

Correlación del Ángulo de Fase con las Masas Muscular y Grasa en una Población Caucásica Sana de Amplio Rango de Edad

Correlation of Phase Angle with Muscle and Fat Mass in
a Healthy Caucasian Population of a Wide Age Range

Daniel Rojano-Ortega¹; Heliodoro Moya-Amaya^{1,2}; Antonio Jesús Berral-Aguilar¹;
Antonio Molina-López^{1,3} & Francisco José Berral-de la Rosa¹

ROJANO-ORTEGA, D.; MOYA-AMAYA, H.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; MOLINA-LÓPEZ, A. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Correlación del ángulo de fase con las masas muscular y grasa en una población caucásica sana de amplio rango de edad. *Int. J. Morphol.*, 42(4):918-922, 2024.

RESUMEN: El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) es un método relativamente económico, rápido y no invasivo para la determinación de la composición corporal. El ángulo de fase (PhA) es un indicador de la salud celular y de la integridad de la membrana y parece estar relacionado con la capacidad física y el rendimiento deportivo. El objetivo de este estudio fue el de analizar las posibles relaciones entre PhA y el porcentaje de masa muscular esquelética (SMM%) y entre PhA y el porcentaje de masa grasa (FM%) en una población caucásica sana, con un amplio rango de edad. Se analizaron 210 sujetos caucásicos sanos (99 mujeres y 111 hombres), de edades comprendidas entre 20 y 70 años. Se utilizó un dispositivo BIA mano-pie (BIA-101, AKERN-Srl, Firenze, Italy) para la determinación de los parámetros bioeléctricos y un escáner DXA de cuerpo entero QDR, serie Horizon (Hologic Inc., Bedford, MA, USA) para la determinación de SMM% y FM%. Se observaron correlaciones significativas positivas fuertes entre PhA y SMM%, independientemente de la franja de edad, (0,520-0,687; $p < 0,01$) y correlaciones significativas negativas fuertes (o moderadas/fuertes) entre PhA y FM% (0,492-0,657; $p < 0,01$), también independientemente de la franja de edad. Estas correlaciones indican que PhA podría utilizarse como marcador para ver la evolución de un sujeto activo, sea deportista o no. Se recomienda, por tanto, el desarrollo y la validación de nuevas ecuaciones para determinar la masa muscular y la masa grasa, que incluyan PhA como parámetro bioeléctrico.

PALABRAS CLAVE: Composición corporal; Rendimiento; BIA; DXA.

INTRODUCCIÓN

En los humanos, la medición de la composición corporal juega un papel importante en múltiples ámbitos. En la mayoría de las modalidades deportivas, por ejemplo, un exceso de masa grasa reduce el rendimiento, mientras que una mayor cantidad de masa libre de grasa es normalmente asociada a una mayor capacidad de desarrollar fuerza y potencia muscular (Genton *et al.*, 2019; Vaquero-Cristóbal *et al.*, 2020).

También es importante en poblaciones no deportistas puesto que, por ejemplo, mayores porcentajes de masa grasa han sido relacionados con diversas patologías cardiovasculares y niveles reducidos de masa muscular o de

contenido mineral óseo han sido asociados a un aumento del riesgo de lesiones en personas mayores (Zamboni *et al.*, 2008; Dhana *et al.*, 2015).

Dado que es imposible la medición directa de los tejidos corporales en el ser humano, existen métodos indirectos con buena fiabilidad y validez, como la resonancia magnética o la densitometría dual de rayos X (DXA), pero suelen ser muy costosos y requerir una formación especializada de la persona que los usa, por lo se han desarrollado métodos llamados doblemente indirectos, como el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), más accesibles y económicos (Marra *et al.*, 2019a; Campa *et al.*, 2021).

¹ Grupo de Investigación CTS-595. Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

² Departamento de Nutrición del Betis Balompié, Sevilla, España.

