

# ANÁLISIS CINEANTROPOMÉTRICO DE LA VOLUMETRÍA MUSCULAR DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO DE DEPORTES OLÍMPICOS DE COMBATE

*Hamlet Betancourt León*

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas

*Oscar Salina Flores*

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, Posgrado en Diseño

*Julieta Aréchiga Viramontes*

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas

*Resumen:* Los deportistas de boxeo (box), judo (jud), lucha libre (llib), lucha grecorromana (lgre) y taekwondo (twd) registran modelos biomecánicos de cuerpos específicos que les favorecen en la pelea. Éstos determinan las cantidades y la distribución espacial de las masas corporales que configuran el peso de la división competitiva. El propósito de la investigación es analizar el valor y la distribución de indicadores volumétricos de masa muscular de atletas de combate de alto rendimiento. Se estudió antropométricamente a deportistas cubanos de box ( $n = 60$ ), jud ( $n = 60$ ), llib ( $n = 51$ ), lgre ( $n = 48$ ) y twd ( $n = 28$ ); edades cronológicas de entre 18 y 35 años. Los indicadores se calcularon por el método geométrico de cálculo de áreas totales y musculares (amt) de segmentos apendiculares y la ecuación para el perímetro muscular corregido del tórax (pmc-t) propuesta por Ross y Kerr (1991). Los grupos llib y lgre expresaron similitudes estadísticas para todos los indicadores de pmc-t. Las áreas musculares totales (amt) y pmc-t mostraron la volumetría menor de las extremidades y tórax en los equipos de box y twd respectivamente. El sentido de los indicadores cineantropométricos configuró dos agrupamientos de los deportes: twd-box y jud-llib-lgre. Los datos verificaron parcialmente la hipótesis, ya que las distribuciones de amt y pmc-t no registraron diferentes perfiles volumétricos del torso y extremidades entre los atletas de todas las especialidades.

*Palabras clave:* composición corporal; adiposidad; muscularidad; atletas de combate.

## Kinanthropometry of muscular volumes of elite sportsmen from olympic fighting sports

*Abstract:* The fighting sportsmen from boxing (box), judo (jud), freestyle wrestling (frew), Graeco-Roman wrestling (grow) and taekwondo (twd) show specific biomechanical models

of body which favor the success in the combat and determine the total amounts and spatial distribution of body masses of each weight category. The objective of this paper is to analyze the values and distributions of muscular mass's volumetric indexes of elite athletes from fighting sports. The anthropometrical data arose from an anthropometric research of Cuban athletes from box ( $n = 60$ ), jud ( $n = 60$ ), frew ( $n = 51$ ), grow ( $n = 48$ ) and twd ( $n = 28$ ). The calculation of bc indexes was done using the geometrical model of total and muscle areas (tma) of the segments of extremities and the corrected muscular circumference of thorax equation proposed by Ross and Kerr (1991). The frew and grow expressed similarities for all volumetric indexes. The tma and the corrected muscular circumference of thorax results appointed the lesser volumes of extremities and thorax, respectively, for box and twd than the ones of the others. The sense of the kinanthropometric indexes joint up the sports in two groups: the twd-box one and the jud-frew-grow one. The data partially verified the hypothesis due to that was not possible to note the differences of muscular volume of the torso and extremities for each specialty.

*Keywords:* body composition; adiposity; muscularity; fighting sportsmen.

## Introducción

Las mediciones antropométricas evaluadas en los métodos cineantropométricos de composición de masas corporales, proporcionalidad y forma ósea y muscular únicamente expresan la disponibilidad morfofuncional del sujeto para ejecutar –mejor o peor– una tarea motora (Rossetal. 1999). No obstante, el desempeño motor del individuo es un evento temporal multifactorial en el cual puede minimizarse la disponibilidad potencial de eficiencia de la tarea por la preponderancia negativa de otro factor (Le Boulch 1989; Betancourt 2009). Una preparación psicológica deficiente para enfrentar la situación concreta, la carencia del estado de forma deportiva, la falta de experiencia competitiva, problemas de aprendizaje técnico-táctico, son algunos de los elementos que modifican el pronóstico de desempeño motor implícito en los datos e interpretaciones cineantropométricas.

