

Determinación del ángulo de fase por bioimpedancia en deportistas de la Esmic¹

12

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.12>

*Jenner Rodrigo Cubides Amézquita², Ninosca Caiaffa Bermúdez³,
Samael Antonio Vera Angarita⁴*

Resumen

Objetivo: el análisis de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica permite la determinación del ángulo de fase como predictor del bienestar tisular e hídrico del cuerpo humano. El objetivo del presente estudio consistió en determinar las diferencias del ángulo de fase por bioimpedancia, según el deporte practicado en una población de alumnos en formación de la Escuela Militar de Cadetes en la ciudad de Bogotá. **Metodología:** se realizó un estudio de tipo observacional descriptivo que en la línea de tiempo es retrospectivo, donde se analizó la composición corporal de 164 alumnos deportistas en 13 disciplinas diferentes, encontrando diferencias estadísticamente significativas del ángulo de fase según el género y el tipo de deporte practicado. **Conclusiones:** a pesar de que el ángulo de fase sea propuesto en la literatura médica como un buen predictor del estado nutricional y la celularidad corporal, no es posible determinar un punto de corte definido sin tener en cuenta ciertas condiciones, como son el origen étnico, la edad o el género entre grupos de deportistas; sin embargo, sí se pueden describir los baremos en una población joven en formación militar que se pueden convertir en valores de referencia para futuras investigaciones.

Palabras clave: composición corporal; deportes; impedancia eléctrica; personal militar.

1 Este artículo se gesta como producto de un proyecto de investigación institucional financiado que fue soportado con recursos de la convocatoria interna 001-2017 del Comando de Apoyo Tecnológico de Ejército de Colombia, según acta 65060 del 05 de julio del 2017. Se encuentra enmarcado en la línea de investigación institucional en Rendimiento físico militar y factores asociados a la salud. Parte de una iniciativa de los investigadores en la descripción, caracterización y determinación de los baremos de la composición corporal en el personal en formación militar.

2 Médico, Especialista en epidemiología, Magister en Genética Humana. Investigador Centro de Investigaciones de la Cultura Física (CICFI) de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (ESMIC), Grupo de Investigación RENFIMIL. Contacto: jenner.cubides@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6573-0432>

3 Nutricionista, Especialista en Nutrición deportiva, Investigadora CICFI – ESMIC, grupo de investigación RENFIMIL. Contacto: ninosca.caiaffa@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0407-8134>

4 Mayor del Ejército Nacional, director del CICFI (2015-2016) ESMIC. Contacto: samael.vera@buzonejercito.mil.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8151-7436>

Introducción

La valoración de la composición corporal es un requisito indispensable para monitorear los tipos de obesidad, el estado nutricional, los objetivos del entrenamiento y el estado de salud en general (Llames, Baldomero, Iglesias & Rodota, 2013). El exceso de tejido adiposo actúa como peso muerto en actividades en las cuales la masa del cuerpo debe vencer repetidamente la gravedad durante la locomoción o el salto, lo que disminuye el rendimiento deportivo e incrementa la demanda energética de la actividad (Shi *et al.*, 2014).

Por otro lado, la masa libre de grasa contribuye a la producción de energía durante actividades de alta intensidad mejorando la fuerza absoluta, lo mismo que la resistencia a cargas estáticas y dinámicas (Mala *et al.*, 2015). Los componentes como la masa grasa y la masa libre de grasa (magra) son usadas para identificar los tipos de requerimientos nutricionales y el gasto energético del organismo (Nelson, Weinsier, Long & Schutz, 1992) the relationship between fat-free mass (FFM). Los expertos en nutrición deportiva usan los datos obtenidos del estudio de la composición corporal en el desarrollo de intervenciones específicas de tipo dietario, esta información también orienta a los entrenadores y preparadores físicos para optimizar y evaluar los programas de entrenamiento deportivo. Existen en el mercado múltiples métodos para estimar la composición corporal, como la medición del peso hidrostático, la densitometría por absorción de Rayos X (DEXA), la pletismografía por desplazamiento de aire, el conteo del potasio corporal total, la resonancia magnética nuclear y modelos de múltiples compartimientos, que son improcedentes para evaluar poblaciones grandes o en el ámbito deportivo, pues son métodos que resultan costosos y técnicamente inconvenientes. Los métodos de medición de la composición corporal son siempre de elección en deportes y profesionales en nutrición deportiva (Moon, 2013). Los métodos antes mencionados, igual que la antropometría por pliegues y circunferencias, usan modelos predictivos de tipo matemático, por lo que se consideran mediciones indirectas de la composición corporal; debido a ello, son proclives a ciertos errores en la predicción de los valores de los componentes corporales. No todos los métodos de medición de la composición corporal son iguales, por ello se presentan errores de medi-

ción del componente graso que pueden exceder hasta 3 kg comparados con los modelos más exactos y refinados que usan técnicas para valorar múltiples compartimientos, como en el caso de la bioimpedancia eléctrica. Por lo tanto, se puede decir que no existe un método que sea “real” en la medición de la composición corporal en humanos vivos (Moon, 2013).