³ Departamento de Nutrición de Udinese Calcio, Udine, Italia.

BIA es un método rápido y no invasivo para la medición de la composición corporal. Los dispositivos BIA introducen en el cuerpo humano una débil corriente alterna, detectan la caída de voltaje que se produce al atravesarlo y a partir de ella calculan parámetros bioeléctricos, como la resistencia, la reactancia y el ángulo de fase (PhA) (Earthman, 2015). Estos parámetros son luego introducidos en ecuaciones específicas para la determinación de la composición corporal, que han sido previamente desarrolladas (Owen *et al.*, 2018).

La resistencia, la reactancia y PhA son tres parámetros que no están influenciados por los errores de las ecuaciones que se usan para la determinación de la composición corporal (Bosy-Westphal *et al.*, 2006). La resistencia representa la oposición que ofrecen los líquidos intra y extracelulares al paso de una corriente eléctrica, mientras que la reactancia representa la oposición de las membranas celulares al paso de dicha corriente (Kyle *et al.*, 2004). PhA se calcula a partir de ellas como el arco-tangente de la razón entre la reactancia y la resistencia (Earthman, 2015).

Distintos autores han sugerido que PhA es un indicador de la salud celular, de la integridad de la membrana y de la función celular (Norman *et al.*, 2012; Koury *et al.*, 2014; Moya-Amaya *et al.*, 2021). En el deporte, ha sido recientemente usado como un indicador de la capacidad física y del estado nutricional del deportista (Mundstock *et al.*, 2019). En corredores de media distancia ha sido también positivamente correlacionado con el rendimiento (Genton *et al.*, 2020) y en jugadores de fútbol masculinos se ha observado cómo los jugadores de menor nivel presentan PhA menores (Micheli *et al.*, 2014).

Dado que parece demostrado que PhA está relacionado con la capacidad física y el rendimiento, es lógico pensar que debe existir una correlación positiva entre este y la masa muscular esquelética y una correlación negativa entre este y la masa grasa. Por tanto, el objetivo de este estudio fue el de analizar las posibles relaciones entre PhA y el porcentaje de masa muscular esquelética (SMM%) y entre PhA y el porcentaje de masa grasa (FM%) en una población caucásica sana, con un amplio rango de edad.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes. En este estudio participaron 210 sujetos caucásicos sanos (99 mujeres y 111 hombres), de edades comprendidas entre 20 y 70 años. Eran sujetos de poblaciones andaluzas sin ningún requisito específico relativo al índice de masa corporal o al nivel de actividad física. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki. El estudio fue

aprobado por el Comité de Ética Científica de dos hospitales españoles (C.P. PIS-CC C.I. 2061-N-21).

Análisis de impedancia bioeléctrica. Se utilizó un dispositivo BIA mano-pie (BIA-101, AKERN-Srl, Firenze, Italy) y se realizaron las mediciones siguiendo las indicaciones del fabricante. La resistencia, la reactancia y PhA se determinaron con una corriente de 250 μ A y una única frecuencia de 50 kHz. Los participantes se encontraban en posición decúbito supino con cuatro electrodos adhesivos colocados en el dorso de las manos y otros cuatro electrodos colocados en los tobillos. Todas las mediciones se realizaron durante la mañana con la vejiga vacía, después de haber ayunado toda la noche o bien al menos tres horas después de haber realizado un desayuno ligero. Los participantes no habían realizado ninguna actividad física intensa ni habían consumido alcohol o alguna sustancia estimulante durante las 12 horas previas a la medición.

