

Evolución morfológica de boxeadores superpesados cubanos, 1976-2014

Wiliam Carvajal Veitía¹, Sofía Alberta León Pérez¹, María Elena González Revuelta¹, Yanel Deturnel Campo²

¹Sudirección de Docencia e Investigaciones. Instituto de Medicina del Deporte. La Habana. Cuba. Red Iberoamericana de Investigadores en Antropometría Aplicada. ²Subdirección de Docencia e Investigaciones. Instituto de Medicina del Deporte. La Habana. Cuba. ³Departamento de Cineantropometría. Instituto de Medicina del Deporte. La Habana. Cuba

doi: 10.18176/archmeddeporte.00056

Recibido: 01/09/2020
Aceptado: 12/05/2021

Resumen

Objetivo: Evaluar los cambios morfológicos de boxeadores superpesados cubanos, más y menos exitosos, a través del período 1976-2014.

Material y método: Treinta boxeadores superpesados, los cuales fueron miembros de las selecciones nacionales de Cuba en el período 1976-2014 fueron comparados; la estrategia consistió en separar el grupo en los períodos 1976-1989, 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2014. Se registraron 16 dimensiones antropométricas (peso, estatura, estatura sentada, seis pliegues adiposos, cinco perímetros y dos diámetros óseos), a partir de las cuales fue obtenida la composición corporal y el somatotipo. Las comparaciones fueron realizadas aplicando un Análisis de varianza (ANOVA). Fue empleado el análisis de conglomerado basado en la distancia euclidiana con el objetivo de evaluar la correspondencia entre el desarrollo físico y el resultado deportivo. Un análisis discriminante fue realizado con el objetivo de analizar la contribución de las variables antropométricas a la varianza de los diferentes clústeres.

Resultados: La mayoría de las dimensiones antropométricas e indicadores mostraron diferencias significativas, repercutiendo en el aumento de la adiposidad, grasa corporal y la endomorfia ($p < 0,05$), así como la disminución de los indicadores dependientes de la estatura ($p < 0,05$). El análisis por conglomerados, así el estudio de las Distancias Migratorias del somatotipo arrojaron que los boxeadores medallistas olímpicos se diferenciaron en cuanto a las características de la composición corporal y en cuanto a la intensidad de los cambios del somatotipo en el período 1976-2014.

Conclusiones: El boxeador cubano de la categoría superpesado mostró un amplio rango de demandas morfológicas, pero estas se enmarcaron dentro de las tendencias internacionales de boxeadores profesionales. Los atributos morfológicos de los medallistas olímpicos se diferenciaron entre sí, y del resto de los boxeadores investigados a través del tiempo. Estos resultados proporcionan datos antropométricos de elevado valor científico, tanto para la selección, como para el control médico del entrenamiento.

Palabras clave:
Antropometría.
Composición Corporal.
Somatotipo. Boxeo.

Morphological evolution of cuban heavy weight boxers, 1976-2014

Summary

Objective: To evaluate the morphological changes of Cuban super heavyweight boxers, more and less successful, through the period 1976-2014.

Material and method: Thirty super heavy boxers, who were members of the Cuban national teams in the period 1976-2014, were compared; The strategy consisted of separating the group in the periods 1976-1989, 1990-1999, 2000-2009 and 2010-2014. Sixteen anthropometric dimensions were recorded (weight, height, sitting height, six skinfold thickness, five girths and two breadths), from which the body composition and the somatotype were obtained. The data were analyzed applying the Analysis of variance (ANOVA). The conglomerate analysis based on the Euclidean distance was used in order to evaluate the correspondence between physical development and sports performance. A discriminant analysis was carried out in order to analyze the contribution of the anthropometrical variables to the variance of different clusters.

Results: Most of the anthropometric dimensions and indicators showed significant differences, having an impact on the increase in adiposity, body fat and endomorphy ($p < 0,05$), as well as the decrease in the indicators dependent on height ($p < 0,05$). The analysis by conglomerates, as well as the study of the Migratory Distances of the somatotype, showed that the Olympic medalist boxers differed in terms of the characteristics of body composition and in terms of the intensity of the somatotype changes in the period 1976-2014.

Conclusions: The Cuban boxer of the super heavyweight category showed a wide range of morphological demands, but these were framed within the international trends of professional boxers. The morphological attributes of the Olympic medalists differed from each other, and from the rest of the boxers investigated over time. These results provide anthropometric data of high scientific value, both for selection and for medical control of training.

Key words:
Anthropometry.
Body Composition.
Somatotype. Boxing.

Correspondencia: Wiliam Carvajal Veitía
E-mail: wiliam.carvajal@hotmail.com

Introducción

En las investigaciones realizadas en Cuba sobre boxeadores, basadas en bases de datos de más de 1.500 boxeadores participantes en competencias internacionales, el perfil antropométrico de estos quedó delimitado entre 7,7 y 15,2% de grasa corporal, una adiposidad inferior al canal percentilar IV para los boxeadores más exitosos, de 84,8 a 92,3% de masa libre de grasa, un somatotipo predominantemente mesoectomórfico o mesomórfico balanceado, así como un predominio relativo de las extremidades sobre el tronco¹⁻³.