La evaluación de la composición corporal es usada de manera frecuente en los campos del entrenamiento físico, con el fin de evaluar la efectividad de los programas de los individuos que están pensando en bajar de peso o comenzar un entrenamiento funcional (fuerza, resistencia, definición de la figura corporal) o deportivo (Ickerson, Sco & Liszczewicz, 2016). En los diferentes gestos deportivos, el control del peso corporal es una de los problemas clave durante el entrenamiento y la competición. Por ello, no sorprende que en algunos atletas se tienda a aumentar y acelerar el proceso de entrenamiento, lo que puede causarles un efecto negativo para la salud o afectar negativamente su desempeño en competencia. Por lo tanto, la eficiencia tecnológica en los sistemas de entrenamiento deportivo debe ser mejorada, siempre con relación al control de los procesos que lleven a optimizar los resultados deseados. En los últimos años el análisis por bioimpedancia (BIA) está siendo ampliamente usado en la práctica médica deportiva donde más y mejores métodos de determinación de la estructura y segmentos del cuerpo se están desarrollando (Dopsaj *et al.*, 2017).

La bioimpedancia tiene como principio la administración de un flujo de corriente eléctrica alterna de una o más radiofrecuencias, transmitida por un electrodo adherido a la superficie de la piel, con el fin de caracterizar los tejidos que tengan o no buena conducción, lo mismo que de los fluidos que componen el cuerpo (Portao, Bescós, Irurtia, Cacciatori & Vallejo, 2009). Los flujos de corrientes en diferentes velocidades dependen de la composición del cuerpo. Como se sabe, el agua es buena conductora de la corriente, lo mismo que los tejidos ricos en electrolitos, como el músculo, mientras que el tejido graso, óseo y los espacios corporales neumáticos son malos conductores de la corriente (Mulasi, Kuchnia, Cole & Earthman, 2015).

Se pueden definir los conceptos básicos en el entendimiento de los fundamentos de la Bioimpedancia, en donde: la impedancia (Z) es la frecuencia

dependiente de la oposición al flujo de corriente por parte del conductor (por ejemplo, el cuerpo). Geométricamente la impedancia es el vector compuesto por 2 parámetros dependientes de frecuencias (la resistencia R y la reactancia Xc). La resistencia es la oposición al flujo de corriente cuando pasa a través del cuerpo y la reactancia es la demora en la conducción eléctrica causada por las membranas celulares, las interfaces de los tejidos y las sustancias no-iónicas. La capacitancia es una función de la reactancia que se aumenta cuando las membranas celulares almacenan una porción de la corriente en un espacio de tiempo. Ese almacenamiento temporal de las cargas de corriente crea una desviación de la fase o ángulo de fase (AF), cuantificada como la relación de la Arco tangente de la reactancia y la resistencia expresada en grados (Xc/R) x $(180^\circ/\pi)$ (Mulasi *et al.*, 2015).

El ángulo de fase es una medida proporcionada directamente por los equipos de bioimpedancia y se usa como un marcador de la integridad de la membrana celular y de la masa celular del cuerpo, además de ser un predictor de morbi-mortalidad de enfermedades crónicas, como pueden ser la falla renal (Caravaca, Martínez, Villa, Martínez & Ferreira, 2011), la insuficiencia cardíaca congestiva (Colín-Ramírez *et al.*, 2012), las patologías oncológicas (Gupta *et al.*, 2008) y los procesos de desnutrición (Urbain *et al.*, 2013). El ángulo de fase (AF) es la relación del cálculo entre la resistencia (R) de los tejidos al paso de la corriente (que depende del estado de hidratación) y la reactancia (Xc) de los mismos, asociados a la celularidad, el tamaño de las mismas y la integridad de la membrana celular. Un ángulo de fase disminuido es consistente con muerte celular o una alteración en la selectividad de la membrana celular, mientras que valores aumentados del ángulo de fase se asocian con integridad y vitalidad de las membranas celulares y el cuerpo de masa celular. En población sana, el sexo, la edad y el índice de masa corporal son los principales determinantes del ángulo de fase (Barrea *et al.*, 2017). En personas saludables los rangos normales del ángulo de fase pueden oscilar entre 5° y 7° , por otra parte, en atletas pueden alcanzar ángulos de fase hasta 9.5° . Un bajo AF indica algún estado patológico de la membrana o alguna alteración en su función. En pacientes que sufren problemas de desnutrición el AF puede reflejar tempranamente una acumulación de agua desde el espacio