Absorciometría dual de rayos X. Inmediatamente después de BIA, se llevó a cabo un análisis DXA mediante un escáner de cuerpo entero QDR, serie Horizon (Hologic Inc., Bedford, MA, USA). El análisis se realizó siempre por el mismo técnico cualificado, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Todas las mediciones se hicieron a la misma temperatura en una habitación ventilada. Los participantes debían quitarse todos los objetos metálicos y permanecer inmóviles en decúbito supino con los miembros superiores extendidos a los lados. El software del dispositivo proporcionaba directamente FM% pero no SMM%. Por tanto, se calculó la masa magra apendicular total como suma de la masa magra de los miembros inferiores y superiores y la masa muscular esquelética en kilogramos fue estimada mediante la ecuación propuesta por Kim *et al.* (2002), que posteriormente se calculó en porcentaje. La ecuación usada fue la siguiente:

$$SMM (kg) = 1,13 \cdot alst - 0,02 \cdot edad + 0,061 \cdot sexo + 0,97$$

donde sexo = 1 para hombres y 0 para mujeres, alst es masa magra apendicular total en kg y la edad es en años.

Análisis estadístico. El análisis estadístico fue llevado a cabo con el programa SPSS para Windows (v. 22.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Se calcularon las medias y las desviaciones típicas de todas las variables analizadas. Se comprobó la condición de normalidad de dichas variables mediante el test de Shapiro-Wilk para muestras menores de 50 sujetos y el de Kolmogorov-Smirnov para muestras mayores de 50 sujetos. Como se cumplió siempre dicha condición, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para comprobar si existía alguna relación entre PhA y SMM% y entre PhA y FM%. La correlación se interpretó

de acuerdo a los siguientes valores del coeficiente de correlación: trivial (<0,1), débil (0,1–0,3), moderada (0,3–0,5), fuerte (0,5–0,7), muy fuerte (0,7–0,9) y casi perfecta (>0,9) (Hopkins *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Las medias y las desviaciones típicas de PhA, SMM% y FM% para el grupo de 210 participantes, así como para los subgrupos por franjas de edad se encuentran en la Tabla I.

Los valores de PhA y de SMM% decrecen conforme aumenta la edad de los participantes, mientras que FM% aumenta a medida que aumenta la edad. Los coeficientes de correlación entre PhA y SMM% y entre PhA y FM% para el grupo de 210 participantes, así como para los subgrupos por franjas de edad se pueden ver en la Tabla II.

Independientemente de la franja de edad en la que nos encontremos, existe una correlación positiva fuerte entre PhA y SMM%. De forma análoga, existe una correlación negativa fuerte entre PhA y FM% en todas las franjas de edad, excepto en la franja de edad comprendida entre 60 y 70 años, donde es moderada/fuerte.

Tabla I. Estadística descriptiva de las variables analizadas del grupo completo y por franjas de edad.

Rango de edad (años)	Participantes por grupo (n)	PhA (media ± sd)	SMM% (media ± sd)	FM% (media ± sd)
(20-30)	49	6,39 ± 0,94	36,56 ± 6,12	26,21 ± 7,06
(30-40)	31	6,23 ± 0,85	35,02 ± 6,27	28,16 ± 9,58
(40-50)	50	6,17 ± 0,79	33,24 ± 6,55	29,77 ± 9,19
(50-60)	58	5,73 ± 0,68	30,82 ± 5,51	32,73 ± 8,13
(60-70)	22	5,27 ± 0,52	29,36 ± 3,60	33,86 ± 6,04
(20-70)	210	6,01 ± 0,86	33,20 ± 6,34	29,95 ± 8,58

sd, desviación típica; PhA, ángulo de fase; SMM%, porcentaje de masa muscular esquelética; FM%, porcentaje de masa grasa.

Tabla II. Coeficientes de correlación de Pearson entre PhA y SMM% y entre PhA y FM%. Se muestran tanto para el grupo completo como para las distintas franjas de edad.

Rango de edad (años)	Participantes por grupo (n)	Coefficiente de correlación entre PhA y SMM %	Coefficiente de correlación entre PhA y FM %
(20-30)	49	0,520**	-0,657**
(30-40)	31	0,687**	-0,566**
(40-50)	50	0,673**	-0,606**
(50-60)	58	0,552**	-0,595**
(60-70)	22	0,604**	-0,492**
(20-70)	210	0,654**	-0,635**

PhA, ángulo de fase; SMM%, porcentaje de masa muscular esquelética; FM%, porcentaje de masa grasa. **, correlación significativa ($p < 0,01$).