El patrón corporal de distribución de la masa muscular de un atleta de alto rendimiento entrenado regularmente refleja el perfil de fuerzas eficientes en la consecución de las tareas motoras del proceder técnico-táctico. El movimiento de las palancas biomecánicas depende de las relaciones requeridas entre las capacidades diferentes de fuerza asociadas a eficiencia de la tarea (Donskoi y Zatzioski 1988). La potencia muscular de una acción motora es expresión del volumen total de la masa muscular y la cantidad de peso muerto (masa grasa, ósea, de piel y músculos inactivos en ese gesto) a movilizar.

La distribución de las masas corporales como resultados adaptativos a programas técnicos particulares de deportes olímpicos de combate se determina

cineantropométricamente a través del cálculo de las áreas transversas musculares y grasas de los segmentos apendiculares (Strojnik *et al.* 1995; Canda *et al.* 2001; Pompeu *et al.* 2004), para lo que se asume un modelo cilíndrico para la forma del segmento, a partir del cual se formulan ecuaciones que valoran la cantidad/porcentaje de la masa grasa y muscular (considerando como constantes y poco relevantes en el resultado motor a las cantidades de masa ósea y de piel) (Betancourt 2009).

¿Cuáles son las diferencias de los volúmenes de masas musculares del torso y las extremidades entre grupos de atletas de alto rendimiento de deportes olímpicos de combate? Es la pregunta central de investigación. Teniendo en cuenta los supuestos teóricos cineantropométricos se hipotetizó lo siguiente: los atletas de alto rendimiento de diferentes deportes olímpicos de combate registrarán un patrón diferencial de distribución de masa muscular en las extremidades y el torso. El propósito de la investigación es analizar el valor y la distribución de indicadores volumétricos de masa muscular de atletas de combate de alto rendimiento.

### Materiales y métodos

La muestra estuvo conformada por integrantes de los equipos de alto rendimiento de boxeo (box), judo (jud), lucha libre (llib), lucha grecorromana (lgre) y taekwondo (twd) de Cuba. Se estudió antropométricamente a todos los deportistas que asistían a los entrenamientos de manera regular en el momento de la medición (cuadro 1).

Cuadro 1. *Datos generales de atletas de alto rendimiento de deportes olímpicos de combate de Cuba*

Deporte	Cantidad	Edad cronológica (media $\pm$ DE)
Boxeo	60	23.9 $\pm$ 3.7
Judo	60	21.4 $\pm$ 3.4
Lucha libre	51	22.6 $\pm$ 3.7
Lucha grecorromana	48	24.3 $\pm$ 3.5
Taekwondo	28	22.3 $\pm$ 3.8

Los procedimientos seguidos estuvieron de acuerdo con las normas éticas vigentes en la República de Cuba para proyectos de investigación en seres humanos, que respetan la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial 2004). Los sujetos medidos antropométricamente fueron informados de los propósitos del estudio y se obtuvo su consentimiento por escrito de participación en la investigación.

Cuadro 2. Dimensiones corporales de atletas de alto rendimiento de deportes olímpicos de combate de Cuba

Indicadores	Boxeo (n = 60)	Judo (n = 60)	Lucha libre (n = 51)	Lucha grecorromana (n = 48)	Taekwondo (n = 28)
	Mediana; mín-máx.	Mediana; mín-máx.	Mediana; mín-máx.	Mediana; mín-máx.	Mediana; mín-máx.
Estatura (cm)	175.5; 158.2-200.5	178.2; 155.1-190.0	168.2; 157.0-194.0	173.4; 153.2-188.8	181.2; 160.0-197.6
p brazo (relajado) (cm)	28.6; 23.7-36.6	32.8; 28.2-42.2	32.0; 26.4-42.2	32.3; 26.4-41.0	27.8; 23.6-34.4
p antebrazo (máximo) (cm)	27.0; 23.2-33.8	28.8; 25.6-35.0	28.0; 24.7-36.3	28.2; 24.8-35.4	26.0; 23.2-33.0
p torácico (mesoesternal) (cm)	94.6; 82.0-111.4	102.6; 88.5-126.5	99.2; 88.0-125.1	101.1; 86.0-125.2	93.0; 83.4-105.0
p muslo medial (cm)	50.9; 40.7-60.6	55.0; 47.2-68.0	53.8; 44.5-76.0	54.8; 46.3-71.5	52.3; 45.7-63.3
p pantorrilla (máximo) (cm)	35.0; 31.0-44.0	36.6; 31.4-44.8	35.5; 30.7-46.5	36.2; 30.5-48.9	36.2; 31.2-41.0
pc tríceps (mm)	5.2; 3.2-15.6	5.2; 3.4-16.0	5.4; 2.8-18.4	5.5; 3.2-15.6	5.0; 3.6-8.0
pc subescapular (mm)	8.8; 4.8-18.0	8.9; 5.8-30.4	9.0; 5.8-19.4	9.1; 6.4-26.2	8.2; 5.4-13.8
pc antebrazo (mm)	4.9; 3.2-7.2	5.5; 3.0-44.6	5.2; 3.8-7.2	5.4; 3.6-8.2	5.0; 3.4-7.2
pc muslo anterior (mm)	6.8; 3.4-18.4	7.4; 3.2-22.0	7.0; 5.2-28.0	7.0; 4.2-23.2	6.5; 4.4-12.0
pc pantorrilla medial (mm)	4.8; 6.6-16.8	5.4; 2.8-24.6	5.0; 3.2-23.0	5.0; 3.2-24.8	4.9; 3.2-10.6