intracelular al extracelular. Algunas enfermedades relacionadas con la desnutrición, y que muestran cambios eléctricos, pueden ser evaluadas mediante los análisis de bioimpedancia. Muchas investigaciones han demostrado la relación directa entre el ángulo de fase y el estado nutricional, donde el AF ha mostrado una correlación negativa entre el *score* de valoración global subjetiva (SGA) y los pacientes con hemodiálisis, falla renal o enfermedades gastrointestinales (Zhang, Huo, Wu, Zhang & Duan, 2014).

Estudios previos han demostrado cambios en las variables de la composición corporal total relacionadas con la edad, en los cuales hay un incremento en el ángulo de fase y una disminución en la reactancia a través de la progresión de la adolescencia, pero con una disminución de ambos en edades avanzadas, lo mismo que diferencias entre individuos de acuerdo con su entrenamiento físico y nivel de *performance* en sus actividades deportivas (Rodrigues *et al.*, 2014) stratified by sex and divided into overweight and non-overweight groups. The percentage of body fat (%BF) (Rodríguez-García *et al.*, 2017).

A partir de estudios realizados en los últimos años y usando las técnicas de obtención de la composición corporal por BIA, se ha aceptado el uso del ángulo de fase como un parámetro de análisis tisular y molecular de la composición corporal, pero se deben hacer más estudios con el fin de establecer las características del ángulo de fase para los diferentes tipos de poblaciones (Peine *et al.*, 2013). En el ámbito deportivo militar es escasa la literatura encontrada en la determinación de la composición corporal por BIA; por lo anterior, se justifica la necesidad de realizar estudios donde se caractericen los diferentes grupos poblacionales que practiquen algún tipo de deporte en el ámbito militar. Basados en los planteamientos anteriores, el presente estudio busca hacer una caracterización general de los parámetros bioeléctricos de la composición corporal (centrados en el ángulo de fase) de los cadetes que pertenecen algún grupo de competencia deportiva en la escuela de formación de los oficiales del Ejército Nacional.

Metodología

- a. Diseño del estudio: se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo con componente analítico que en la línea del tiempo es retrospectivo.

- b. Participantes y tamaño muestral: el tamaño muestral fue determinado por conveniencia, así, se tomaron los datos de la totalidad de cadetes que pertenecían a la compañía deportistas de la Escuela Militar en la ciudad de Bogotá (Colombia). La muestra estuvo conformada por 164 cadetes de ambos sexos pertenecientes a la compañía de deportistas de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” de diferentes disciplinas deportivas, distribuidos de la siguiente manera: 10 en atletismo de velocidad, 7 en atletismo de fondo, 21 en pentatlón, 7 en atletismo de campo, 14 en esgrima, 10 en tenis, 11 en voleibol, 22 de fútbol, 14 de tiro, 11 de baloncesto, 10 de natación, 17 de orientación militar y 10 en triatlón. Como fuente de información se tomaron la base de datos de las valoraciones del Departamento de nutrición Deportiva del Centro de Investigaciones de la Cultura Física (Cicfi), teniendo en cuenta todos datos de la composición corporal por Bioimpedancia de los participantes. Estos datos fueron soportados mediante el *software* médico para computador Seca Analytics 115°.
- c. Métodos y procedimientos: las medidas fueron tomadas por una nutricionista-antropometrista categoría ISAK 2 (International Society for the Advancement of Kinanthropometry) de acuerdo con el protocolo “pre-test”, donde se hace relación a la toma de datos en horas de la mañana y a la misma hora para todos los grupos, que fueron pesados en ropa interior, sin zapatos, sin haber realizado ejercicio físico las 24 horas previas al análisis, no haber ingerido alimentos durante 4 horas previas a la prueba, manteniendo un buen estado de hidratación, así como haber realizado su última micción 30 minutos antes del inicio de las pruebas. Para la medición de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica se usó el equipo SECA mBCA 515 (Body Composition Analyzer, Hans E. Ruth S. A, Hamburg, Germany) que usa el método de medición de análisis de impedancia bioeléctrica de 8 puntos, con 19 frecuencias de medición que van desde 1 hasta 1.000 kHz, con valores de medición de impedancia (Z); resistencia (R), reactancia (Xc) y