DISCUSIÓN

Dado que PhA ha sido relacionado recientemente con la capacidad física y el rendimiento deportivo, el objetivo de este estudio fue el de analizar si existe una relación entre PhA y SMM%, así como entre PhA y FM%. Nuestros resultados permiten concluir que dicha relación efectivamente existe.

En el ámbito deportivo, Micheli *et al.* (2014), seleccionaron una muestra de 893 jugadores de fútbol de las ligas italianas que dividieron en cinco grupos en función del nivel deportivo. Observaron que aquellos jugadores de menor nivel tenían también menores PhA y sugirieron que el ángulo de fase mayor, encontrado en los jugadores de mayor nivel, podría indicar una mejor función muscular. Análogamente, Genton *et al.* (2020), analizaron una muestra de 2264 corredores, 1025 mujeres y 1239 hombres, y observaron que existía una correlación significativa positiva entre PhA y la velocidad de carrera, tanto en mujeres como en hombres, por lo que concluyeron que el ángulo de fase podría ser un marcador del rendimiento físico.

Conclusiones similares obtienen otros estudios realizados en diferentes disciplinas deportivas (Giorgi *et al.*, 2018; Marra *et al.*, 2019b) e incluso en mujeres sedentarias después de un entrenamiento de 12 semanas (Hernández-Jaña *et al.*, 2021). Además, Mundstock *et al.* (2019), llevaron a cabo una revisión sistemática y un meta-análisis con 9 estudios, para analizar las posibles relaciones entre la actividad física y PhA. Observaron que, en los estudios transversales incluidos, aquellos sujetos físicamente activos presentaban PhA mayores y que en los estudios longitudinales, las diferencias entre el PhA antes y después de la realización del estudio eran mayores en aquellos sujetos que habían seguido un programa de actividad física.

Todos esos estudios sugirieron que el PhA podría estar relacionado con la masa muscular y con la función muscular, pero ninguno de ellos estudió directamente la posible relación entre ambos. Esa relación sí fue analizada por Jaremków *et al.* (2022), en un grupo de hombres y

mujeres jóvenes universitarios, encontrando que existía una correlación positiva significativa de moderada a fuerte entre PhA y la masa muscular. En la misma línea, Molina-López *et al.* (2022), analizaron los cambios en la composición corporal y en PhA de 18 jugadores de fútbol de la primera división italiana durante la pretemporada, observando una correlación fuerte entre el cambio en la masa magra de los miembros inferiores y el cambio en el PhA.

En la misma línea, Jaremków *et al.* (2022), también encontraron una correlación negativa significativa de moderada a fuerte entre PhA y la masa grasa. No obstante, una reciente revisión que incluyó bastantes estudios en los que se analizaba la relación entre PhA y la masa muscular y entre PhA y la masa grasa (Martins *et al.*, 2023), obtuvo como resultado que el PhA estaba directamente relacionado con la masa muscular en diferentes grupos de edad, sanos o con distintas patologías, pero que no había suficiente evidencia que demostrara la asociación entre PhA y la masa grasa.

Nuestro estudio pretendía estudiar esas relaciones en una población caucásica sana con un amplio rango de edad. La correlación significativa positiva fuerte encontrada, independientemente de la franja de edad, entre PhA y SMM% (0,520-0,687; $p < 0,01$), indica que esa relación existe realmente. Análogamente, la correlación significativa negativa fuerte o moderada/fuerte encontrada, independientemente de la franja de edad, entre PhA y FM% (0,492-0,657; $p < 0,01$), indica que esa relación también existe realmente. Dado que PhA es un parámetro al que no afectan los posibles errores de las ecuaciones usadas para la determinación de la composición corporal, podría utilizarse como marcador para ver la evolución de un deportista o de un sujeto activo a lo largo de una temporada.

