

Relación entre estructura y composición corporal y ángulo de fase en practicantes de fisicoculturismo y fitness. Chimborazo-Ecuador

(Relation between body structure and composition and phase angle in bodybuilding and fitness practitioners. Chimborazo-Ecuador)

Patricio David Ramos Padilla^(1,2) <http://orcid.org/0000-0001-5812-3415>, pramos@esPOCH.edu.ec

Verónica Carlina Delgado López^{(1)*} <http://orcid.org/0000-0003-4467-1351>, veronica.delgado@esPOCH.edu.ec

Tannia Valeria Carpio Arias⁽¹⁾ <https://orcid.org/0000-0003-2989-1751>, tannia.carpio@esPOCH.edu.ec

Verónica Dayba Villavicencio Barriga⁽¹⁾ <http://orcid.org/0000-0003-0327-3840>, dayana.villavicencio@esPOCH.edu.ec

(1)Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana (GIANH), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

(2)Programa Doctoral en Nutrición (PDN), Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

*Correspondencia: ND. Patricio Ramos Padilla, Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana (GIANH), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, e-mail: pramos@esPOCH.edu.ec

RESUMEN

Introducción: El uso de la impedancia bioeléctrica ha ganado popularidad en la evaluación y el monitoreo del estado nutricional. El ángulo de fase se utiliza para estimar la composición corporal y la integridad celular. **Objetivo:** Determinar el ángulo de fase y correlacionarlo con distintas medidas de estructura y composición corporal en practicantes de fisicoculturismo y fitness. **Metodología:** Estudio no experimental de corte transversal, con 37 sujetos, hombres y mujeres. Se utilizó un analizador de impedancia bioeléctrica multifrecuencia, marca InBody®, modelo S10 para medir el ángulo de fase y composición corporal, además se midió talla y peso de cada sujeto. **Resultados:** La media de edad para la población fue de 26.6 años, 26.0 para hombres y 28.4 para mujeres. Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres para todas las variables de estructura y composición corporal $p < 0.05$. El ángulo de fase promedio en la población estudiada fue de 8.74 para hombres y 6.91 para mujeres $p < 0.05$. El ángulo de fase está correlacionado directa y significativamente con la cantidad de agua intracelular y la masa muscular esquelética, con la masa grasa corporal se encontró una correlación inversa en hombres y en mujeres. **Conclusiones:** El ángulo de fase se correlacionó directamente con la cantidad de agua intracelular y la masa muscular esquelética e inversamente con la masa grasa corporal tanto en hombres como en mujeres.

Palabras clave: Ángulo de fase, composición corporal, fisicoculturismo

ABSTRACT

Introduction: The use of bioelectric impedance has gained popularity in the evaluation and monitoring of nutritional status. The phase angle is used to estimate body composition and cell integrity. **Aim:** To determine the phase angle and correlate it with different measures of body structure and composition in bodybuilding and fitness practitioners. **Methodology:** A non-experimental cross-sectional study was carried out with 37 subjects, men and women. A multi-frequency bioelectric impedance analyzer, InBody® brand, model S10 was used to measure the phase angle and body composition, also height and weight of each subject was measured. **Results:** The average age for the population was 26.6 years, 26.0 for men and 28.4 for women. Significant statistically differences between men and women were found for all structure variables and body composition $p < 0.05$. The average phase angle in the study population was 8.74 for men and 6.91 for women $p < 0.05$. The phase angle was directly and significantly correlated with the amount of intracellular water and skeletal muscle mass. With the body fat mass an inverse correlation was found in men and women. **Conclusions:** The phase angle was directly correlated with the amount of intracellular water and skeletal muscle mass and inversely with body fat mass in both men and women.