ángulo de fase (Φ), con un área de medición de impedancia de 10 Ω a 1.000 Ω y medición de corriente de 100 μA , lo que permite el registro multisegmento del cuerpo y el ángulo de fase (0° - 20°). Este instrumento utiliza una báscula con cuatro electrodos metálicos, dos para cada pie y un sistema de agarre con dos electrodos metálicos para cada mano. El contacto de las manos con los electrodos se establece por medio de la presión ejercida por los individuos al sujetar el instrumento de medición. La talla fue tomada usando un estadiómetro de plataforma manual (Seca 274, Hamburg, Germany). La circunferencia de cintura fue medida en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca usando una cinta métrica (Ohaus[®]-8004MA, Parsippany, MJ, USA). Los datos obtenidos fueron analizados y almacenados mediante el *software* Seca Analytics 115[®].

- d. Consideraciones éticas: este estudio contó con el aval del comité local de ética de la Escuela Militar de Cadetes, según acta 5419 del folio 94, como parte del proyecto de entrenamiento “Soldado Multimisión”.
- e. Plan de análisis: todos los datos crudos fueron analizados en primera instancia y clasificados según la estadística descriptiva con medidas de tendencia central (medias y medianas), así como medidas de dispersión (desviaciones estándar, error absoluto de la desviación estándar, error relativo de la desviación estándar, límite superior e inferior del intervalo de confianza del 95%). Se valoró la normalidad de distribución de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilks. Se realizó la prueba de t-Student para muestras independientes, con el fin de contrastar las hipótesis de igualdad de las medias entre sexos para algunas variables bioeléctricas (Masa grasa (kg), Masa magra (kg), Agua corporal total, ángulo de fase, grasa visceral, masa muscular esquelética e índice de masa magra). Para las variables que no mostraron distribución normal se realizó una prueba de Kruskal- Wallis para contrastar la diferencia de medias. Se hizo un análisis de varianza de un factor (Anova) para determinar las diferencias entre cada uno de

los deportes practicados y el ángulo de fase, teniendo en cuenta los supuestos de normalidad. Por último, se realizó una correlación de Pearson (r^2) entre la masa muscular esquelética total y el ángulo de fase de los deportistas. El *software* estadístico usado en el análisis de los datos fue Statistical Package for the Social Sciences® V.24 (SPSS 24). El nivel de significancia estadística se definió por una confianza del 95% y la probabilidad de un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Del total de la muestra, 118 fueron hombre (72%) y 46 mujeres (28%), las edades oscilaron entre los 18 y los 23 años, con una media de $20 \pm 1,42$ años. La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de las características antropométricas y las variables bioeléctricas segmentadas por el sexo, donde se evidenció en la población masculina que la media de masa magra, masa muscular esquelética, agua corporal total, grasa visceral y circunferencia de cintura fue mayor a las del sexo femenino ($p=0,001$).

Tabla 1. Tabla descriptiva de los parámetros antropométricos y bioeléctricos a 50 KHz de la población de deportistas y las diferencias según el género.

Parámetro	Hombres	Mujeres
Edad (años)	$20 \pm 1,46$	$19 \pm 1,47$
Peso (kilogramos)	$71,25 \pm 10,05$	$59,65 \pm 6,81$
Estatura (metros)	$1,75 \pm 0,74$	$1,61 \pm 0,60$
IMC (kg/m ²)	$23,16 \pm 2,22$	$22,08 \pm 2,25$
Porcentaje de masa grasa (%)	$12,88 \pm 4,96^{**}$	$23,76 \pm 5,58$
Porcentaje de masa magra (%)	$87,11 \pm 4,96^{**}$	$76,23 \pm 5,57$
Masa muscular esquelética total	$29,73 \pm 3,66^{**}$	$20,52 \pm 1,92$
Vector de resistencia (Ω)	$559,89 \pm 89,08$	$677 \pm 59,92$
Vector de reactividad (Ω)	$65,65 \pm 6,11$	$70,98 \pm 7,52$

Continúa tabla...

Parámetro	Hombres	Mujeres
Ángulo de Fase (°)	6,5 ± 0,45**	5,9 ± 0,40
Agua corporal total (Litros)	44,84 ± 5,11**	33,11 ± 2,55
Grasa visceral (Litros)	1,22 ± 0,35**	0,98 ± 0,19
Perímetro de cintura (metros)	0,78 ± 0,45*	0,72 ± 0,55

*Significativo ($p < 0,05$); ** Muy significativo ($p < 0,001$)

Fuente: elaboración propia.