Dentro del pugilismo, las investigaciones sobre características antropométricas en boxeadores superpesados son escasas, ya que por lo general en la mayoría de los estudios se hace un agrupamiento por conveniencia que incluyen a estos exponentes dentro de grupos muy heterogéneos de categorías competitivas que suelen ser las superiores a 81 kg^{1,4-8}.

El perfil morfológico del boxeador superpesado cubano pudiera constituir un modelo característico del pugilista exitoso en esta categoría competitiva. Este planteamiento se refuerza con el palmarés internacional alcanzado en el periodo 1972-2014, donde se contabilizan 10 títulos mundiales juveniles, 11 en Juegos Panamericanos, 9 campeonatos mundiales de mayores, así como 5 oros olímpicos de los 12 repartidos en olimpiadas desde 1972⁹.

Norton y un grupo de colaboradores evaluaron datos de otros autores y concluyeron que, en promedio, el campeón superpesado moderno es más alto y más pesado que sus predecesores de principios de siglo; sin embargo, han sugerido que las ventajas derivadas de una mayor potencia muscular absoluta en el golpeo, en los boxeadores más grandes, no son tan grandes como las desventajas en la velocidad y la agilidad¹⁰.

El alcance de la optimización morfológica es una fase superior del desarrollo deportivo que ha sido definida como: "alcance de una estructura física, somatotipo y composición corporal óptimos que permita mayor eficiencia en el desempeño deportivo"¹⁰; este fenómeno se enmarca dentro y a través de las generaciones, lo que evidencia que la morfología de los deportista es susceptible de perfeccionamiento cuando este transita a un nivel competitivo superior y con el desarrollo deportivo a través de las décadas, dando como resultado un nuevo modelo conceptual por evolución adaptativa para el control biomédico de la preparación del deportista¹¹.

El fenómeno de la evolución morfológica para boxeadores superpesados ha sido escasamente documentado en la literatura especializada, es por ello que el objetivo del presente trabajo es evaluar la evolución morfológica de boxeadores superpesados cubanos, más y menos exitosos, a través del período 1976-2014.

Material y método

Se trata de un estudio descriptivo, longitudinal y retrospectivo. Los boxeadores fueron evaluados en la etapa precompetitiva de la preparación.

Muestra

Un total de 30 boxeadores de la categoría superpesado de entre 20 y 29 años ($24,2 \pm 3,2$), pertenecientes a las selecciones nacionales de boxeo de Cuba. La edad deportiva de los mismos fue de entre 9 y 17 años ($13,2 \pm 4,0$). Fueron seleccionados solo aquellos con al menos una participación internacional entre los ciclos olímpicos contemplados entre 1976 y 2014. Los periodos comparados fueron: 1976-1989 ($n=6$), 1990-1999 ($n=7$), 2000-2009 ($n=7$) y 2010-2014 ($n=10$).

La muestra estuvo constituida por un 16,6% medallistas olímpicos, 16,7% campeones mundiales, 33,3% campeones panamericanos, 16,7% campeones mundiales juveniles. De los evaluados, el 56,6% ($n=17$) fueron boxeadores promedio(Pr.), sin palmarés relevante a nivel panamericano, mundial u olímpico.

Diseño experimental

El comité de ética del instituto de Medicina del Deporte de Cuba, aprobó el uso de los datos para el desarrollo del estudio debido a que para el desarrollo de esta investigación se respetaron los principios establecidos por la Declaración de Helsinki¹².

Las evaluaciones fueron efectuadas por el personal técnico del departamento de Cineantropometría del Instituto de Medicina del Deporte de Cuba, en el cual se encuentra el laboratorio nacional de referencia para el Avance en Cineantropometría.

Las dimensiones antropométricas seleccionadas fueron evaluadas acorde a la metodología utilizada en el Proyecto Antropológico de los Juegos Olímpicos de Montreal 1976 (MOGAP)¹³.

Las dimensiones evaluadas fueron: (1) peso corporal (kg), estatura (cm), estatura sentada (cm); (2) seis panículos adiposos (mm): tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pierna; (3) cinco perímetros (cm): tórax normal, cintura, brazo flexionado, muslo medio y pantorrilla medial; (4) dos diámetros óseos (cm): húmero y fémur. El equipamiento empleado incluyó la balanza (Detecto, USA) de 0,1 kg de precisión para la medición del peso corporal; un estadiómetro (Holtain, Reino Unido) de precisión 0,1 mm para efectuar la estatura y la estatura sentada; cuatro calibradores de panículos ($10\text{g}/\text{m}^3$) de precisión 0,2 mm (Holtain, Reino Unido); dos compases de espesor de precisión 1 mm para determinar los diámetros óseos y tres cintas métricas de 1 mm de precisión (Holtain, Reino Unido) para determinar los perímetros.

A partir de las dimensiones antropométricas obtenidas se determinó el índice de masa corporal (IMC) de cada pugilista mediante la fórmula: peso (kg)/estatura (m^2). Para el análisis de la composición corporal (CC), se utilizó la sumatoria de los seis panículos (mm), así como una ecuación de regresión obtenida de los datos de Withers y colaboradores de 1987. De la misma se obtuvo la densidad corporal, de la cual se derivaron el porcentaje de grasa, los kilogramos de grasa y los kg de masa corporal activa por consecuencia. El Índice de Sustancia Corporal Activa fue calculado a través de la fórmula: masa corporal activa/estatura (cm/g^3)¹⁴. La fórmula utilizada para la obtención de la de porcentaje de grasa a partir de la densidad corporal (DC) fue la siguiente¹³.

$$DC = 1,1026 - 0,00031 * (\text{Edad}) - 0,000036 * (\text{S6p})$$

$$R^2 = 0,738; \text{EEE} = 0,00579\text{g}/\text{cm}^3 \text{ y } 2,5\%;$$

Rango de aplicación: 15-39 años

Siendo S_6p la suma de los pliegues subescapular, tríceps, supraespinal, abdominal, muslo medio y pantorrilla. R^2 : coeficiente de determinación de la fórmula. EEE: Error Estándar del Estimado.

