(\sum 4\text{PA} (170.18/\text{Estatura}(\text{cm})) \right) \right) \right] - 8.584$$

donde: $\sum 4\text{PA}$ es la suma de los valores de los panículos adiposos del tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla media.

2. Mesomorfia:

$$\text{Mesomorfia} = \left[(170.18/\text{estatura}(\text{cm})) \left((0.1968\text{PBFc}) + (0.1681\text{PPc}) + (0.8973\text{AH}) + (0.6291\text{AF}) \right) \right] - 18.84$$

donde: AH: Anchura biepicondilar del húmero AF: Anchura bicondilar del fémur

PBFc: Perímetro del brazo flexionado corregido

PPc: Perímetro de la pantorrilla corregido E = Estatura

Siendo los perímetros corregidos:

PBFc = Perímetro del brazo (cm) - (Panículo del tríceps (mm) / 10)

PPc = Perímetro de la pantorrilla (cm) - (Panículo de la pantorrilla media (mm) / 10)

3. Ectomorfia:

$$\text{Ectomorfia} = 0.7325\text{IP} - 28.58$$

donde:

$$\text{IP} = \frac{\text{Estatura}(\text{cm})}{\sqrt[3]{\text{Masa corporal}(\text{Kg})}}$$

En todos los casos los resultados se redondearon tal y como lo sugiere Carter (2000).

Análisis estadístico

El análisis de los datos somatotípicos se realizó siguiendo el esquema propuesto por Flores et al. (2006):

En una primera fase, las caracterizaciones de los componentes se realizaron a partir de estadísticos descriptivos simples y diagramas de cajas múltiples (Hoaglin et al., 1983) para cada componente, de acuerdo con la posición de

juego. Posteriormente, se clasificaron los individuos en cada posición de acuerdo con las categorías somatotípicas propuestas por Carter y Heath (1990). Las diferencias promedio interposiciones se estudiaron empleando un Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) de una vía (Rencher, 1998; 2002), el cual permite probar la hipótesis de igualdad entre somatotipos permitiendo considerarlos, por una parte, como vectores en el triespacio y, por la otra, controlando el nivel de significación al realizar las comparaciones entre pares de medias a través de un ajuste adecuado sobre α (Cressie et al., 1986; Rencher, 1998). Previo a la aplicación del MANOVA, se empleó el contraste M de Box para la igualdad de matrices de varianzas y covarianzas.

La segunda fase del análisis contempló la aplicación de técnicas exploratorias multivariantes de clasificación (Análisis de conglomerados jerárquicos, ACJ), con el objeto de conformar grupos morfológicamente similares, garantizando que la varianza intergrupos sea máxima y la varianza intragrupos mínima (Everitt, 1993; Rencher, 1998 y Peña, 2001). Finalmente, las diferencias entre los promedios de los conglomerados se estudiaron de nuevo con una prueba MANOVA. Previo a la aplicación de los contrastes de igualdad entre medias somatotípicas, se verificó el supuesto de homocedasticidad uni y multivariante a través de los contrastes M de Box y de Levene (Rencher, 1998). El procesamiento se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 15.0. Para el rechazo de las respectivas hipótesis, se empleó el criterio: Valor $p < 0,05$.

Resultados

Descripción de la forma de acuerdo con la posición de juego

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la estadística descriptiva simple para los componentes del somatotipo según la posición de juego, en la muestra de futbolistas analizada. Todos los grupos presentaron un predominio del componente mesomórfico. Sin embargo, los arqueros y delanteros fue-

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los componentes del somatotipo por posición de juego.

Posición de juego	Endomorfia		Mesomorfia		Ectomorfia	
	\bar{X}	d.s.	\bar{X}	d.s.	\bar{X}	d.s.
Arqueros	3,5	0,67	5,3	0,48	1,7	0,58
Defensas	2,3	0,70	4,4	1,03	2,8	0,98
Mediocampistas	2,4	0,85	4,7	0,74	2,8	0,72
Delanteros	2,8	1,04	5,4	0,63	1,9	0,89

Tabla 2. Frecuencias correspondientes a las categorías somatotípicas según posición de juego.