En el caso del índice de masa corporal (IMC), a pesar de ser mayor en los hombres, no mostró diferencias estadísticamente significativas en comparación a las mujeres ($p=0,297$). De otra parte, se determinó que el porcentaje de masa grasa fue mayor en las mujeres deportistas ($23,76 \pm 5,58$ Kg > $12,88$ Vs $4,96$ Kg). Las variables bioeléctricas de los cadetes estudiados a una frecuencia de 50 MHz, mostró que el ángulo de fase fue estadísticamente mayor en los hombres en comparación a las mujeres ($6,5 \pm 0,45^\circ$ vs $5,9 \pm 0,40^\circ$ con un valor de $p=0,001$), lo que se podría interpretar como una mayor masa celular relativa. De otra parte, el vector de resistencia y reactancia fue mayor en mujeres que en hombres, lo que se traduce en una resistencia mayor al paso de la corriente eléctrica, lo mismo que una oposición al paso de dicha corriente debido a la capacitancia de los tejidos corporales (ver Figura 1).

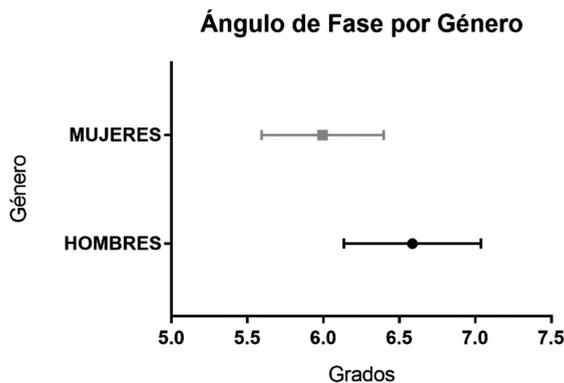


Figura 1. Muestra la proporción del ángulo de fase en grados con sus respectivas medias según el género ($p=0,001$).

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se presenta la relación del ángulo de fase con respecto a cada una de las disciplinas deportivas, por lo que se realizó un análisis de varianzas de un factor (Anova) con una prueba para múltiples comparaciones de Tukey, donde se encontraron diferencias estadísticas entre el ángulo de fase de los deportistas que practican el atletismo de velocidad y fondo con respecto a los que practican tiro deportivo ($p= 0,0008$) y esgrima ($p=0,001$) (ver Figura 3). El análisis correlacional de Pearson entre el ángulo de fase y la masa muscular esquelética de la muestra evidenció una correlación positiva de estas dos variables con un $r^2= 0,49$ (ver Figura 4).

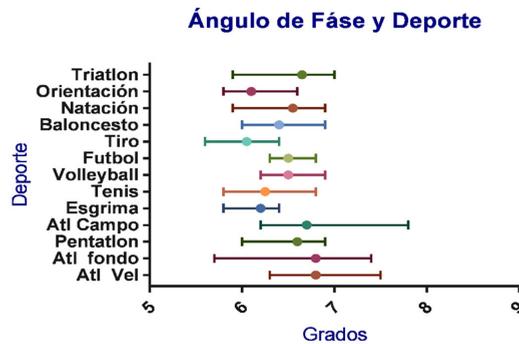


Figura 2. Muestra la distribución de los deportistas según el ángulo de fase con sus medias de acuerdo con el gesto deportivo.

Fuente: elaboración propia.

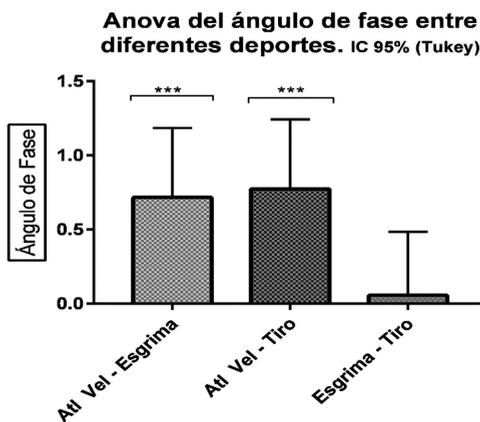


Figura 3. Análisis de varianza de una vía, donde se muestra la significancia en el ángulo de fase.

Fuente: elaboración propia.

Entre los deportistas de atletismo, con relación a los de tiro y esgrima (***)Muy significativo $p=0,001$)

Correlación AF - Masa Muscular Esquelética

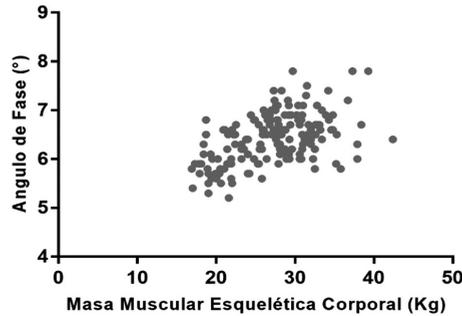


Figura 4. Correlación positiva del ángulo de fase y la masa muscular esquelética total de los deportistas ($r=0,49$).