Muchos estudios recientes han demostrado que cuando se usan las ecuaciones proporcionadas por los fabricantes para la determinación de la composición corporal, los resultados obtenidos con BIA difieren de los obtenidos por otros métodos considerados de referencia, pero es posible desarrollar nuevas ecuaciones que reduzcan esos errores (Gutiérrez-Marín *et al.*, 2021; Bas, *et al.*, 2023; Rojano-Ortega *et al.*, 2024). Además, en una reciente revisión realizada en atletas (Campa *et al.*, 2022), se puede observar que la mayoría de las ecuaciones desarrolladas para la estimación de la composición corporal incluyen la resistencia y la reactancia como parámetros bioeléctricos, pero no PhA. A la vista de nuestros resultados, sería aconsejable desarrollar y validar nuevas ecuaciones para determinar la masa muscular y la masa grasa a partir de parámetros antropométricos como la edad, la altura y la masa, incluyendo también PhA como parámetro bioeléctrico.

CONCLUSIONES

La literatura previa ha sugerido que PhA es un indicador de la salud celular, de la integridad de la membrana y de la función celular y, en el ámbito deportivo, parece ser que está relacionado con la capacidad física y el rendimiento. Las correlaciones significativas positivas fuertes encontradas entre PhA y SMM% y las correlaciones significativas negativas fuertes entre PhA y FM% indican que PhA podría utilizarse como marcador para ver la evolución de un deportista o un sujeto activo a lo largo de una temporada. Sería aconsejable el desarrollo y la validación de nuevas ecuaciones para determinar la masa muscular y la masa grasa que incluyan PhA como parámetro bioeléctrico.

AGRADECIMIENTOS. Los autores quieren dar las gracias a todos los participantes en este estudio.

ROJANO-ORTEGA, D.; MOYA-AMAYA, H.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; MOLINA-LÓPEZ, A. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Correlation of phase angle with muscle and fat mass in a healthy caucasian population of a wide age range. *Int. J. Morphol.*, 42(4):918-922, 2024.

SUMMARY: Bioelectrical impedance analysis (BIA) is a non-invasive, economic and fast method for body composition assessment. Phase angle (PhA) is considered an indicator of cellular health and cell membrane integrity, and it seems to be related to physical capacity and performance. The aim of this study was to analyze the possible relationships between PhA and skeletal muscle mass percentage (SMM%) and between PhA and fat mass percentage (FM%) in a healthy Caucasian population with a wide age range. 210 healthy Caucasian participants (99 women and 111 men), aged 20–70 years were analyzed. A BIA foot-to-hand body composition analyzer (BIA-101, AKERN-Srl, Firenze, Italy) was used to determine bioelectrical parameters, and a whole body DXA scanner QDR, serie Horizon (Hologic Inc., Bedford, MA, USA) was used for SMM% and FM% assessment. Irrespective of age range, strong positive significant correlations were observed between PhA and SMM% (0.520-0.687; $p < 0.01$) and strong (or moderate/strong) negative significant correlations were observed between PhA and FM% (0.492-0.657; $p < 0.01$). These correlations indicate that PhA could be used as a marker to monitor the evolution of an active subject, whether an athlete or not. It would be useful to develop and validate new equations for skeletal muscle mass and fat mass assessment, which include PhA as a bioelectrical parameter.