Posición de juego	Categoría somatotípica	Frecuencia	%
Arqueros	Meso-endomórfico	4	80,0
	Mesomorfo balanceado	1	20,0
		5	100,0
Defensas	Meso-endomórfico	2	15,4
	Mesomorfo balanceado	6	46,2
	Ecto-mesomórfico	2	15,4
	Meso-ectomórfico	3	23,1
		13	100,0
Mediocampistas	Meso-endomórfico	6	24,0
	Mesomorfo balanceado	6	24,0
	Meso-ectomórfico	5	20,0
	Central	1	4,0
	Ectomorfo-mesomorfo	4	16,0
	Ectomorfo balanceado	1	4,0
	Endomorfo-mesomorfo	1	4,0
	Meso-endomórfico	1	4,0
		25	100,0
Delanteros	Meso-endomórfico	7	58,3
	Mesomorfo balanceado	4	33,3
	Ectomorfo-mesomorfo	1	8,4
		12	100,0

ron meso-endomórficos (3,5-5,3-1,7 y 2,8-5,4-1,9 respectivamente), mientras que defensas y mediocampistas se ubicaron en la categoría mesomorfo balanceado (2,3-4,4-2,8 y 2,4-4,7-2,8). Por otra parte, en términos absolutos, la dispersión apreciada en los tres componentes somatotípicos para los jugadores de todas las posiciones, no excedió la unidad, con excepción de la mesomorfia en los defensas.

Análisis de las categorías somatotípicas y diferencias en somatotipos medios, considerando la posición de juego

Al analizar las categorías somatotípicas de los futbolistas según la posición de juego (Tabla 2), se encontró que los defensas y mediocampistas exhibieron poca homogeneidad morfológica, particularmente estos últimos, en quienes no se evidenció predominio en ninguna de las 8 categorías reportadas. No obstante, la mayor cantidad de individuos dentro de este grupo se ubicó en las categorías: meso-endomórfico y mesomorfo balanceado, con 24% cada una, seguidas de meso-ectomórfico (20%) y ectomorfo-mesomorfo (16%). En contraste con los mediocampistas, los arqueros parecen tener la mayor similitud en la forma corporal estimada en términos del somatotipo. En este segmento de jugadores, el 80% se catalogó como meso-endomórfico y el 20% restante como mesomorfo balanceado.

La Tabla 3 muestra el efecto multivariante de la posición de juego sobre los componentes somatotípicos. El estadístico Λ de Wilks muestra diferencias multivariantes en los morfotipos medios ($p < 0,05$). Sin embargo, cuando se explora la naturaleza de tales diferencias, aunque inicialmente se esperan en los tres componentes, finalmente sólo es posible apreciarlas en la mesomorfia entre defensas y delanteros, mientras que para la ectomorfia, los delanteros se diferenciaron de los centrocampistas y defensas.

Tabla 3. Diferencias multivariantes en los somatotipos medios, de acuerdo con la posición de juego.

Fuente de variación	Λ de Wilks	Valor p	Componente	F	Valor p
Intercepto	0,004*	0,000	Endomorfia	419,668*	0,000
			Mesomorfia	1582,398*	0,000
			Ectomorfia	317,552*	0,000
Posición de juego	0,672*	0,000	Endomorfia	2,940*	0,042
			Mesomorfia	3,945*	0,013
			Ectomorfia	6,077*	0,001

*Indica diferencias entre los somatotipos medios, Valor p < 0,05

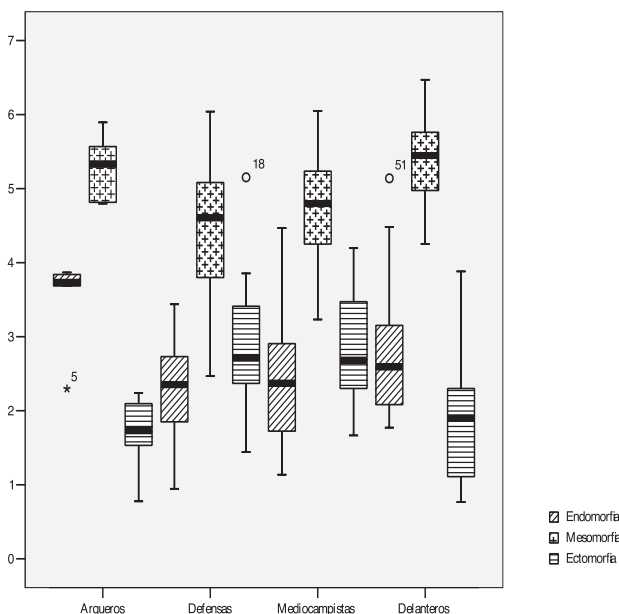


Figura 1. Diagrama de cajas múltiples de los somatotipos en la muestra de futbolistas de acuerdo con la posición de juego.