Fuente: elaboración propia.

Discusión

El ángulo de fase se ha utilizado como una herramienta predictiva de la masa celular corporal, por lo que es propuesto como indicador de tipo nutricional y de bienestar de los tejidos, sin embargo, en los estudios de caracterización del mismo, se han presentado valores que cambian de acuerdo al sexo, la edad, el grupo étnico o el estado nutricional, no siendo reproducibles en otras poblaciones. A través del tiempo y en los estudios iniciales donde se valoró la composición corporal, se lograron determinar los valores en el ángulo de fase para hombres en 7° (IC del 95% $5,3^\circ - 8,8^\circ$) y en mujeres de $6,3^\circ$ (IC del 95% $4,9^\circ - 7,7^\circ$) (Baumgartne R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F., 1988). En 2002, Selberge determinó en su estudio un valor de AF de $6,8^\circ$ para hombres y $6,5$ en mujeres, en estudios posteriores se han reportado valores fluctuantes en el ángulo de fase de acuerdo a las condiciones de la población estudiada. Una de las principales ventajas que se tiene al utilizar el *software* (modelación de algoritmos) de bioimpedancia que usa el analizador de composición corporal por BIA de SECA®, es que nos permite comparar los valores obtenidos con unos previamente descritos en estudios poblacionales de mayor tamaño que

funcionarían como controles, donde se discriminan las variables por grupo étnico, edad y género, permitiendo un control más preciso de los sesgos en el momento del análisis.

En el presente estudio se encontró que el valor del AF fue de $6,5^\circ$ ($ds=0,45^\circ$) en hombres y $5,9^\circ$ ($ds=0,40^\circ$) en mujeres. Estudios en deportistas de élite cubanos encontraron valores promedios en el ángulo de fase de $6,7^\circ$ en hombres y $5,8^\circ$ en mujeres, en donde se evaluaron 943 deportistas de 26 deportes diferentes (Carvajal *et al.*, 2017), mostrando similitud entre los valores descritos y los obtenidos en nuestra población. En otro estudio, realizado por Arias en 2015 titulado: “Aplicaciones de la Bioimpedancia en el estudio de la composición corporal en grupo de estudiantes universitarios: comparación entre deportistas y sedentarios”, se valoraron 49 estudiantes que hacían parte de los equipos deportivos de la Universidad de Valladolid (baloncesto y bádminton) y se halló un AF en hombres deportistas de 8° ($ds=0,5^\circ$) y de $7,2^\circ$ en mujeres deportistas ($ds=0,7^\circ$). Con relación a este mismo estudio, su autora encontró que el AF de los hombres no deportistas fue de $7,4^\circ$ ($ds=0,6^\circ$) y el de las mujeres fue de $6,1^\circ$ ($ds=0,6^\circ$). Adicionalmente, un estudio del 2017 (Carrasco-Marginet *et al.*, 2017), que buscaba determinar el estado de hidratación de un grupo de 49 mujeres deportistas de élite en nado sincronizado en España, encontró un valor de ángulo de fase de $7,0^\circ$ ($ds=0,5^\circ$) en la categoría prejuvenil y de $7,5^\circ$ ($ds=0,4^\circ$) en la categoría juvenil. En Colombia, un estudio sobre el análisis del vector de impedancia y fuerza muscular en 223 hombres universitarios cuya edad media fue de 27 ± 10 años, encontró un valor del ángulo de fase de $5,8 \pm 0,7^\circ$ (Rodríguez-Rodríguez, 2016). Como podemos analizar en este apartado, en relación a la determinación del valor del ángulo de fase, así estemos ajustando la toma de las variables de la muestra a el grupo étnico y el género, estos resultados van a mostrar diferencias entre cada uno de ellos y en comparación con otros grupos poblacionales.

En cuanto el ángulo de fase discriminado por gesto deportivo, la Tabla 2 presenta los valores del AF para cada una de las disciplinas deportivas con su intervalo de confianza, que comparado con el estudio más reciente del análisis de la composición corporal, empleando parámetros bioeléctricos en una población deportiva cubana del 2017 (Carvajal *et al.*, 2017), sirve para contrastar el

grado de similitud entre las medias para cada uno de los deportes, teniendo en cuenta que nuestra población no tiene, en su gran mayoría, deportistas de élite y está conformada por un tamaño de muestra reducido.

Tabla 2. Tabla descriptiva del ángulo de fase en grados con su IC del 95%, según el gesto deportivo practicado.