Keywords: Phase angle, body composition, bodybuilding

1. Introducción

El uso de la impedancia bioeléctrica ha ganado popularidad en la evaluación y el monitoreo del estado nutricional. La impedancia (Z), medida en ohmios, es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la resistencia (R) y la reactancia (Xc) y es dependiente de la frecuencia. La R es la oposición pura de un conductor biológico al flujo de una corriente eléctrica alterna, mientras que la Xc es el efecto de la resistencia debido a la capacitancia, almacenamiento de carga eléctrica en un condensador, producida por las interfaces de los tejidos y las membranas celulares. La capacitancia hace que la corriente deje atrás la tensión, creando un cambio de fase. Este cambio se cuantifica geométricamente como la transformación angular de la relación de la Xc a la R, o el ángulo de fase (AF).(1) El AF se puede calcular directamente de la R y la Xc como el arco tangente $(Xc/R) \times 180^\circ/\pi$. Por lo tanto, el ángulo de fase, por una parte, es dependiente de la capacitancia de los tejidos (Xc) asociado con la celularidad, tamaño de la célula, e integridad de la membrana celular, y por otro lado del comportamiento de la R, que depende principalmente de la hidratación de los tejidos.(2,3)

El análisis de impedancia bioeléctrica es una herramienta útil ya que no es invasivo, se puede realizar en casi cualquier paciente, no causa dolor y tiene una alta precisión intra e inter observador (coeficiente de variación = 2.7 % -4.0%).(3,4) Aunque la impedancia bioeléctrica no es un método directo para la medición de composición corporal, proporciona estimaciones indirectas de la medición de la impedancia de los tejidos corporales a una corriente eléctrica (5) lo que la convierte en una buena herramienta para la evaluación del estado nutricional del sujeto. Estudios previos han utilizado el AF para predecir la masa celular corporal (MCC), por esta razón también se ha utilizado como un indicador nutricional en adultos y niños, también han correlacionado el AF con el género, la edad y el índice de masa corporal (6,7), además existe una gran cantidad de ensayos clínicos que proponen el AF como un marcador pronóstico útil en condiciones clínicas, como en cirrosis hepática (8), varios tipos de cáncer (9, 10, 11), esclerosis sistémica (12), supervivencia en pacientes con VIH-positivos

(13), y estado nutricional en pacientes quirúrgicos.(14) Sin embargo, y frente a estos estudios, existe una limitada evidencia acerca del AF en personas con masa muscular incrementada; por lo cual, el objetivo del presente estudio es determinar el ángulo de fase y correlacionarlo con distintas medidas de estructura y composición corporal en practicantes de fisicoculturismo y fitness.

2. Metodología

2.1. Diseño y Población de estudio

Estudio no experimental de corte transversal. Se tomaron los datos de 37 sujetos, hombres y mujeres, mayores de 18 años, el día previo a la competencia provincial de fisicoculturismo, potencia y fitness 2020, realizado anualmente en la provincia de Chimborazo- Ecuador

2.2. Consideraciones éticas:

Previo a la obtención de la información se explicó sobre el procedimiento, la ausencia de riesgos personales y de salud del uso de la impedancia bioeléctrica, la confidencialidad de los datos y el objetivo de la investigación. Todos los participantes brindaron su consentimiento informado por escrito para participar en esta investigación.

2.3. Instrumentos y variables

Antropometría

Antes de ser colocados en el analizador de impedancia bioeléctrica, se midió talla y peso de cada sujeto, utilizando las técnicas estandarizadas según el protocolo ISAK.(15) La talla se obtuvo con estadímetro digital, marca InBody®, modelo BSM170 y el peso en una balanza digital, marca InBody®, modelo 120 Stand. Las mediciones fueron tomadas por personal calificado con certificación ISAK 1.