KEY WORDS: Body composition; Performance; BIA; DXA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bas, D.; Arbal, M. E.; Vardareli, E.; Sönmez, O.; Oyan, B.; Özden, B. C. & Sonkaya, A. Validation of bioelectrical impedance analysis in the evaluation of body composition in patients with breast cancer. *Nutr. Clin. Pract.*, 38:817-29, 2023.
- Bosy-Westphal, A.; Danielzik, S.; Dörhöfer, R. P.; Later, W.; Wiese, S. & Müller, M. J. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: Population reference values by age, sex, and body mass index. *J. Parenter. Enteral Nutr.*, 30(4):309-16, 2006.
- Campa, F.; Gobbo, L. A.; Stagi, S.; Cyrino, L. T.; Toselli, S.; Marini, E. & Coratella, G. Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 122:561-89, 2022.
- Campa, F.; Toselli, S.; Mazzilli, M.; Gobbo, L. A. & Coratella, G. Assessment of body composition in athletes: a narrative review of available methods with special reference to quantitative and qualitative bioimpedance analysis. *Nutrients*, 13:1620, 2021.
- Dhana, K.; Kavousi, M.; Ikram, M. A.; Tiemeier, H. W.; Hofman, A. & Franco, O. H. Body shape index in comparison with other anthropometric measures in prediction of total and cause-specific mortality. *J. Epidemiol. Community Health*, 70(1):90-6, 2015.
- Earthman, C. P. Body composition tools for assessment of adult malnutrition at the bedside: a tutorial on research considerations and clinical applications. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.*, 39(7):787-822, 2015.
- Genton, L.; Mareschal, J.; Karsegard, V. L.; Achamrah, N.; Delsoglio, M.; Pichard, C.; Graf, C. & Herrmann F.R. An Increase in Fat Mass Index Predicts a Deterioration of Running Speed. *Nutrients*, 11(3):701, 2019.
- Genton, L.; Mareschal, J.; Norman, K.; Karsegard, V. L.; Delsoglio, M.; Pichard, C.; Graf, C. & Herrmann, F. R. Association of phase angle and running performance. *Clin. Nutr. ESPEN*, 37:65-8, 2020.
- Giorgi, A.; Vicini, M.; Pollastri, L.; Lombardi, E.; Magni, E.; Andreazzoli, A.; Orsini, M.; Bonifazi, M.; Lukaski, H. & Gatterer, H. Bioimpedance patterns and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) of road cyclists. *J. Sports. Sci.*, 36(22):2608e13, 2018.
- Gutiérrez-Marín, D.; Escribano, J.; Closa-Monasterolo, R.; Ferré, N.; Venables, M.; Singh, P.; Wells, J. C.; Muñoz-Hernando, J.; Zaragoza-Jordana, M.; Gispert-Llauradó, M.; Rubio-Torrents, C.; Alcázar, M.; Núñez-Roig, M.; Feliu, A.; Basora, J.; González-Hidalgo, R.; Diéguez, M.; Salvadó, O.; Pedraza, A. & Luque, V. Validation of bioelectrical impedance analysis for body composition assessment in children with obesity aged 8-14y. *Clin Nutr.*, 40(6):4132-9, 2021.
- Hernández-Jaña, S.; Abarca-Moya, D.; Cid-Pizarro, Í.; Gallardo-Strelow, J.; González-Pino, Y.; Zavala-Crichton, J.; Olivares-Arancibia, J.; Mahecha-Matsudo, S. & Yáñez-Sepúlveda, R. Effects of a concurrent training protocol on body composition and phase angle in physically inactive young women: a quasi-experimental intervention study. *Int. J. Morphol.*, 39(6):1600-8, 2021.
- Hopkins, W.; Marshall, S.; Batterham, A. & Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 41(1):3-13, 2009.
- Jaremków, A.; Markiewicz-Górka, I.; Hajdusianek, W. & Gac, P. Relationships between body composition parameters and phase angle as related to lifestyle among young people. *J. Clin. Med.*, 11(1):80, 2022.
- Kim, J.; Wang, Z.; Heymsfield, S. B.; Baumgartner, R. N. & Gallagher, D. Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76(2):378-83, 2002.