El análisis del somatotipo antropométrico de Heath-Carter incluyó la determinación de sus componentes, el somatoploteo de este en la somatocarta, así como la determinación de la Distancia Altitudinal del Somatotipo (DAS) y las Distancias Migratorias (DM), las cuales permitieron obtener la dispersión del somatotipo individual con respecto al grupo) y la intensidad de los cambios de este a través de las décadas¹⁵.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de los datos para calcular las medidas de tendencia central y de dispersión (media \pm desviación típica). También fueron obtenidas las cantidades relativas de las categorías del somatotipo.

La Distancia Altitudinal del Somatotipo fue convertida en la Media Altitudinal Somatotípica (MAS) a través del estimado de su promedio. Los estimados individuales de la Distancia Altitudinal del Somatotipo para el medallista olímpico de cada periodo fue comparado con la Media Altitudinal Somatotípica de su periodo.

Para cada variable, fue realizado un análisis de varianza (ANOVA) para verificar la hipótesis de igualdad de medias entre los periodos competitivos 1976-1989, 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2014. Para cada variable analizada fueron comprobados los supuestos de aleatoriedad, normalidad y de homogeneidad de varianza a través de las pruebas de rachas, Shapiro-Wilk y Levene respectivamente. La prueba robusta de Welch de comparación de medias fue empleada para analizar cinco variables donde la asunción de normalidad no se cumplió (estatura sentada, pliegue supraespinal, pliegue del muslo medio, adiposidad,

porcentaje de grasa). Las comparaciones múltiples de Bonferroni y Games-Howell fueron utilizadas para determinar la magnitud de las diferencias significativas entre los periodos competitivos.

Con el objetivo de evaluar la correspondencia entre el desarrollo físico y el resultado deportivo fue empleado el análisis de conglomerado, empleando el método de aglomeración de Ward y las distancias euclidianas como medida. El análisis incluyó las 16 dimensiones estudiadas, los indicadores de la composición corporal y el somatotipo. Para este proceder los deportistas fueron categorizados según su palmarés: boxeador promedio (Pr.), campeón panamericano (CP), medallista olímpico (MO), campeón olímpico (CO), campeón mundial juvenil (CMJ) y medallista mundial juvenil (MMJ).

Un análisis discriminante, con las puntuaciones de Ward como variable independiente, fue utilizado como técnica exploratoria para definir cuales variables contribuyeron más a la variabilidad entre los clústeres obtenidos. El método utilizado para este análisis fue el de inclusión por pasos.

El tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico IBM SPSS, versión 21.0 (Inc, Chicago, Illinois, Estados Unidos) para Windows. El nivel de significación fijado para todos los contrastes fue $p < 0,05$.

Resultados

La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas (media \pm desviación estándar) para las dimensiones antropométricas evaluadas y los resultados del análisis de varianza y la comparación múltiple *post hoc*.

De las 16 dimensiones antropométricas, solo seis mostraron diferencias significativas al contrastar los periodos estudiados. Los boxeadores estudiados fueron significativamente diferentes en estatura, pliegues

Tabla 1. Media y desviación típica (media \pm desviación típica) de las dimensiones antropométricas de los boxeadores superpesados por generaciones.

	1976-1989 (N=6)	1990-1999 (N=7)	2000-2009 N=7	2010-2014 N=10	Sig.	Prueba Post Hoc
Peso	100,7 \pm 5,2	103,0 \pm 7,1	104,4 \pm 8,6	104,9 \pm 8,5	0,160 ^{ns}	
Estatura	193,2 \pm 3,9	192,5 \pm 5,5	189,5 \pm 7,7	189,2 \pm 5,1	0,03*	A,B vs C,D
Estatura sentada	95,8 \pm 2,6	94,7 \pm 2,6	95,5 \pm 3,3	94,5 \pm 1,4	0,433 ^{ns}	
Panículos adiposos						
Subescapular	13,0 \pm 2,2	16,4 \pm 6,4	14,6 \pm 4,9	17,4 \pm 6,6	0,07 ^{ns}	
Tríceps	9,8 \pm 2,7	11,6 \pm 6,3	13,0 \pm 4,5	14,4 \pm 5,5	0,144 ^{ns}	
Supraespinal	9,8 \pm 2,6	11,0 \pm 5,7	11,6 \pm 4,6	12,6 \pm 6,0	0,04*	A vs B,C,D
Abdominal	13,4 \pm 4,3	18,2 \pm 9,9	16,6 \pm 3,4	25,0 \pm 11,7	0,02*	A vs B,D
Muslo medio	9,4 \pm 2,0	14,0 \pm 6,0	15,8 \pm 3,7	16,0 \pm 9,3	0,004*	A vs C
Pantorrilla medial	7,8 \pm 3,2	10,1 \pm 4,0	12,1 \pm 4,1	11,2 \pm 2,0	0,07 ^{ns}	
Perímetros						
Tórax normal	106,8 \pm 2,3	108,0 \pm 2,9	111,7 \pm 1,9	107,2 \pm 1,8	0,302 ^{ns}	
Brazo flexionado	37,6 \pm 1,11	38,2 \pm 1,50	39,0 \pm 2,6	37,9 \pm 1,2	0,421 ^{ns}	
Cintura	86,5 \pm 0,8	88,8 \pm 4,5	90,1 \pm 0,2	89,7 \pm 2,7	0,007*	A vs C, D
Muslo medio	58,9 \pm 1,7	60,9 \pm 2,9	63,9 \pm 4,2	56,6 \pm 5,6	0,04*	C vs A,B,D
Pierna media	40,6 \pm 2,8	41,0 \pm 3,4	41,9 \pm 5,1	41,4 \pm 4,3	0,715 ^{ns}	
Diámetros						
Húmero	7,5 \pm 0,90	7,7 \pm 0,64	7,6 \pm 0,63	7,6 \pm 0,61	0,976 ^{ns}	
Fémur	10,3 \pm 0,22	10,4 \pm 0,44	10,5 \pm 0,50	10,6 \pm 0,48	0,758 ^{ns}	