Deporte	N=	Ángulo de fase	Ic del 95%
Atletismo de velocidad	10	6,8 ± 0,56	(6,45 – 7,26)
Atletismo de fondo	7	6,6 ± 0,55	(6,10 – 7,12)
Pentatlón	21	6,4 ± 0,50	(6,22 – 6,68)
Atletismo de campo	7	6,8 ± 0,50	(6,37 – 7,31)
Esgrima	14	6,1 ± 0,44	(5,88 – 6,39)
Tenis	10	6,2 ± 0,45	(5,93 – 6,58)
Voleibol	11	6,5 ± 0,51	(6,20 – 6,88)
Fútbol	22	6,5 ± 0,43	(6,34 – 6,73)
Tiro	14	6,0 ± 0,39	(5,85 – 6,31)
Baloncesto	11	6,4 ± 0,44	(6,12 – 6,71)
Natación	10	6,5 ± 0,42	(6,20 – 6,81)
Orientación militar	17	6,1 ± 0,44	(5,90 – 6,39)
Triatlón	10	6,5 ± 0,59	(6,07 – 6,92)

Fuente: elaboración propia.

Un estudio del 2015 en mujeres deportistas de la República Checa logró determinar la composición corporal por BIA caracterizando el ángulo de fase en cada uno de los 5 deportes estudiados, obteniendo un valor de 6,9° (ds=0,4°) para las deportistas que practicaban el voleibol; 7° (ds= 0,4°) para el fútbol; 6,8° (ds= 0,4°) para el baloncesto; 7,3° (ds= 0,4°) para el *softbol* y 6,9° (ds=0,7°) para el balón mano (Mala *et al.*, 2015). En ese estudio se encontraron ángulos de fase elevados con respecto a nuestra población deportista, lo que reafirmaría

la variabilidad de los valores del ángulo de fase entre grupos poblacionales. A pesar de que el ángulo de fase sea propuesto como un buen predictor del estado nutricional y la celularidad corporal, no es posible determinar un punto de corte definido sin tener en cuenta el origen étnico, la edad, el género entre grupos de deportistas, pero sí se puede convertir en un valor de referencia.

A pesar de lo anterior, tratamos de buscar diferencias en el ángulo de fase entre cada grupo de deportistas según la disciplina, por lo que se realizó una prueba de Anova, donde se pudo establecer que hay diferencias estadísticamente significativas entre los practicantes de deportes como el atletismo, ya sea de velocidad y/o campo (que requieren mucho más destreza, resistencia, capacidad y fuerza física), en comparación a deportes como el tiro y el esgrima, donde probablemente la celularidad representada en la masa muscular esquelética puedan ser los determinantes de estas diferencias. De otra parte, el hecho de que en ciertas disciplinas deportivas donde en la composición corporal existe una tendencia a presentar mayor componente graso en comparación con atleta de velocidad, donde predominaría en mayor proporción el componente de tejido muscular magro, explicaría las diferencias en el ángulo de fase, lo que se demuestra en la correlación positiva entre las variables ángulo de fase y masa muscular esquelética total.

Conclusiones

Aunque son muy pocos los estudios acerca del análisis de composición corporal por BIA en deportistas, más aún cuando se trata de una población especial como la militar, este trabajo es un primer paso para poder caracterizar la población de interés. Este estudio mostró ciertas diferencias estadísticas en los componentes de la composición corporal y variables bioeléctricas con relación al género de la población deportiva militar de la escuela de formación de oficiales. El ángulo de fase se considera un predictor de bienestar tisular a nivel de las variables bioeléctricas, que mostraron ciertas diferencias por género y tipo de práctica deportiva valorada, pero somos conscientes de la necesidad de realizar más estudios con tamaños de muestra mucho mayores, con el fin de poder caracterizar de una mejor manera el ángulo de fase en deportistas militares.