Leyenda: p.- Perímetro; pc.- Pliegue cutáneo.

Las mediciones antropométricas se realizaron siguiendo los protocolos estandarizados de la Convención Antropométrica de Airlie, Virginia (Lohman *et al.* 1988) y de la Sociedad para el Desarrollo de la Cineantropometría (isak, por sus siglas en inglés) (Norton y Olds 2000). La batería antropométrica comprendió la determinación de 12 medidas (cuadro 2).

Se computaron las áreas musculares totales (amt) del brazo (am-b), antebrazo (am-a), muslo (am-m) y pantorrilla (am-p) y los porcentajes musculares de las áreas transversas (pmat) del brazo (pma-b), antebrazo (pma-a), muslo (pma-m) y pantorrilla (pma-p) a partir del algoritmo del modelo geométrico de cálculo de las áreas totales y musculares de los segmentos apendiculares. Se calculó el perímetro muscular corregido del tórax (pmc-t) con base en las relaciones matemáticas entre el perímetro torácico (mesoesternale) y el pliegue cutáneo subescapular (algoritmo de la ecuación de masa muscular del método de Ross y Kerr [1991]).

El análisis estadístico se realizó a través del paquete estadístico spss 10.5 para *Windows*. El test de Kolgomorov-Smirnov fue realizado a todas las variables continuas para establecer si seguían una distribución normal; los resultados arrojaron que la mayoría de las variables para cada grupo de estudio no tuvieron una distribución normal. Las mediciones antropométricas y los indicadores volumétricos de masa muscular fueron registrados a partir de la mediana y los valores mínimo y máximo para cada grupo, utilizándose la prueba *U* de Mann-Whitney ( $p < .05$ ) para las comparaciones estadísticas entre los grupos de deportistas.

## Resultados

En el cuadro 3 se señalan los indicadores de tendencia central de las variables cineantropométricas para los equipos de deportes de combate, en tanto que el cuadro 4 refiere las comparaciones de la estatura y todos los indicadores de volumen muscular entre los grupos de atletas de alto rendimiento.

La estatura de los deportistas de twd fue significativamente mayor y la de llib fue significativamente menor en las comparaciones con el resto de los grupos. Los grupos de jud y box señalaron valores de estaturas similares, pero los judocas fueron más altos que los luchadores grecorromanos de la selección nacional. Los equipos de llib y lgre obtuvieron similitudes estadísticas para todos los indicadores calculados en la investigación.

Los deportistas de llib y lgre refirieron similitudes estadísticas para todas las amt respecto a los judocas, mientras los atletas de box señalaron la menor am-m del trabajo. Todas las amt de los judocas fueron mayores que las encontradas para box, pero se mostraron similares en relación con las amt de los grupos llib

Cuadro 3. *Indicadores volumétricos de masa muscular de atletas de alto rendimiento de deportes olímpicos de combate de Cuba*