* $p < 0,05$; ^{ns}: $p > 0,05$; A:1976-1989; B:1990-1999; C:2010-2009; D:2010-2014

supraespinal, abdominal y muslo medio, circunferencias de la cintura y el muslo medio ($p < 0,05$).

La comparación múltiple *post hoc* reveló que los boxeadores del periodo 1976-1989 (A) tuvieron significativamente mayor estatura que los de los periodos 2000-2009 (C) y 2010-2014 (D); ellos también tuvieron menor pliegue supraespinal, abdominal, muslo medio y circunferencia de la cintura que los de los otros periodos competitivos ($p < 0,05$). Por su parte, la circunferencia del muslo fue solamente significativamente diferente del resto (A, B, D) en el periodo 2000-2009 (C).

La Tabla 2 muestra las características de la CC y el somatotipo en cada una de las etapas evaluadas, así como los resultados del análisis de varianza y la prueba *post hoc*.

Con la excepción del índice de masa corporal, la masa corporal activa y la mesomorfia, todos los indicadores mostraron diferencias significativas entre los periodos competitivos una vez efectuado el análisis de varianza ($p < 0,05$). A su vez, la comparación múltiple *post hoc* reveló que los boxeadores superpesados del periodo 1976-1989 (A) tuvieron significativamente menor sumatoria de pliegues, porcentaje, kilogramos de grasa, índice de sustancia corporal activa y endomorfia que los de otros periodos competitivos ($p < 0,05$). Los boxeadores del periodo 1976-1989, tuvieron una ectomorfia significativamente superior a los de restantes periodos competitivos ($p < 0,05$).

El somatotipo promedio en cada uno de los periodos evaluados fue mesoendomórfico; el superpesado promedio fue cada vez más endomórfico y mesomórfico, mientras que la ectomorfia fue cada vez más discreta. Desde el punto de vista cualitativo, el 66,7% de los boxeadores fueron mesoendomórficos, el 20% mesomórficos balanceados, mientras que la categoría mesomórfico-endomórfico (6,6%), mesoectomórfico (3,3%) y endomesomórfico (3,3%) también estuvieron presentes.

Al comparar la Media Altitudinal Somatotípica con respecto a la Distancia Altitudinal Somatotípica del medallista olímpico de cada periodo, se obtuvo que mientras el somatotipo fue relativamente homogéneo en todos los periodos ($MAS < 2$), el somatotipo del medallista se diferenció cada vez más del promedio de los boxeadores dentro de su periodo ($DAS > MAS$). Esta diferencia se hizo más marcada a medida

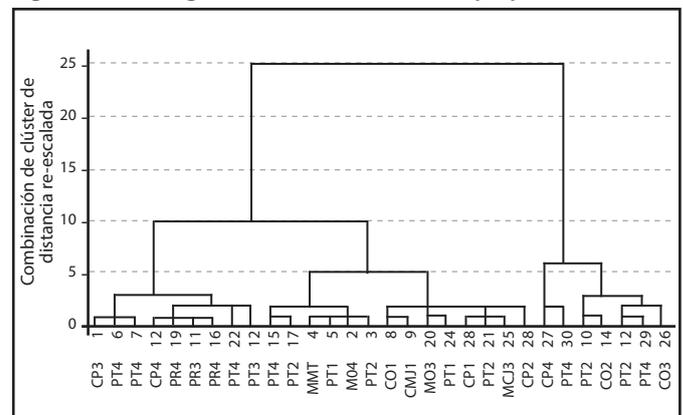
que transcurrió el tiempo, dado que los estimados del medallista fueron de 1,82; 2,24; 2,71 y 2,93 para los periodos 1976-1989, 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2014 respectivamente.

A través del análisis clúster se obtuvo el dendrograma de la Figura 1. En el análisis, cada sujeto fue considerado de manera individual. Las diferencias de todos los sujetos fueron analizadas con respecto a los sujetos asignados a los diferentes clústeres. Del análisis de conglomerado se derivaron 3 clúster que fueron los definidos como sigue: CP3 a Pr3 (clúster 1), Pr4 a CP2 (clúster 2), y CP4 a CO3 (clúster 3).

