

CARACTERIZACIÓN DEL ÁNGULO DE FASE EN PACIENTES DIABÉTICOS

Phase angle characterization in diabetic patients

 Sebastian Alejandro Camacho Barragán ⁽¹⁾
scamacho6531@uta.edu.ec

 Cristina Alexandra Arteaga Almeida ⁽¹⁾
ca.arteaga@uta.edu.ec

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias de la salud, Carrera de Nutrición y dietética, Ambato, Ecuador.

Autor de correspondencia:

CSebastian Alejandro Camacho Barragán, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, correo electrónico: scamacho6531@uta.edu.ec, Teléfono: 0979378594

RESUMEN

Introducción: La caracterización del ángulo de fase, medido por la bioimpedancia eléctrica, es un marcador clínico clave en pacientes con diabetes mellitus, masa muscular, tejido adiposo y grasa visceral; permite su análisis como factor de relación directa con la respuesta tisular y celular. **Objetivo:** Este estudio tiene por objetivo aplicar estadística descriptiva segmentada por sexo y edad para obtener puntos de control tipo intervalo, sobre el ángulo de fase en correlación con las complicaciones metabólicas. **Metodología:** Se realizó un estudio transversal con un análisis correlacional de Pearson y un análisis de los componentes principales, evaluando el ángulo de fase en relación con la composición corporal y las complicaciones metabólicas derivadas de la diabetes mellitus tipo 2. **Resultados:** Se evaluaron 121 pacientes con diabetes mellitus tipo 2 mediante análisis descriptivo y varianza utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, considerando los componentes del ángulo de fase en brazos, piernas y tronco, desglosados por sexo. **Discusión:** En este estudio se evaluó la relación entre el ángulo de fase y las complicaciones metabólicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Se estableció un intervalo de control de ángulo de fase entre 5 y 7 puntos; valores inferiores a 5 se asociaron con síndromes inflamatorios y complicaciones metabólicas. **Conclusiones:** El ángulo de fase se posiciona como un indicador clave para la identificación y manejo de complicaciones metabólicas en diabetes mellitus tipo 2.

Palabras claves: *ángulo de fase, bioimpedancia eléctrica, diabetes mellitus, masa muscular, grasa visceral, tejido adiposo, complicaciones metabólicas.*

ABSTRACT

Introduction: The characterization of the phase angle, measured by electrical bioimpedance, is a key clinical marker in patients with diabetes mellitus, muscle mass, adipose tissue and visceral fat; it allows its analysis as a factor of direct relationship with tissue and cellular response. **Objective:** The present study has been devised to apply descriptive statistics, which are to be segmented according to sex and age, with a view to obtaining interval-type control points on the phase angle in correlation with metabolic complications. **Methodology:** A cross-sectional study design was employed, incorporating both a Pearson correlational analysis and a principal component analysis. The objective of this analysis was to evaluate the relationship between phase angle and body composition as well as metabolic complications associated with type 2 diabetes mellitus. **Results:** 121 patients with type 2 diabetes mellitus were evaluated by descriptive analysis and variance using the Kolmogorov-Smirnov test, considering the components of the phase angle in arms, legs and trunk, broken down by sex. **Discussion:** In this study, the relationship between phase angle and metabolic complications in patients with type 2 diabetes mellitus was evaluated. A phase angle control interval between 5 and 7 points was established; values below 5 were associated with inflammatory syndromes and metabolic complications. **Conclusions:** The phase angle is positioned as a key indicator for the identification and management of metabolic complications in type 2 diabetes mellitus.

Keywords: *phase angle, electrical bioimpedance, diabetes mellitus, muscle mass, visceral fat, adipose tissue, metabolic complications.*

1. Introducción

El ángulo de fase (AF) es una medida derivada de la bioimpedancia eléctrica (BIA), que ha ganado relevancia en la práctica clínica y la investigación, especialmente en la evaluación de la composición corporal y el estado nutricional en diversas poblaciones, incluidas aquellas con enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). La BIA es una técnica no invasiva que mide la resistencia y reactancia del cuerpo al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad, permitiendo estimar la composición corporal, en particular, la masa muscular, el tejido adiposo y la distribución de líquidos en el organismo (1). El AF se calcula a partir de la relación entre la resistencia y la reactancia, y se ha propuesto como un marcador indirecto de la integridad celular y la cantidad de masa celular corporal activa (2).