Agrupación alternativa por conglomerados

La Tabla 5 muestra los resultados del ACJ. Se conformaron tres grupos de individuos morfológicamente bien diferenciados, que presentaron somatotipos medios: 2,1-5,1-2,5 (mesomorfo balanceado), 3,4-5,2-1,8 (meso-endomórfico) y 1,9-3,5-3,8 (ectomorfo-mesomorfo), respectivamente. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en todos los componentes, particularmente en la ectomorfía, donde los tres conglomerados se diferenciaron entre sí. Por su parte, la endomorfía del conglomerado dos, se diferenció del resto y en la mesomorfía, se presentó una situación similar pero con el conglomerado tres respecto del uno y el dos.

Discusión

Aún cuando en promedio pareciera existir cierta similitud morfológica entre arqueros-delanteros y defensas-mediocampistas, son apreciables las diferencias en la variabilidad intra e interposición presentes (Figura 1), la cual es notablemente marcada en el componente endomorfo de los arqueros respecto de los jugadores de otras posiciones, al presentar los primeros mayor homogeneidad. Asimismo, los defensas y mediocampistas que resultaron en promedio muy similares, muestran dispersiones bastante diferentes, particularmente para el segundo componente.

Estudios previos realizados en distintas poblaciones de futbolistas (Carter et al., 1998; Mazza y Zubeldía, 2003) indican que se espera encontrar una variación morfológica menor por posición de juego, en la medida

Tabla 4. Medias estimadas y comparaciones múltiples por posición de juego.

Componentes		\bar{X}	EEE	Comparaciones múltiples			
				Arq.	Def.	Mc.	Del.
Endomorfía	Arqueros	3,5	0,38	Arq.	N.S	N.S	N.S
	Defensas	2,3	0,24	Def.	N.S	N.S	N.S
	Mediocampistas	2,4	0,17	Mc.	N.S	N.S	N.S
	Delanteros	2,8	0,25	Del.	N.S	N.S	N.S
Mesomorfía	Arqueros	5,3	0,35	Arq.	N.S	N.S	*
	Defensas	4,4	0,22	Def.	N.S	N.S	N.S
	Mediocampistas	4,7	0,16	Mc.	N.S	N.S	N.S
	Delanteros	5,4	0,23	Del.	N.S	*	N.S
Ectomorfía	Arqueros	1,7	0,37	Arq.	N.S	*	N.S
	Defensas	2,8	0,23	Def.	N.S	N.S	*
	Mediocampistas	2,8	0,16	Mc.	*	N.S	*
	Delanteros	1,9	0,24	Del.	N.S	*	*

\bar{X} : Media aritmética estimada, EEE: Error estándar de estimación

* Muestra diferencias estadísticamente significativas entre los conglomerados, p < 0,05

N.S.: No se encontraron evidencias de diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los componentes según la posición de juego

Tabla 5. Centroides de los conglomerados en la muestra de futbolistas.

	Endomorfía		Mesomorfía		Ectomorfía	
	\bar{X}	D.S.	\bar{X}	D.S.	\bar{X}	D.S.
Conglomerado 1 (n=23)	2,1	0,47	5,1	0,45	2,5	0,49
Conglomerado 2 (n=21)	3,4	0,69	5,2	0,63	1,8	0,63
Conglomerado 3 (n=11)	1,9	0,59	3,5	0,52	3,8	0,52

\bar{X} : Media aritmética, D.S.: Desviación estándar

Tabla 6. Diferencias multivariantes en los somatotipos medios, de acuerdo con el conglomerado.

Fuente de variación	Λ de Wilks	p-valor	Componente	F	Valor p
Intercepto	0,003*	0,000	Endomorfía	894,729	0,000
			Mesomorfía	3622,817*	0,000
			Ectomorfía	1192,616*	0,000
Conglomerado	0,163*	0,000	Endomorfía	37,237*	0,000
			Mesomorfía	40,909*	0,000
			Ectomorfía	48,991*	0,000

*Indica diferencias entre los somatotipos medios, Valor p <0,05

que el nivel de competencia es mayor, con un somatotipo medio tendiente a asumir valores que se corresponden con la categoría mesomorfo balanceado, con excepción del grupo de los arqueros, ligeramente más endomórficos que el resto. Esta tendencia, en líneas generales, está presente en el grupo de futbolistas evaluados, con excepción de los delanteros, quienes muestran un morfotipo similar al de los arqueros.