Para determinar el número óptimo de clúster se observó el historial de conglomeración que arrojó el análisis, para evidenciar en qué etapa ocurrió la primera aceleración repentina en la formación de clúster. Se eligió la unión del caso 1 con el 2 donde se encontró la inflexión con un coeficiente de 436, 662.

Lo que se distinguió en los diferentes clústeres es que todos los boxeadores del periodo 1976-1989 aparecieron en el clúster 2; los del

Figura 1. Dendrograma de los boxeadores superpesados.



Pr: boxeador promedio; CP: campeón panamericano; MO: medallista olímpico; CO: campeón olímpico; CMJ: campeón mundial juvenil; MMJ: medallista mundial juvenil; 1: 1976-1989; 2: 1990-1999; 3: 2000-2009; 4: 2010-2014.

Tabla 2. Composición corporal, somatotipo y distancia altitudinal del somatotipo.

	1976-1989 (N=6)	1990-1999 (N=7)	2000-2009 N=7	2010-2014 N=10	Sig.	Prueba Post Hoc
Composición corporal						
Índice de masa corporal	27,0±2,1	27,8±1,4	29,1±2,9	29,3±3,1	0,195 ^{ns}	
Sumatorio de 6 pliegues grasos	63,4±11,6	73,8±30,5	80,7±22,9	95,2±34,4	0,03*	A vs C,D
Porcentaje graso (Withers <i>et al.</i>)	11,7±1,7	12,8±4,8	14,1±3,6	16,7±5,7	0,04*	A vs C,D
Kg de grasa	11,8±2,0	13,2±5,2	14,8±4,7	16,1±7,6	0,04*	A vs C,D
Kg Masa corporal activa	88,9±3,8	89,8±6,8	89,5±6,8	88,5±4,0	0,965 ^{ns}	
Índice de sustancia corporal activa	1,23±0,11	1,26±0,05	1,32±0,11	1,31±0,10	0,04*	A vs C,D
Somatotipo						
Endomorfia	2,9±0,68	3,1±1,37	3,4±1,30	4,2±1,30	0,007*	A vs D
Mesomorfia	5,2±1,37	5,5±0,65	5,7±0,98	6,2±1,21	0,349 ^{ns}	
Ectomorfia	1,8±0,90	1,5±0,61	1,2±0,77	1,2±0,91	0,01*	A vs B,C,D
Índices de homogeneidad						
Media altitudinal somatotípica	1,81±0,63	1,5±0,57	1,47±0,70	1,87±0,95	0,04*	A vs B,C

* $p < 0,05$; ^{ns}: $p > 0,05$; A: 1976-1989; B: 1990-1999; C: 2010-2009; D: 2010-2014

período 2010 al 2014 aparecieron distribuidos en los dos clústeres extremos (clúster 1 y 3). Otra tendencia encontrada es que el 61,5% (n=8) de los medallistas se encontraron en el clúster 2; el clúster 1 incluyó solo al 15,3% (n=2) y el clúster 3 al 23,5% restante (n=4). El clúster que más boxeadores promedio (Pr.) incluyó fue el uno con el 41,2% (n=7); el clúster 2 incluyó al 35,3% (n=6) y el clúster 3 agrupó al 23,5% de los boxeadores promedio (n=4).

El análisis discriminante arrojó una única función canónica significativa que explicó el 100% de la varianza de los clústeres a partir de la sumatoria de los seis panículos adiposos ($\lambda = 0,088$; $gl=2$; $p = 0,000$; correlación canónica=0,955). La prueba lambda de Wilks para el contraste de igualdad de media entre clústeres arrojó que los clústeres se diferenciaron significativamente en cuanto a la sumatoria de los seis panículos adiposos ($p < 0,05$). El método de inclusión por pasos desechó el resto de las variables incluidas en la investigación como variables independientes.

La Figura 2a muestra la distribución general del grupo estudiado. La tendencia promedio a través de los periodos evaluados se observa en la Figura 2b; se obtuvo que el somatotipo promedio fue cada vez más endomórfico y mesomórfico con el paso del tiempo. La Figura 2c solo refleja a los medallistas olímpicos de cada período; se obtuvo que en estos la migración no tuvo la misma tendencia que 2b. Este último aspecto se cuantificó a partir del estimado de la DM, la cual resultó en una baja intensidad migratoria para el somatotipo promedio entre los periodos (DM=1,88 unidades) con respecto a 2c; la intensidad del cambio de somatotipo de los medallistas fue 4,05 veces mayor al promedio del grupo (DM=7,62 unidades).