- Koury J. C., Trugo N. M. F. & Torres A. G. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 9(5):798-804, 2014.
- Kyle, U. G.; Bosaeus, I.; De Lorenzo, A. D. Deurenberg, P.; Elia, M.; Gómez, J. M.; Heitmann, B. L.; Kent-Smith, L.; Melchior, J. C.; Pirlich, M.; Scharfetter, H.; Schols, A. M. & Pichard, C. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.*, 23(5):1226-43, 2004.
- Marra, M.; Sammarco, R.; De Filippo, E.; De Caprio, C.; Speranza, E.; Contaldo, F. & Pasanisi, F. Resting energy expenditure, body composition and phase Angle in anorectic, ballet dancers and constitutionally lean males. *Nutrients*, 11(3):502, 2019a.
- Marra, M.; Sammarco, R.; De Lorenzo, A.; Iellamo, F.; Siervo, M.; Pietrobelli, A.; Domini, L. M.; Santarpia, L.; Cataldi, M.; Pasanisi, F.; et al. Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DXA): a critical overview. *Contrast Media Mol. Imaging*, 2019:e3548284, 2019b.
- Martins, P. C.; Alves Junior, C. A. S.; Silva, A. M.; Silva, D. A. S. Phase angle and body composition: A scoping review. *Clin. Nutr. ESPEN*, 56:237-50, 2023.
- Micheli, M. L.; Pagani, L.; Marella, M.; Gulisano, M.; Piccoli, A.; Angelini, F.; Burtscher, M. & Gatterer, H. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 9(3):532-9, 2014.
- Molina-López, A.; Moya-Amaya, H.; Estevan-Navarro, P.; Berral-Aguilar, A. J.; Rojano-Ortega, D. & Berral-De La Rosa, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-54, 2022.
- Moya-Amaya, H.; Molina-López, A.; Berral-Aguilar, A. J.; Rojano-Ortega, D.; Berral-De La Rosa, C. J. & Berral-De La Rosa, F. J. Bioelectrical phase angle, muscle damage markers and inflammatory response after a competitive match in professional soccer players. *Pol. J. Sport Tourism*, 28(2):8-13, 2021.
- Mundstock, E.; Amaral, M. A.; Baptista, R. R.; Sarria, E. E.; Dos Santos, R. R. G.; Filho, A. D.; Rodrigues, C. A. S.; Forte, G. C.; Castro, L.; Padoin, A. V.; Stein, R.; Perez, L. M.; Ziegelmann, P. K. & Mattiello, R. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: systematic review and meta-analysis. *Clin. Nutr.*, 38(4):1504-10, 2019.
- Norman, K.; Stobäus, N.; Pirlich, M. & Bosy-Westphal, A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin. Nutr.*, 31(6):854-61, 2012.
- Owen, A. L.; Lago-Peñas, C.; Dunlop, G.; Mehdi, R.; Chtara, M. & Dellal, A. Seasonal body composition variation amongst elite european professional soccer players: an approach of talent identification. *J. Hum. Kinet.*, 61:177-84, 2018.
- Rojano-Ortega, D.; Moya-Amaya, H.; Berral-Aguilar, A. J.; Baratto, P.; Molina-López, A. & Berral-de la Rosa, A. J. Development and validation of new bioelectrical impedance equations to accurately estimate fat mass percentage in a heterogeneous Caucasian population. *Nutr. Res.*, 123:80-87, 2024.
- Vaquero-Cristóbal, R.; Albaladejo-Saura, M.; Luna-Badachi, A. E. & Esparza-Ros, F. Differences in fat mass estimation formulas in physically active adult population and relationship with sums of skinfolds. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(21):7777, 2020.
- Zamboni, M.; Mazzali, G.; Fantin, F.; Rossi, A. & Di Francesco, V. Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 18(5):388-95, 2008.

Dirección para correspondencia:
Francisco José Berral de la Rosa
Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Spain
Carretera de Utrera km 1, 41013-Sevilla
SPAIN

E-mail: fberde@upo.es

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3552-8262>