Referencias

- Barrea, L., Muscogiuri, G., Macchia, P., Di Somma, C., Falco, A., Savanelli, M., Colao, A., & Savastano, S. (2017). Mediterranean diet and phase angle in a sample of adult population: results of a pilot study. *Nutrients*, *9*(2), 1-14. <https://doi.org/10.3390/nu9020151>
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1988). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *The American journal of clinical nutrition*, *48*(1), 16-23.
- Caravaca, F., Martínez, C., Villa, J., Martínez, R., & Ferreira, F. (2011). Estimación del estado de hidratación mediante bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia en la enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología*, *31*(5), 537-544. <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2011.Apr.10936>
- Carvajal, W., Deturnell, Y., Echavarría, I., Aguilera, D., Esposito, L., & Córdova, A. (2017). Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana. *Archivos de medicina del deporte*, *34*(180), 207-215.
- Carrasco-Marginet, M., Castizo-Olier, J., Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Rodríguez, F. A., Chaverri, D., Brotons, D., & Iruetia, A. (2017). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *PLOS ONE*, *12*(6), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178819>
- Colín-Ramírez, E., Castillo-Martínez, L., Orea-Tejeda, A., Vázquez-Durán, M., Rodríguez, A., & Keirns-Davis, C. (2012). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure. *Nutrition*, *28*(9), 901-905. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.11.033>
- Dopsaj, M., Markovic, M., Kasum, G., Jovanovic, S., Koropanovski, N., Vukovic, M., & Mudric, M. (2017). Discrimination of different body structure indexes of elite athletes in combat sports measured by multi frequency bioimpedance method. *International journal of morphology*, *35*(1), 199-207.
- Durnin, J., & Womersley, J. (1973). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British journal of nutrition*, *32*(1), 77-97. <https://doi.org/10.1079/BJN19740060>
- Gupta, D., Lammersfeld, C., Vashi, P., King, J., Dahlk, S., Grutsch, J., & Lis, C. (2008). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, *8*(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-8-249>
- Nickerson, B. S., Esco, M. R., Kliszczewicz, B. M., & Freeborn, T. J. (2017). Comparison of bioimpedance and underwater weighing body fat percentage before and acutely after exercise at varying intensities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(5), 1395-1402.
- Llames, L., Baldomero, V., Iglesias, M., & Rodota, L. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico. *Nutrición Hospitalaria*, *28*(2), 286-295. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6306>
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of human kinetics*, *45*(1), 207-215. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0021>

- Moon, J. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European journal of clinical nutrition*, 67(1), 54-59. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.165>
- Mulasi, U., Kuchnia, A., Cole, A., & Earthman, C. (2015). Bioimpedance at the bedside. *Nutrition in clinical practice*, 30(2), 180-193. <https://doi.org/10.1177/0884533614568155>
- Nelson, K., Weinsier, R., Long, C., & Schutz, Y. (1992). Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *American journal of clinical nutrition*, 56(5), 848-856. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.5.848>
- Peine, S., Knabe, S., Carrero, I., Brundert, M., Wilhelm, J., Ewert, A., Denzer, U., Jensen, B., Lilburn, P. (2013). Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the seca mBCA. *International journal of body composition research*, 11(3/4), 67-76.
- Portao, J., Bescós, R., Iruiria, A., Cacciatori, E., & Vallejo, L. (2009). Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia. *Nutrición hospitalaria*, 24(5), 529-534. <https://doi.org/10.3305/nh.2009.24.5.4463>
- Rodrigues, E., Rocha, F., Siqueira, V., Do Carmo, S., Do Carmo, M., Ferreira, L., & Priore, S. (2014). Prediction of body fat in adolescents: comparison of two electric bioimpedance devices with dual-energy X-ray absorptiometry. *Nutrición hospitalaria*, 30(6), 1270-1278. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.6.7793>
- Rodríguez-García, W., García-Castañeda, L., Orea-Tejeda, A., Mendoza-Núñez, V., González-Islas, D., Santillán-Díaz, C., & Castillo-Martínez, L. (2017). Handgrip strength: reference values and its relationship with bioimpedance and anthropometric variables. *Clinical nutrition ESPEN*, 19, 54-58. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.01.010>
- Rodríguez-Rodríguez, F., Cristi-Montero, C., González-Ruiz, K., Correa-Bautista, J., & Ramírez-Vélez, R. (2016). Bioelectrical impedance vector analysis and muscular fitness in healthy men. *Nutrients*, 8(7), 1-9. <https://doi.org/10.3390/nu8070407>
- Selberg, O., & Selberg, D. (2002). Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European journal of applied physiology*, 86(6), 509-516.
- Shi, H., Jiang, B., Wei Sim, J., Chum, Z., Ali, N., Bin, & Toh, M. (2014). Factors associated with obesity: a case-control study of young adult singaporean males. *Military medicine*, 179(10), 1158-1165. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00064>
- Urbain, P., Birlinger, J., Ihorst, G., Biesalski, H., Finke, J., & Bertz, H. (2013). Body mass index and bioelectrical impedance phase angle as potentially modifiable nutritional markers are independent risk factors for outcome in allogeneic hematopoietic cell transplantation. *Annals of hematology*, 92(1), 111-119. <https://doi.org/10.1007/s00277-012-1573-4>
- Zhang, G., Huo, X., Wu, C., Zhang, C., & Duan, Z. (2014). A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. *Bio-Medical materials and engineering*, 24(6), 3657-3664. <https://doi.org/10.3233/BME-141193>