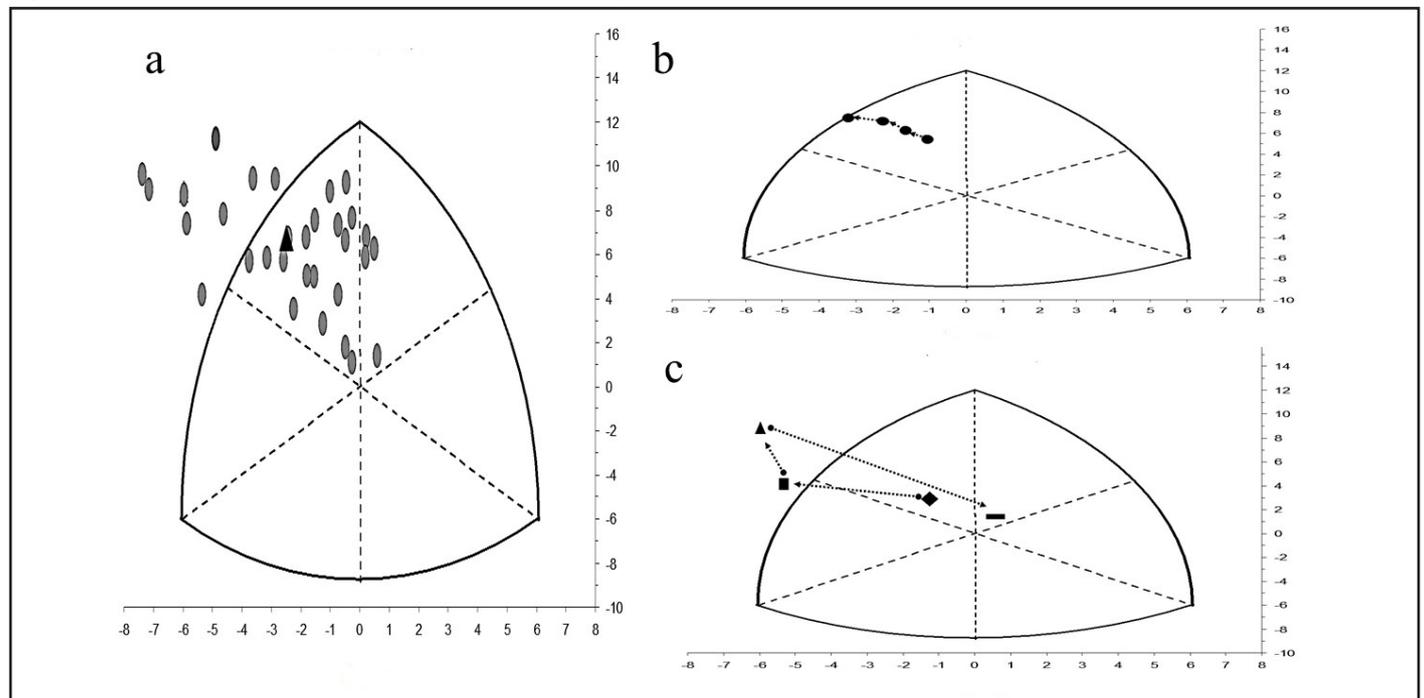
Discusión

A partir de la búsqueda realizada en las principales bases de datos internacionales para publicaciones (PubMed, Scopus, Scielo), solo se encontró un estudio antropométrico relativo a boxeadores exclusivos de la categoría superpesados, pero el mismo abordó aspectos de la evolución morfológica de boxeadores profesionales¹⁶. Por cuanto, el presente trabajo pudiera ser el primero en abordar las características del desarrollo físico y su evolución en boxeadores elite aficionados de la categoría superpesados, lo que impacta en el conocimiento de las características antropométricas de boxeadores elite, máxime cuando la muestra objeto de estudio estuvo constituida por deportistas con amplios palmares competitivo a nivel internacional.

Al analizar una serie de datos aportada por Norton y Olds sobre la evolución de deportistas en el siglo XX¹⁷, así como la investigación realizada por Han *et al.*¹⁶ sobre la evolución de boxeadores superpesados en el período 1889-2019, los autores de este estudio consideran que los pesos y estaturas del superpesado promedio cubano no difirieron de la encontrada en boxeadores profesionales estudiados; una de las causas puede ser que, mientras a nivel internacional se obtuvieron incrementos pondoestaturales a través de los años, según los citados autores, ya el pugilista promedio cubano había alcanzado la optimización para estas variables en la década de 1970.

Esta investigación demuestra que el éxito competitivo de los boxeadores estudiados se relacionó con un amplio rango de demandas morfológicas; pero, al revisar otras investigaciones, se encontró que estas características estaban dentro de la variabilidad morfológica

Figura 2. Distribución del somatotipo de boxeadores superpesados.



a: somatopuntos individuales y centroides (▲); b: somatotipo promedio (•) por periodos, donde: ← = dirección que sigue el somatotipo promedio desde 1976-1989 hasta 2010-2014. c) migración del somatotipo individual, donde: ◆ = medallista olímpico del periodo 1976-1989; ■ = medallista olímpico del periodo 1990-1999; ▲ = medallista olímpico del periodo 2000-2009; - = medallista olímpico del periodo 2010-2014.

de los boxeadores profesionales a nivel internacional. Una de ellas es la realizada por Han *et al.*¹⁶, donde se obtuvieron resultados inferiores para el peso corporal ($97,5 \pm 11,5$ kg) y estatura ($187,3 \pm 6,5$ cm), pero similares en IMC ($27,8 \pm 2,4$ kg/m²) para boxeadores profesionales internacionales. Por otra parte, los resultados alcanzados fueron semejantes a los obtenidos por Norton y Olds¹⁶; estos autores, a través de la modelación de la evolución morfológica de boxeadores profesionales en el periodo 1970-2000, demostraron que las tasas incrementales para el peso corporal (1 kg/década) y la estatura (0,6 cm/década) llevaron a los boxeadores superpesados a alcanzar resultados parecidos a los de la presente investigación.