En el contexto de la DM2, una enfermedad caracterizada por alteraciones metabólicas que incluyen hiperglucemia crónica y resistencia a la insulina, el AF ha mostrado ser un indicador relevante de la salud celular y la composición corporal. La DM2 afecta negativamente la masa muscular y aumenta el riesgo de acumulación de grasa visceral, lo cual está asociado con un mayor riesgo de complicaciones metabólicas como la nefropatía, la neuropatía y la retinopatía diabéticas, así como con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (3). El deterioro de la masa muscular y el aumento de la adiposidad visceral en pacientes con DM2 pueden reflejarse en alteraciones del AF, lo que sugiere su potencial como una herramienta para la evaluación del riesgo y la estratificación de pacientes según su estado metabólico y nutricional (4).

Los estudios han demostrado que un AF bajo en pacientes con diabetes mellitus tipo dos como base, mismo que entran dentro de un criterio de intervalo entre (5 y 7), se asocia con un peor pronóstico en diversas condiciones clínicas, incluyendo enfermedades crónicas como la insuficiencia renal crónica y la insuficiencia cardíaca, así como en poblaciones oncológicas, que presenta mayor tasa de vulnerabilidad (5). En pacientes con DM2, un AF reducido podría reflejar una disminución de la masa celular activa y una mayor inflamación crónica, factores que contribuyen a la progresión de complicaciones metabólicas y cardiovasculares (6). Así, el AF podría utilizarse como marcador de estado nutricional y como indicador pronóstico en la evaluación de pacientes diabéticos, lo que permitiría una

intervención terapéutica más temprana y personalizada (7).

Epidemiológicamente, la DM2 ha alcanzado proporciones pandémicas, afectando a millones de personas en todo el mundo y representando una carga significativa para los sistemas de salud (8). Según la Federación Internacional de Diabetes, se estima que para 2030, el número de personas con diabetes a nivel global podría superar los 500 millones (9). En este escenario, la identificación de marcadores que permitan una mejor estratificación del riesgo y una intervención más efectiva es crucial (10). El AF, al ser una medida fácil de obtener y no invasiva, podría desempeñar un papel importante en la gestión integral de la DM2, especialmente en la identificación de pacientes con mayor riesgo de desarrollar complicaciones graves (11).

Además, el aumento del riesgo cardio-metabólico está asociado con la circunferencia de la cintura, un indicador antropométrico de acumulación de grasa visceral. Este factor influye en el equilibrio endocrino-lipídico a través de la función de la leptina y la adiponectina (12). Estas hormonas regulan no solo los picos de apetito y la ingesta de alimentos, sino que también participan en rutas alternativas de señalización que afectan la sensibilidad o resistencia a la insulina ante desajustes metabólicos (13).

Este estudio busca aplicar estadísticas descriptivas, segmentadas por sexo y edad, con la finalidad de establecer intervalos de control sobre el ángulo de fase y su correlación con complicaciones metabólicas; dado que la principal problemática derivada de la diabetes mellitus es el deterioro progresivo de diversos sistemas del cuerpo humano (14).

2. Materiales y Métodos

En el presente artículo se realizó un estudio transversal con un análisis correlacional de Pearson y un análisis de los componentes principales, tomando como base un muestreo aleatorizado de 121 pacientes con diabetes mellitus tipo 2, distribuidos en un 60% mujeres y un 40% hombres, con edades comprendidas entre 18 y 65 años. Los criterios de inclusión se centraron en pacientes diabéticos del tipo 2, con presencia de complicaciones fisiológicas. Se excluyeron pacientes con enfermedades crónicas no relacionadas con la diabetes o alteraciones derivadas de las mismas, así como aquellos con un historial de complicaciones metabólicas graves.

Variables del estudio

Variable independiente: El ángulo de fase medido mediante bioimpedancia eléctrica (evaluado con el equipo "In-body S10").

Variable dependiente: Las complicaciones fisiológicas asociadas a la diabetes. Estas incluyen las alteraciones o efectos secundarios que se analizan en función del ángulo de fase.

La relación entre estas variables permite evaluar si las mediciones del ángulo de fase pueden correlacionarse con el grado o tipo de complicaciones que experimentan los pacientes diabéticos.

Instrumentos de recolección

Los instrumentos utilizados fueron tallímetros y balanzas marca "SECA", así como una cinta antropométrica para determinar el riesgo cardiometabólico. El ángulo de fase fue evaluado mediante un equipo de bioimpedancia eléctrica tipo "In-body S10". Es importante recalcar que los pacientes mantuvieron un reposo de 15 minutos en posición supina sobre una camilla con componentes aislantes para evitar interacciones que alteraran los resultados.