Composición corporal y ángulo de fase

Se obtuvo datos de índice de masa corporal (IMC), masa grasa corporal (MGC), masa libre de grasa (MLG), contenido mineral óseo (CMO), masa músculo esquelética (MME), índice de músculo esquelético (IME), agua corporal total (ACT) y ángulo de fase (AF), utilizando un analizador de impedancia bioeléctrica

multifrecuencia, marca InBody[®], modelo S10 de procedencia Coreana. El personal calificado siguió los procedimientos recomendados por Kyle UG y cols para la recolección de mediciones de ángulo de fase (4). En caso de que los investigadores presentaron dudas en los resultados de la medición se volvió a tomar las mediciones por dos ocasiones más, cerciorándose de que se cumpla los procedimientos.

Las mediciones se realizaron colocando 2 electrodos en cada mano (dígito medio y dígito pulgar) y 2 electrodos en cada pie (maléolo medial y maléolo lateral). Los sujetos estaban en decúbito supino (acostados boca arriba) en una camilla, con los brazos en un ángulo de 30° con respecto al cuerpo y las piernas sin tocarse entre sí ni con material eléctricamente conductor de la camilla. Previo a la colocación de los electrodos se controló que el sujeto este recostado durante al menos 15 minutos para que sus líquidos corporales estén distribuidos equitativamente.

El analizador InBody S10 utiliza un método segmental directo multifrecuencia (1, 5, 50, 250, 500 y 1000 kHz). Este estudio registró las mediciones a 50 kHz, ya que los estudios han demostrado que el AF a 50 kHz permite la discriminación de la distribución de corriente intra y extracelular.(16, 17)

2.4. Análisis estadístico

Se utilizaron medias y desviaciones estándar para describir las características basales de los pacientes, incluidos datos demográficos y datos de estructura y composición corporal. Se determinó el valor de la media del ángulo de fase corporal para cada sexo.

Se utilizó prueba T de hipótesis para muestras independientes para establecer las diferencias según sexo. Se utilizó también pruebas de correlación (R cuadrado) para evaluar la asociación entre el AF y las medidas de estructura y composición corporal. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$ y una correlación fuerte un R cuadrado > 0.5

3. Resultados

La población final estuvo constituida por 37 sujetos, 27 (72.9 %) hombres y 10 (27.1 %) mujeres. La media de edad para la población total fue de 26.6 años, 26.0 para hombres y 28.4 para mujeres. Los hombres presentan valores más altos en todas las variables estudiadas que las mujeres, excepto en masa grasa corporal que es mayor en mujeres que en hombres. Se encontró diferencias estadísticamente significativas para todas las variables de estructura y composición corporal $p < 0.05$ (Tabla 1).

Variable	Total (n=37)	Hombre (n=27)	Mujer (n=10)	p
Edad, años	26.6 ± 7.4	26.0 ± 6.6	28.4 ± 9.4	0.4715
Talla, cm.	165.3 ± 7.5	169.1 ± 4.4	155.2 ± 3.8	<.0001**
Peso, Kg.	64.9 ± 12.4	70.2 ± 10.2	50.8 ± 4.1	<.0001**
IMC, Kg/m ²	23.6 ± 3.1	24.5 ± 3.0	21.1 ± 1.3	<.0001**
MGC, kg.	8.4 ± 3.9	7.7 ± 3.9	10.4 ± 3.4	0.0483**
MLG, kg.	56.6 ± 12.9	62.6 ± 9.3	40.4 ± 4.1	<.0001**
CMO, kg.	3.2 ± 0.7	3.5 ± 0.6	2.4 ± 0.3	<.0001**
MME, Kg.	32.5 ± 8.1	36.2 ± 5.8	22.3 ± 2.7	<.0001**
IME, Kg/m ²	8.3 ± 2.0	8.9 ± 1.9	6.4 ± 0.7	<.0001**
ACT, kg.	41.3 ± 9.5	45.7 ± 6.9	29.4 ± 3.0	<.0001**

Tabla 1. Características demográficas, de estructura y composición corporal de los sujetos de estudio globales y estratificados según sexo Media ± Desviación Estándar IMC=índice de masa corporal; MGC= masa grasa corporal, MLG=masa libre de grasa; CMO= contenido mineral óseo; MME= masa músculo esquelética; IME; índice de músculo esquelético; ACT= agua corporal total; ** estadísticamente significativo.