Por su parte, Carter et al. (1998) reportaron que los resultados de los análisis discriminante aplicados en la muestra de futbolistas suramericanos de élite, sugerían distinciones entre las diferentes posiciones; aunque no lograron construir a partir de estos datos, funciones que produjeran la máxima separación morfológica entre los jugadores de las distintas posiciones, indicando una débil diferenciación de los arqueros respecto del resto y una superposición parcial de los somatotipos de centrales y delanteros.

Lo anterior parece indicar que el no poder conseguir funciones discriminantes que maximicen de forma satisfactoria la separación en cuanto a la forma

corporal, podría deberse a un enmascaramiento de la variabilidad real de los componentes del somatotipo al ser analizados por los métodos hasta ahora empleados, situación que quedó evidenciada también en nuestra investigación al analizar las categorías somatotípicas presentes, así como las diferencias en los somatotipos medios de los jugadores en cada una de las posiciones.

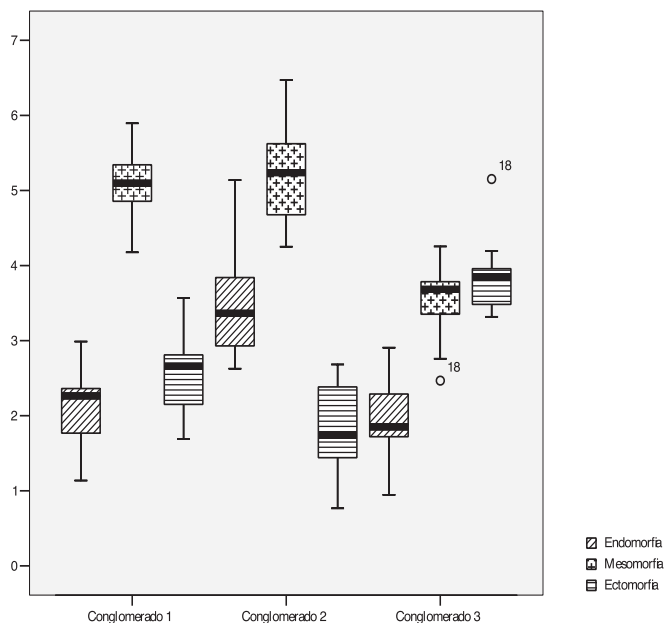


Figura 2. Diagrama de cajas múltiples de los componentes del somatotipo de acuerdo con el procedimiento de conglomeración.

Tabla 7. Medias estimadas y comparaciones múltiples por posición de juego.

Componentes		\bar{X}	EEE	Comparaciones múltiples		
				C1	C2	C3
Endomorfia	Conglomerado1	2,1	0,12	C1	*	N.S
	Conglomerado2	3,4	0,13	C2	*	*
	Conglomerado3	1,9	0,18	C3	N.S	*
Mesomorfia	Conglomerado 1	5,1	0,11	C1	C1	C2
	Conglomerado 2	5,2	0,12	C2	N.S	N.S
	Conglomerado 3	3,5	0,16	C3	*	*
Ectomorfia	Conglomerado 1	2,5	0,12	C1	C1	C2
	Conglomerado 2	1,8	0,12	C2	*	*
	Conglomerado 3	3,8	0,17	C3	*	*

\bar{X} : Media aritmética estimada, EEE: Error estándar de estimación

*Muestra diferencias estadísticamente significativas entre los conglomerados, $p < 0,05$

N.S.: No se encontraron evidencias de diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los componentes por conglomerado

Este posible enmascaramiento de la variabilidad nos llevó a intentar buscar diferenciaciones morfológicas a partir de técnicas para conformar grupos de individuos con capacidad de presentar similitud morfológica intergrupala y adecuada diferenciación intragrupos, como las basadas en conglomerados jerárquicos que, a pesar de ser de carácter exploratorio, sugieren las agrupaciones a partir de los mismos datos, sin asumir como homogénea ninguna categoría de análisis a priori, en concordancia con lo planteado por Flores et al. (2006).