Han *et al.*¹⁶ obtuvieron correlaciones significativas al relacionar variables que definen la adiposidad (r entre 0,248-0,603), muscularidad (r entre 0,239-0,510) y desarrollo óseo ($r = 0,312$) con el año de medición. Estos autores atribuyeron los cambios encontrados en el índice de masa corporal de los campeones profesionales a la evolución secular de su desarrollo músculo esquelético. En los boxeadores retadores encontraron que un incremento secular del índice de masa corporal pudo estar dado por el aumento de la adiposidad, estando acompañado de incrementos de la circunferencia de la cintura.

En la presente investigación se obtuvo un incremento promedio significativo de la suma de pliegues cutáneos, porcentaje de grasa y kilogramos de grasa, manteniendo el índice de masa corporal y la masa corporal activa relativamente constante. Este hallazgo demostró la diferencia en la composición corporal entre los boxeadores que compitieron en el periodo 1976-1989 con respecto a los que compitieron después de este período.

Desde el punto de vista metodológico esta investigación constituye un avance que permite dilucidar los verdaderos avances en la composición corporal y el somatotipo durante el proceso de evolución, los cuales han sido discernidos fundamentalmente a partir del índice de masa corporal en otras investigaciones^{10,16,18,19}; solo un grupo limitado de investigaciones, en otros deportes, han evidenciado cómo varían el somatotipo y algún componente de la composición corporal a través de las décadas²⁰⁻²³.

En una investigación realizada en la población deportiva española, se obtuvo que un IMC de hasta $32,8$ kg/m² en deportistas puede ser considerado un sobrepeso debido al desarrollo del componente magro y no de la adiposidad²⁴. Sin embargo, cuando las investigaciones están encaminadas a evaluar la evolución morfológica a través de las décadas, el uso de la CC y el somatotipo se vuelven relevantes por la incertidumbre que guarda el IMC para la cuantificación de los componentes magros y grasos en la población deportista.

Se demostró que el somatotipo del boxeador superpesado cubano promedio fue mesoendomórfico durante el periodo analizado. Sin embargo, este incrementó cada vez más el componente endomórfico y disminuyó el ectomórfico. El hecho de que el somatotipo promedio haya migrado tanto refleja el rango de variabilidad en el que estos deportistas pudieran ser exitosos, aspecto que quedó demostrado en investigaciones previas realizadas en muestras de boxeadores cubanos y extranjeros^{2,3,25}.

El análisis de conglomerado confirmó que el resultado deportivo de estos deportistas no estuvo necesariamente asociado al desarrollo físico como si ha ocurrido en otros deportes²⁶⁻²⁸. Aun así, hubo una

mayor proporción de medallistas en el clúster 2 donde se encontraron todos los boxeadores de la década de 1976-1989. Los boxeadores de la década de 1976-1989 fueron los que precisamente tuvieron valores más discretos en porcentaje de grasa, kilogramos de grasa y endomorfa. Además, tuvieron mayor estatura y linealidad, factor determinante en el éxito competitivo del boxeo según fue demostrado en una investigación previa²⁹.

La presencia de una mayor cantidad de deportistas dentro del clúster 2 pudiera estar relacionado con el hecho de que, durante la búsqueda de la optimización morfológica, los cazatalentos hayan hecho énfasis en la búsqueda de boxeadores superpesados con los atributos físicos de los boxeadores que se desarrollaron en las décadas de 1970 y 1980. Esto está justificado porque en este periodo histórico, los investigadores cubanos lograron caracterizar al hombre de referencia de esta división en la arena internacional y nacional²; además, en esta este periodo los boxeadores superpesados cubano alcanzaron su mayor relevancia en la figura del único tricampeón olímpico de esta división³.

El resultado del análisis discriminante también fue determinante para establecer que la suma de los panículos adiposos fue la única variable que contribuyó de manera determinante a la varianza asociada a las diferencias morfológicas entre los deportistas investigados. Su alta contribución también demuestra que fue el determinante que más contribuyó a los cambios de la composición corporal a través de las generaciones evaluadas.

Aunque este análisis estadístico no es de uso muy frecuente en este tipo de investigaciones, otros autores lo han recomendado para la comprensión de cómo los deportistas conjugan sus características antropométricas según su disciplina deportiva o su desempeño²⁶⁻³⁰. En la presente investigación fue muy útil su empleo, ya que permitió caracterizar el grupo en cuanto a sus similitudes morfométricas, y permitió observar los patrones de comportamiento entre los periodos estudiados.

Conclusiones

El boxeador cubano de la categoría superpesado mostró un amplio rango de demandas morfológicas, pero estas se enmarcaron dentro de las tendencias internacionales de boxeadores profesionales a pesar de sus cambios a través del tiempo. Los atributos morfológicos de los medallistas olímpicos se diferenciaron entre sí, y del resto de los boxeadores investigados a través del tiempo. Estos resultados proporcionan datos antropométricos de elevado valor científico, tanto para la selección, como para el control médico del entrenamiento.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Rodríguez CA, Sánchez G, García E, Martínez M, Cabrera T. Contribution to the study of the morphological profile of highly competitive male Cuban athletes. *Boletín Científico Técnico INDER*. 1986;1:6-24.
- Rodríguez CA. Aproximación hacia el cálculo del peso adecuado en la preparación del deportista. *Boletín científico-técnico, INDER*. 1989;2:5-32.