El ángulo de fase promedio en la población estudiada fue de 8.74 para hombres y 6.91 para mujeres, diferencias que son estadísticamente significativas $p < 0.05$ (Figura 1).

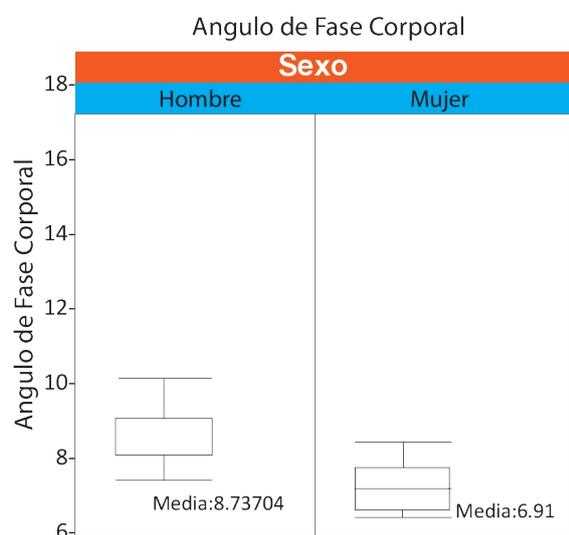


Figura 1. Ángulo de fase corporal promedio de los sujetos de estudio, según sexo $p: 0.0076^{**}$ **estadísticamente significativo

En hombres, se encontró correlaciones estadísticamente significativas entre el AF y agua intracelular, masa grasa corporal, masa músculo

esquelética e índice músculo esquelético $p < 0.05$, sin embargo, solamente se encontró una correlación fuerte entre AF e índice de músculo esquelético R cuadrado > 0.5 . En mujeres, se encontró correlaciones estadísticamente significativas entre el AF y agua corporal total, agua intracelular, masa grasa corporal, masa libre de grasa y masa músculo esquelética $p < 0.05$, solamente se encontró una correlación fuerte entre AF y agua intracelular y masa músculo esquelética R cuadrado > 0.5 (Tabla 2).

4. Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar el ángulo de fase y correlacionarlo con distintas medidas de estructura y composición corporal en personas que realizan ejercicio con la finalidad de incrementar la masa muscular, la simetría y la definición del cuerpo (culturismo).⁽¹⁸⁾ Las investigaciones sobre el ángulo de fase han sido direccionadas principalmente a identificar a éste como un indicador pronóstico de la evolución de distintas patologías, mas no se ha considerado en estudios con personas sanas ni en personas que practican culturismo, convirtiéndose esta investigación en una de las primeras sobre ángulo de fase y composición corporal de sujetos practicantes de fisicoculturismo y fitness.

Variable	Ángulo de fase corporal			
	Hombre		Mujer	
	R cuadrado	p	R cuadrado	p
Edad	0.025*	0.4335	0.017*	0.7169
Talla	0.001	0.8719	0.041	0.5729
ACT	0.116	0.0819	0.425	0.0411**
AIC	0.168	0.0336**	0.505	0.0211**
AEC	0.044	0.2928	0.259	0.1325
IMC	0.012	0.5757	0.002*	0.8932
MGC	0.245*	0.0087**	0.463*	0.0303**
MLG	0.101	0.1057	0.449	0.0339**
CMO	0.115	0.0836	0.328	0.0837
MME	0.169	0.0329**	0.508	0.0206**
IME	0.631	<.0001**	0.299	0.1021