Los resultados obtenidos con estos procedimientos mostraron tres categorías morfológicamente bien diferenciadas, pero similares en cuanto a la variación interna observada (Figura 2), lo que permite realizar comparaciones grupales directas. Los somatotipos medios encontrados para cada uno de los conglomerados se clasificaron en las categorías mesomorfo balanceado (2,1-5,1-2,5), meso-endomórfico (3,4-5,2-1,8) y ectomorfo-mesomorfo (1,9-3,5-3,8), lo cual indicaría una variación morfológica importante entre los futbolistas evaluados, situación que no habría podido evidenciarse de haber seguido el camino propuesto por Carter et al. (1984) y Duquet y Carter (2001).

Aunque no se realizó el análisis de la variabilidad endógena dentro de cada conglomerado en cuanto a las posiciones de juego y las categorías somatotípicas, debido a que no se contempló en los objetivos de este trabajo, los resultados obtenidos en la investigación permiten sugerir que se apreciaría un comportamiento más homogéneo que el que es posible observar a partir de la estrategia de análisis de Duquet y Carter (2001), centrado en grupos construidos a partir de análisis discriminante y categorías somatotípicas, que aún cuando representan una valiosa forma de interpretación inicial, emplearlos sin reparar en las diferencias morfológicas que presentan deportistas que pertenecen a una misma categoría, puede conducir a errores de interpretación con consecuencias importantes, particularmente si se trata de grupos de deportistas de alto nivel, donde cambios pequeños en la morfología, suponen alteraciones visibles en el desempeño.

Agradecimientos

A los futbolistas integrantes de las selecciones nacionales Sub-17, Sub-20 y Sub-23, por su valiosa colaboración, a los revisores por sus comentarios y al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, por el financiamiento otorgado a través del proyecto de investigación N° PI 05-00-6742-2007.

Bibliografía

- BRITO P., GARCÍA AVENDAÑO P., RODRÍGUEZ A., FLORES Z., RONDÓN R. y VIRLA AE (2002) Análisis comparativo de la aplicabilidad de las ecuaciones Rempel para evaluar el somatotipo de jóvenes deportistas venezolanos. *Rev. Esp. Antropol. Fís.*, 23: 33-42.
- BRITO P. y GARCÍA P. (2005) Biotopología y somatotipo: Una aproximación. Colección con fines docentes, N° 26. Ediciones CODEX-FaCES-UCV. Caracas. 68 pp.
- CARTER JEL. (1994) Factores morfológicos que limitan la performance humana. *Actualización en Ciencias del Deporte*, 2(6): 55-64.
- CARTER JEL. (2000) The anthropometric Heath-Carter somatotype method. En *Anthropometry Illustrated: A browser based interactive textbook and learnig system*. Eds. Ross, W, Carr R y Carter J. [CD-Rom] Turpike Electronic Publications Inc. – The Human Animal Series, Vol. 1.
- CARTER JEL., ACKLAND TA., KERR DA. y STAPFF AB. (2005) Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 23(10): 1057-1063.
- CARTER JEL. y HEATH B. (1990) *Somatotyping: Development and applications*. Cambridge University Press, Wiltshire. 524 pp.
- CARTER JEL., RIENZI E., GOMES P. y MARTIN A. (1998) Somatotipo y tamaño corporal. En: *Futbolista sudamericano de elite: Morfología, análisis del juego y performance*. Eds. Rienzi E y Mazza J. Editorial Byosystem, Rosario. pp: 64-77.
- CARTER JEL., ROSS WD., DUQUET W. y AUBRY SP. (1983) Advances in somatotype methodology and analysis. *Yearbk. Phys. Anthropol.*, 26: 193-213.