Indicadores	Boxeo (n = 60)	Judo (n = 60)	Lucha libre (n = 51)	Lucha grecorromana (n = 48)	Taekwondo (n = 28)
	Mediana; Mín-Máx.	Mediana; mín-máx	Mediana; mín-máx	Mediana; mín-máx	Mediana; mín-máx
pmc tórax (cm)	91.8; 80.5-105.7	99.8; 86.7-116.9	96.4; 86.2-119.0	98.2; 84.0-117.0	91.4; 81.7-100.7
am brazo (cm <sup>2</sup> )	65.0; 44.6-106.7	85.9; 63.3-141.8	81.7; 55.4-141.8	83.1; 55.4-133.9	61.4; 44.4-94.3
am antebrazo (cm <sup>2</sup> )	58.1; 42.8-90.9	66.0; 52.3-97.4	62.5; 48.5-104.9	63.3; 49.0-100.0	53.8; 42.8-86.6
am muslo (cm <sup>2</sup> )	206.3; 131.9-292.4	241.0; 177.6-368.3	230.6; 157.8-459.7	239.0; 170.6-407.4	217.9; 166.4-319.0
am pantorrilla (cm <sup>2</sup> )	97.2; 76.6-154.3	106.5; 78.5-159.6	100.2; 75.1-172.0	104.5; 74.2-190.6	104.7; 77.6-133.9

Leyenda. pmc.- Perímetro muscular corregido; am.- Área muscular total del segmento.

Cuadro 4. *Diferencias significativas de los indicadores volumétricos de masa muscular de atletas de alto rendimiento de deportes olímpicos de combate de Cuba*

Deportes	Judo (n = 60)	Lucha libre (n = 51)	Lucha grecorromana (n = 48)	Taekwondo (n = 28)
Boxeo (n=60)	am-b, am-a, am-m, am-p	ta, pmc-t, am-b, am-a, am-m	pmc-t, am-b, am-a, am-m	ta, am-m
Judo (n = 60)		ta	ta	ta, pmc-t, am-b, am-a, am-m
Lucha libre (n = 51)				ta, pmc-t, am-b, am-a
Lucha grecorromana (n = 48)				ta, pmc-t, am-b, am-a

Leyenda: Indicadores comparados por la prueba *U* de Mann-Whitney ( $p < .05$ ); ta.- Estatura; pmc-t.- Perímetro muscular corregido del tórax; am-b.- Área muscular brazo; am-a.- Área muscular antebrazo; am-m- Área muscular muslo; am-p- Área muscular pantorrilla.

y lgre. El grupo twd registró los valores menores de amt de la extremidad superior, siendo estadísticamente significativas las diferencias con los equipos jud, llib y lgre. Los resultados del pmc-t de los deportes jud, llib y lgre refirieron similitudes, pero fueron mayores que los registrados en box y twd.

## Discusión

Las diferencias de estatura encontradas entre los atletas de twd y llib son coherentes con las características técnicas y tácticas asociadas al deporte. Una estatura alta para una categoría competitiva de peso corporal incrementa la probabilidad de poseer extremidades inferiores de gran tamaño. Esto es esencial en el alcance y éxito ofensivo del taekwondoka, pues la mayoría de los puntos técnicos que determinan la victoria se convierten por la ejecución de patadas al contrario. En la especialidad de llib, el combate se ejecuta cuerpo a cuerpo con base en la potencialidad de los segmentos de la extremidad superior para ejercer la mayor fuerza posible para desestabilizar y proyectar al adversario. Un luchador libre de estatura baja probablemente presentará una extremidad superior de tamaño menor, la cual actúa a su favor –biomecánicamente– en el momento de incrementar la fuerza máxima en el jalón de la tarea motora antes descrita.

Los datos de estatura para los grupos jud y box concuerdan con las evidencias técnicas de los deportes y se encuentran en el rango de los informados por Carvajal *et al.* (2008). Los entrenadores refieren que cada categoría de peso corporal se acota en un rango de estatura asociado al éxito competitivo en estas especialidades. La ubicación de la estatura del atleta en este intervalo determina su estilo de pelea más probable, pues un conjunto de acciones de ataque y defensa se facilitan biomecánicamente en dependencia de la proporcionalidad de las extremidades y el torso en relación con la estatura del sujeto. Por ende, el atleta exitoso debe lograr una maestría técnica-táctica congruente con su categoría de estatura en la división y proporcionalidad ósea, lo cual se reflejará en la distribución corporal de la masa muscular más activa en los gestos deportivos.

Los datos de las amt y el pmc-t señalaron una volumetría menor de las extremidades corporales y el tórax, respectivamente, de los atletas de box y twd en comparación a los otros equipos. Las amt de la extremidad inferior del grupo twd se observarán probablemente más alineadas que las referidas para jud, llib y lgre, evidencia justificada en que las diferencias en estatura entre estos deportes se expresan en extremidades inferiores de tamaño mayor para el twd y, en consecuencia, se incrementa el efecto visual de linealidad para un mismo valor de amt.