Tabla 2. Correlación del ángulo de fase corporal con diferentes variables de estructura y composición corporal, por sexo ACT= agua corporal total; AIC= Agua intracelular; AEC= agua extracelular; IMC=índice de masa corporal; MGC= masa grasa corporal, MLG=masa libre de grasa; CMO= contenido mineral óseo; MME= masa músculo esquelética; IME; índice de músculo esquelético; *correlación inversa; **estadísticamente significativo

Entre los principales resultados encontrados en esta investigación están las diferencias en la composición corporal entre hombres y mujeres, los hombres presentaron mayor cantidad de masa muscular, masa ósea, agua y estatura, las mujeres por su parte mostraron mayor cantidad de masa grasa que los hombres, todas estas características propias del dimorfismo sexual.(19) Se ha observado que personas con enfermedades crónicas tienen ángulos de fase más bajo que personas saludables, la evidencia sugiere que las personas activas, incluso aquellas con enfermedades crónicas, tienen mejor ángulo de fase (20, 21), y como consecuencia, mejores resultados de salud.

El promedio de ángulo de fase tanto en hombres como en mujeres de este estudio fue alto (hombres 8.7, mujeres 6.9) comparado con los valores promedio de ángulo de fase para adultos jóvenes reportados en una revisión sistemática y de meta-análisis, en la cual se mencionan ángulos de fase para hombres de 6.9 a 7.2 y para mujeres de 6.1 a 6.2.(22) Si se compara el promedio de ángulo de fase entre hombres y mujeres, se puede evidenciar que los hombres tienen un ángulo de fase más alto debido a su mayor cantidad de masa celular corporal, es decir, masa músculo esquelética.(23)

El ángulo de fase se correlaciona significativamente y positivamente con la masa magra y masa celular corporal, pero está inversamente relacionado con la cantidad de agua extracelular en adultos sanos.(24) En esta investigación se halló que el ángulo de fase está correlacionado directa y significativamente con la cantidad de agua intracelular y la masa músculo esquelética, mas no con la masa grasa corporal, con la cual se evidenció una correlación inversa en hombres y en mujeres. Este hallazgo es similar a lo encontrado en un estudio realizado en atletas de diferentes disciplinas que fueron evaluados por bioimpedancia en el cual se encontró que el ángulo de fase se asoció positivamente con el agua intracelular y agua corporal total en hombres y negativamente con el porcentaje de grasa corporal en mujeres.(25)

Las correlaciones encontradas en la presente investigación entre ángulo de fase y los diferentes componentes de la composición corporal son más altas en mujeres que en hombres. La composición corporal y el monitoreo de fluidos

corporales es un tema relevante en deportes, una masa grasa corporal elevada, la hipo hidratación y la acumulación de líquidos (relación agua intra y extracelular) pueden afectar los resultados de la impedancia bioeléctrica (24), por lo tanto, se necesitan más trabajos de investigación para mejorar la comprensión del significado del ángulo de fase a nivel fisiológico en este grupo de estudio.

5. Conclusiones

El promedio de ángulo de fase, tanto en hombres como en mujeres en el presente estudio, fue alto. El ángulo de fase está correlacionado directa y significativamente con la cantidad de agua intracelular y la masa músculo esquelética, con la masa grasa corporal se evidenció una correlación inversa en hombres y en mujeres. No se encontró correlación estadísticamente significativa entre ángulo de fase y estructura corporal.

Agradecimientos

A Víctor Andocilla Aldaz, Coordinador para Chimborazo de la Federación Ecuatoriana de Fisicoculturismo, al Centro de actividad física VICTORY y a la empresa SIONMED-Equipos médicos y Antropométricos.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses para el desarrollo de esta investigación.

Limitaciones de responsabilidad

Los autores declaramos que todo lo expresado en este documento es de nuestra entera responsabilidad.

Fuentes de apoyo

Autofinanciado.

Referencias bibliográficas

1. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr* 1988; 48 (1): 16-23. PubMed PMID: 3389323.