3. Rodríguez CA, Fernández MC, Martínez M, Martínez X. Adaptación del sistema O-Scale (adiposidad) para su aplicación en boxeadores. Consideraciones metodológicas. *Rev Cub Med Dep & Cul Fis.* 1991;2:14-22.
4. Chaabene H, Tabben M, Mkaouer B, Franchini E, Negra Y, Hammami M et al. Amateur boxing: physical and physiological attributes. *Sports Med.* 2015;45:337-52.
5. Noh JW, Kim JH, Kim MY, Lee JU, Lee LK, Park BS, et al. Somatotype analysis of elite boxing athletes compared with nonathletes for sports physiotherapy. *J Phys Ther Sci.* 2014;26:1231-5.
6. 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 Med Esport.* 2015;50:65-72.
7. Carter JEL. *Physical Structure of Olympic athletes.* Part 1: The Montreal olympic games anthropological project. Medicine and Sports, 16. Basel: Karger; 1982.
8. Canda AS. *Variables antropométricas de la población deportista española.* Ministerio de educación y cultura. Madrid: ICD; 2012.
9. Amateur boxing results; 2009. Disponible en: [www.http://amateur-boxing.strefa.pl/Championships/AAACHampionships.html](http://amateur-boxing.strefa.pl/Championships/AAACHampionships.html). Consultado 01-09-2020.
10. Norton KI, Olds TS, Olive S, Craig NP. Anthropometry and sports performance. In K. Norton and T.S. Olds (Eds.) *Anthropometrica.* University of New South Wales Press: Sydney; 2000.
11. Carvajal W. Evolución morfológica en la población deportiva cubana en el período 1970-2010. implicaciones para su evaluación cineantropométrica. Universidad de las Ciencias de la Cultura Física y el Deporte. La Habana, 2018. Tesis Doctoral.
12. World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 201;310:2191-4.
13. Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Europ J Appl Physiol.* 1987;56:191-200.
14. Tittel K, Wutscherk H. *Sportanthropometrie.* Leipzig: Johann Ambrosius Bath; 1972.
15. Carter JEL, Heath BH. *Somatotyping: development and applications,* 1st edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1990.
16. Han TS, Callis TG, Sharma P, Lean MEJ. Secular trends in adiposity and musculoskeletal dimensions of elite heavyweight boxers between 1889 and 2019. *Sport Sci Health.* 2020;16:249-55.
17. Norton K, Old, T. Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sport Med.* 2001;31:763-83.
18. Sedeaud A, Marc A, Schipman J, Schaal K, Danial M, Guillaume M, Berthelot G, Toussaint JF. Secular trend: morphology and performance. *J Sports Sci.* 2014;32:1146-54.
19. Sands WA, Slater C, McNeal JR, Murray SR, Stone MH. Historical trends in the size of US olympic female artistic gymnasts. *Int J Sports Phys Perform.* 2012;7:350-6.
20. Lozovina V, Lozovina M, Pavičić L. Morphological changes in elite male water polo players. *Acta Kinesiol.* 2012;6:85-90.
21. Olds T. The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. *J Sports Sci.* 2001;19:253-62.
22. Carvajal W, Serviat N. Evolución del somatotipo de jugadores cubanos de voleibol en el período 1970-2012. *Arch Med Deporte.* 2014;31:384-90.
23. Carvajal W, León S, González ME, Echevarría I, Martínez M. Morphological changes of elite Cuban female volleyball players, 1984-2008. *Rev Esp Antrop Fís.* 2015;36:33-44.
24. Canda A. Deportistas de alta competición con índice de masa corporal igual o mayor a 30 kg/m². ¿Obesidad o gran desarrollo muscular? *Apunts Med Esport.* 2017;52:29-36.
25. Carvajal W, León S, Gonzalez ME, Deturnel Y, Echavarría I. Anthropometrical characteristics of Cuban sporting population. Reference data from high performance national teams, 1992-2014. *Apunts Med Esport.* 2018;53:129-37.
26. Silva A, Sampaio A, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Front crawl sprint performance: a cluster analysis of biomechanics, energetics, coordinative, and anthropometric determinants in young swimmers. *Control Motor.* 2016;20:209-21.
27. Van der Zwaard S, De Ruiter C, Jaspers RT, De Koning JJ. Anthropometric Cluster of competitive cyclists and their sprint and endurance performance. *Front. Physiol.* 2019;10:1276.
28. Bonilla DA, Peralta JO, Bonilla JA, Urrutia-Mosquera W, Vargas-Molina S, Cannataro R, et al. Morphology, body composition and maturity status of young colombian athletes from the Urabá subregion: A k-Medoids and hierarchical clustering analysis. *J Hum Sport Exerc.* 2020;15:1367-86.
29. Tshibangu AMN. Boxing performance of most boxers is directed by their ectomorphy ratings towards lowest percentages of victories and highest percentages of losses. *APE.* 2016;6:351-63.
30. Bautista IJ, Chiroso IJ, Robinson JE van der Tillaar R, Chiroso LJ, Martínez I. A New physical performance classification system for elite handball players: cluster analysis. *J Hum Kinet.* 2016;56:131-42.