Un tórax muy musculoso se convierte en un blanco mejor para golpear, más difícil de defender y de mover rápidamente en los combates de twd y box. Por otra parte, la hipertrofia de la musculatura (anterior y posterior) del torso incide positivamente en la fuerza de los jalones y forcejeos característicos de las acciones técnicas del jud, llib y lgre. Los agrupamientos encontrados de las diferencias del pmc-t son coherentes con las necesidades morfofuncionales de los atletas marcadas teóricamente por la distancia de combate de estas actividades.

Las especialidades jud, llib y lgre registraron valores mayores para todas las amt de la extremidad superior respecto a los grupos de box y twd. Los datos se explican partiendo de la diferencia técnica central entre el box y el twd en relación con los otros deportes: la ejecución exclusiva de todas las técnicas del acervo del jud, la llib y la lgre con base en la fijación de la cadena cinemática de la extremidad superior/tórax al cuerpo del adversario. Un agarre correcto de la técnica deportiva es el primer paso en la generación de la fuerza suficiente para proyectar al contrario, aportada por la musculatura de la extremidad superior/torácica en sinergia con el resto del cuerpo. Como consecuencia, poseer la hipertrofia muscular correcta en las palancas biomecánicas principales en el gesto técnico traduce en mayores probabilidades del competidor de realizar las acciones adecuadas de ataque y defensa. El volumen de hipertrofia muscular de

los segmentos apendiculares se delimita principalmente por la longitud de las extremidades, la proporcionalidad ósea de las cinturas pélvica y escapular, la estatura y la división de combate del individuo en los deportes de jud, llib y lgre.

El sentido de los indicadores cineantropométricos configuró dos agrupamientos de los deportes: twd-box y jud-llib-lgre. Los datos verificaron parcialmente la hipótesis, ya que las distribuciones de amt y pmc-t no registraron diferentes perfiles volumétricos del torso y extremidades entre los atletas de todas las especialidades.

### *Agradecimientos*

A la Dirección General de Atención al Personal Académico (dgapa) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### Referencias

#### Asociación Médica Mundial

- 2004 [en línea] *Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*, Asociación Médica Mundial, <<http://www.wma.net/s/policy/b3.htm>>.

#### Betancourt, Hamlet

- 2009 *El cuerpo humano del bailarín de ballet. Un análisis clasificatorio del danzante contemporáneo cubano*, tesis, Universidad Nacional Autónoma México, México.

#### Canda, Alicia, L. Sainz, T. de Diego y José L. Pacheco del Cerro

- 2001 Características morfológicas del decatleta *vs* especialistas, *Archivos de Medicina del Deporte* 18 (84): 77-285.

#### Carvajal, Wiliam, Andrés Ríos, Ibis Echevarría, Miriam Martínez y Magalis Castillo

- 2008 Tendencia secular en deportistas cubanos de alto rendimiento: período 1976-2008, *Revista Española de Antropología Física* 28: 71-81.

#### Donskoi, Dmitri y Vladimir M. Zatsiorski

- 1988 *Manual de biomecánica de los ejercicios físicos*, Pueblo y Educación, La Habana.

#### Le Boulch, Jean

- 1989 *Hacia una ciencia del movimiento. Introducción a la psicokinética*, Paidós, México.

- Lohman, Timothy G., Alex F. Roche y Reynaldo Martorell  
1988 *Anthropometric standarization reference manual*, Human Kinetic, Champaign.
- Norton, Kevin y Timothy Olds (eds.)  
2000 *Anthropométrica*, Biosystem, Servicio Educativo, Rosario.
- Pompeu, Fernando A. M. S., Daniele Gabriel, Bianca Gama Pena y Pedro Ribeiro  
2004 Áreas de secção transversa do braço: implicações técnicas e aplicações para avaliação da composição corporal e da força dinâmica máxima, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 10 (3): 202-206.
- Ross, William D., Deborah A.Kerr  
1991 Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva, *Apunts* 18: 175-187.
- Ross, Wiliam, Robin V. Carr y J. E. Lindsay Carter  
1999 [cd-rom] *Anthropometry Illustrated*, Turnpike Electronic Publications, Vancouver.
- Strojnik, Vojko, T. Apih y Franci Demsar  
1995 Cross-section areas of calf muscles in athletes of different sports, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 35 (1): 25-30.