- CRESSIE NAC., WITHERS RT. y CRAIG NP. (1986) The Statistical Analysis of Somatotype Data. *Yrbk. Phys. Anthropol.*, 29: 197-208.
- DUQUET W. y CARTER JEL. (2001) Somatotyping. En: *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Test, Procedures and Data. Volume 1: Anthropometry* Eds. Eston RG y Reilly T. Londres. pp: 35-50.
- DRUST B., REILLY T. y RIENZI E. (1998) Análisis de la prestación física y de la performance en futbolistas sudamericanos de elite. En: *Futbolista sudamericano de elite: Morfología, análisis del juego y performance*. Eds. Rienzi E y Mazza J. Editorial Byosystem, Rosario. pp: 89-101.
- EVERITT BS. (1993) *Cluster Analysis*. Halsted Press-John Wiley & Sons. Nueva York. 170 pp.
- FISHER RA. (1936) The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7: 179-188.
- FLORES Z., RODRÍGUEZ A., BRITO P. y GARCÍA P. (2006) The statistical analysis of somatotype data: a methodological discussion. *Biom. Hum. et Anthropol.*, 24(1/2): 55-64.
- GARCÍA P. (2006) La antropología aplicada al deporte de alto rendimiento. En: *Introducción a la investigación bioantropológica en actividad física, deporte y salud*. (Comp.) García P. Ediciones UCV/CDCH/FaCES, Caracas. pp: 77-110.
- HOAGLIN DC., MOSTELLER F. y TUKEY JW. (EDS.) (1983) *Understanding Exploratory and Robust Data Analysis*. John Wiley & Sons. Nueva York. 472 pp.
- LÓPEZ P. y TOUS J. (COORDS.) (2006) *Manual de educación física y deportes: Técnicas y actividades prácticas*. Ed. Océano, España. 607 pp.
- MARTIN A., CARTER J. y GOMES P. (1998) Composición corporal. En: *Futbolista sudamericano de elite: Morfología, análisis del juego y performance*. Eds. Rienzi E y Mazza J. Editorial Byosystem, Rosario. pp: 78- 88.
- MAZZA O. y ZUBELDÍA G. (2003) Características antropométricas y funcionales en Futbolistas de 14 a 15 años pertenecientes a Racing Club [Artículo en línea]. Consultado el 14 de junio 2007 en: www.sobreenentrenamiento.com/Publico/Articulo.asp?ida=215
- MÉNDEZ B. (1981) Los atletas venezolanos su tipo físico. Ediciones FaCES/UCV. Caracas. 198 pp.
- NORTON K., OLDS T., OLIVE S. y CRAIG N. (2000) Antropometría y performance deportiva. En: *Antropometría*. Eds. Norton K y Olds T. Editorial Biosystem, Rosario. pp: 263-326.
- PEÑA D. (2001) *Análisis estadístico multivariante*. Interamericana-Mc. Graw Hill. Madrid. 529 pp.
- REMPPEL R. (1994) *A modified somatotype assessment methodology*. MSc Thesis, Simon Fraser University [Documento en línea]. Consultado el 01 de marzo de 2010 en: <http://ir.lib.sfu.ca/bitstream/1892/6574/1/b14879268.pdf>
- RENCHER AC. (1998) *Multivariate statistical inference and its applications*. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York. 559 pp.
- RENCHER AC. (2002) *Methods of Multivariate Analysis*. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons. Nueva York. 739 pp.
- RIENZI E. y REILLY T. (1998) El proyecto de investigación cineantropométrico en el fútbol (Soccer Kinanthropometric Project I), en la Copa America de Fútbol, Uruguay 1995: Antecedentes. En: *Futbolista sudamericano de elite: Morfología, análisis del juego y performance*. Eds. Rienzi E y Mazza J. Editorial Byosystem, Rosario. pp: 1-11.
- RODRÍGUEZ A. (2006) El niño y la selección de talentos deportivos para la alta competencia. En: *Introducción a la investigación bioantropológica en actividad física, deporte y salud*. (Comp.) García P. Ediciones UCV/CDCH/FaCES, Caracas. pp: 111-140.

Abstract

The statistical techniques used to study variations in body shape have not been entirely effective to analyze the differences present among individuals who practice a specific sport, this being important as the relationship between morphology and performance has been reported in several investigations. In that sense, the purpose of this study was to explore the potential of multivariate classification techniques in the study of human body shape. To illustrate this, we used a sample of 55 Venezuelan elite players, considering their position in the game. The results indicated that this factor contributed significantly to the explanation of the variability present in all components, but to assess the mean differences of each component position was that these were due mainly to the ectomorph component. This did not correspond with the findings in the preliminary descriptive analysis and the somatotype assigned categories. Subsequent cluster analysis allowed us to distinguish groups of individuals with similar morphological features and variability, which represents a methodological improvement in relation to traditional methods.

Key words: multivariate statistical methods, hierarchical classification analysis, somatotype, soccer players

Multivariate clustering techniques: a tool to assess the body shape in soccer players