Análisis estadístico

Los datos fueron almacenados en una base de datos digital y posteriormente transcritos a una matriz en Excel para su análisis estadístico empleando el programa SPSS. Además, se realizaron encuestas basadas en la historia clínica, que incluían el inicio y la duración de la enfermedad, así como las complicaciones y medicamentos consumidos.

Consideraciones éticas

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación en Seres Humanos, con resolución Nro. UTA-CONIN-2024-0244-R, y se utilizó un modelo de consentimiento informado donde, cada participante autorizó de forma consciente y voluntaria la manipulación y uso de los datos para el presente estudio.

3. Resultados

Tabla 1. Análisis descriptivo de componentes por sexo en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo "2", según ángulos de fase seccionados.

Tabla 1: Análisis descriptivo de componentes por sexo en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo "2", según ángulos de fase seccionados

COMPONENTES	SEXO	MEDIA ± DESVÍO ESTÁNDAR	P*
ANGULO DE FASE BRAZO DERECHO	Femenino	4,87 ± 0,72	0,2
	Masculino	5,17 ± 0,85	0,2
ANGULO DE FASE BRAZO IZQUIERDO	Femenino	4,63 ± 0,67	0,2
	Masculino	5,06 ± 0,86	0,2
ANGULO DE FASE TRONCO	Femenino	5,60 ± 1,38	0,13
	Masculino	6,28 ± 1,38	0,2
PIERNA DERECHA ANGULO DE FASE	Femenino	5,17 ± 1,22	0,2
	Masculino	5,34 ± 1,18	0,2
PIERNA IZQUIERDA ANGULO DE FASE	Femenino	5,13 ± 1,21	0,2
	Masculino	5,30 ± 1,23	0,2
ANGULO DE FASE GENERAL	Femenino	5,025 ± 0,88	0,2
	Masculino	5,30 ± 0,96	0,2

En la tabla 1 se representan los resultados del análisis descriptivo y varianza por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, de los componentes del AF brazo derecho, brazo izquierdo, pierna derecha, pierna izquierda, troco y general en 121 pacientes con diabetes mellitus tipo 2; desglosados por sexo.

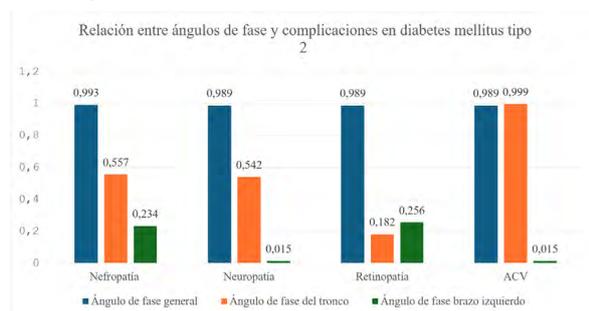
Tabla 2: Clasificación del ángulo de fase en pacientes con DMT2.

Clasificación ángulo de fase	Valor de ángulo de (AF)	N	Media
BRAZO DERECHO ANGULO DE FASE	1	28	3,986 ± 0,4240
BRAZO IZQUIERDO ANGULO DE FASE	2	93	5,240 ± 0,5924
TRONCO ANGULO DE FASE	1	28	3,846 ± 0,4316
PIERNA DERECHA ANGULO DE FASE	2	93	5,012 ± 0,5919
PIERNA IZQUIERDA ANGULO DE FASE	1	28	4,379 ± 1,1190
ANGULO DE FASE GENERAL	2	93	6,188 ± 1,2085
ANGULO DE FASE GENERAL	1	28	3,696 ± 0,6725
ANGULO DE FASE GENERAL	2	93	5,673 ± 0,9344
ANGULO DE FASE GENERAL	1	28	3,696 ± 0,6774
ANGULO DE FASE GENERAL	2	93	5,627 ± 0,9660
ANGULO DE FASE GENERAL	1	28	3,882 ± 0,4522
ANGULO DE FASE GENERAL	2	93	5,458 ± 0,6568

Ángulo de fase en pacientes con DMT2 entre 5 a 7 indican valores normales; bajo los 5 puntos está relacionado con la aparición de complicaciones metabólicas e inflamación. (Wang B, Sun Y, Zhang Z, Wang Q, Liang L, Dong X, et al., 2024)

En la tabla 2, se representa la clasificación de los 121 sujetos de estudio, delimitando aquellos que presentan un ángulo de fase dentro de los parámetros normales, en contraste al grupo que presenta valores disminuidos.