2. Bosy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer RP, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2006; 30 (4): 309-16. PubMed PMID: 16804128.
3. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr*. 2013; 67 (Suppl 1): S2-S9.
4. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004; 23 (6):1430-1453.
5. Earthman CP. Body composition tools for assessment of adult malnutrition at the bedside: a tutorial on research considerations and clinical applications. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2015; 39 (7): 787-822.
6. Dittmar M. Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *Am J Phys Anthropol*. 2003; 122 (4):361-370.
7. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr* 2005; 82 (1): 49-52. PubMed PMID: 16002799.
8. Selberg O, Selberg D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86 (6): 509-16. Epub 2002 Jan 31. PubMed PMID: 11944099.
9. Gupta D, Lammersfeld CA, Vashi PG, King J, Dahlk SL, Grutsch JF, et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer* 2008; 8: 249. PubMed PMID: 18727837; PubMed Central PMCID: PMC2527613.
10. Gupta D, Lis CG, Dahlk SL, King J, Vashi PG, Grutsch JF, et al. The relationship between bioelectrical impedance phase angle and subjective global assessment in advanced colorectal cancer. *Nutr J*. 2008; 7:19. PubMed PMID: 18590554; PubMed Central PMCID: PMC2483715.
11. Gupta D, Lis CG, Dahlk SL, Vashi PG, Grutsch JF, Lammersfeld CA. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in advanced pancreatic cancer. *Br J Nutr* 2004; 92 (6): 957-62. PubMed PMID: 15613258.
12. Krause L, Becker M, Brueckner C, Bellinghausen C, Becker C, Schneider U, et al. Nutritional status as marker for disease activity and severity predicting mortality in patients with systemic sclerosis. *Ann Rheum Dis* 2010; 69 (11):1951-7. Epub 2010 May 28. PubMed PMID: 20511612.
13. Schwenk A, Beisenherz A, Römer K, Kremer G, Salzberger B, Elia M. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *Am J Clin Nutr*. 2000; 72 (2): 496-501. PubMed PMID: 10919947.
14. Scheunemann L, Wazlawik E, Bastos JL, Ristow T, Mayumi L. Agreement and association between the phase angle and parameters of nutritional status assessment in surgical patients. *Nutr Hosp* 2011; 26 (3): 480-7. PubMed PMID: 21892564.
15. Esparsa F, Vaquero R, Marfell-Jones M. Protocolo Internacional para la valoración antropométrica. UCAM, 2019: 79-81
16. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988; 48:16-23
17. Fischer H, Lembcke B. Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. *Innere Med*. 1991; 18:13-17.

18. Peters MA, Phelps L. Insatisfacción y distorsión de la imagen corporal, uso de esteroides y diferencias de sexo en culturistas de edad universitaria . *Psychol Schools* 2001; 38: 283-289
19. Arrighi A.A. Dimorfismo sexual humano. *Revista de la Asociación Médica Argentina*. 2012; 125(1):9-18
20. Cupisti A, Capitanini A, Betti G, D'Alessandro C, Barsotti G. Assessment of habitual physical activity and energy expenditure in dialysis patients and relationships to nutritional parameters. *Clin Nephrol*. 2010; 75:218 e25. doi: 8445.
21. Jungblut SA, Frickmann H, Zimmermann B, Muller U, Bargon J. The effects of physical training on the body composition of patients with COPD. *Pneumologie* 2009; 63:374e9. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1214713>.
22. Mattiello R, Azambuja M, Mundstock E, Klarmann P. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and metaanalysis involving more than 250,000 subjects, *Clinical Nutrition*, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.07.004>
23. Dittmar M. Reliability and Variability of Bioimpedance Measures in Normal Adults: Effects of Age, Gender, and Body Mass. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY*. 2003; 122:361–370
24. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield S. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr* 2016; 103(3):712-716
25. Marini E, Campa F, Buffa R, Toselli S, Sardinha L, Silva A, et al., Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clinical Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.02.016>