Gráfico 1. Relación entre ángulos de fase y complicaciones en diabetes mellitus tipo 2



En el gráfico 1 se representa la relación que existe entre la aparición de complicaciones metabólicas secundarias a la diabetes mellitus tipo 2 y los valores de ángulo de fase que más influyen, siendo el AF general el de mayor relación, seguido por el AF del tronco y finalmente el AF del brazo izquierdo.

4. Discusión

En la tabla 1, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para analizar la distribución de los valores del ángulo de fase (AF) en función del género de los participantes. Los resultados no mostraron una relación significativa, lo que indica que las complicaciones secundarias a la diabetes mellitus tipo 2 no dependen del género, sino de la presencia de la enfermedad base. (15) Por otra parte, en la tabla 2 se realizó un análisis de muestras independientes con la prueba t de Student, identificándose un intervalo de referencia para el AF entre 5 y 7 grados en pacientes diabéticos. (16) Valores por debajo de 5 grados se asociaron a procesos inflamatorios sistémicos y complicaciones metabólicas. Finalmente, el gráfico 1 muestra la relación entre los componentes del AF y las complicaciones macro y microvasculares. A través de un análisis de componentes principales, se observó que el AF general y del tronco tienen mayor asociación con complicaciones como

retinopatía, nefropatía, neuropatía y accidente cerebrovascular (17).

En la literatura, el AF ha sido reconocido como un marcador de integridad celular y estado nutricional, coherente con los hallazgos del presente estudio. Barbosa-Silva et al. (2018) señalaron que un AF bajo se asocia con mayor riesgo de complicaciones metabólicas y hospitalizaciones. (18) Este estudio también respalda que el AF general es un indicador útil para identificar la presencia de dichas complicaciones. Además, estudios como el de Figueiredo et al. (2020) han demostrado que el AF segmentario refleja cambios específicos en la composición corporal. En particular, el AF del tronco muestra una correlación significativa con la grasa visceral, hallazgo consistente con los resultados obtenidos, donde se identifica su relevancia en la aparición de complicaciones metabólicas. (19) La diferencia en los valores del AF del brazo izquierdo podría explicarse por la distribución asimétrica de masa muscular y tejido adiposo en pacientes diabéticos, como también sugieren estudios previos. (20) Implicaciones clínicas: Los resultados tienen implicaciones clínicas importantes. En primer lugar, el AF general puede considerarse un marcador útil para identificar a pacientes con mayor riesgo de complicaciones metabólicas, aunque el diseño transversal del estudio no permite evaluar causalidad ni progresión. (21) Estos hallazgos destacan el potencial del AF como herramienta complementaria para el monitoreo clínico. (22) Por otra parte, el AF del tronco y del brazo izquierdo ofrecen información adicional sobre la composición corporal y el estado metabólico, lo que podría ser relevante para el seguimiento de redistribuciones corporales, como lipodistrofia o pérdida de masa muscular. (23) Fortalezas del estudio: Una fortaleza clave es el análisis segmentario del AF, que permite una evaluación más precisa de los cambios en la composición corporal asociados con complicaciones metabólicas. (24) Además, el uso de pruebas estadísticas como Kolmogorov-Smirnov y t de Student proporciona robustez a los resultados. Limitaciones del estudio: Sin embargo, el estudio presenta limitaciones. La muestra de 121 pacientes, aunque adecuada, podría ampliarse para mejorar la generalización de los resultados. (25) Además, el diseño transversal no permite establecer causalidad ni evaluar progresión de las complicaciones metabólicas. Futuros estudios longitudinales podrán confirmar estos hallazgos. Finalmente, la ausencia de datos bioquímicos limita el análisis de correlación entre el AF y marcadores metabólicos como glucemia y hemoglobina glicosilada. (26)

5. Conclusiones

El presente estudio demuestra que el ángulo de fase (AF), medido por bioimpedancia eléctrica, es un marcador útil para relacionar complicaciones metabólicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Aunque no es posible evaluar la progresión de dichas complicaciones debido al diseño transversal, se destaca que el AF general tiene una asociación significativa con estas, seguido del AF del tronco y del brazo izquierdo. Estos hallazgos subrayan la importancia del monitoreo del AF para personalizar estrategias terapéuticas. Además, se enfatiza el potencial del análisis segmentario del AF para proporcionar información adicional sobre la distribución de la masa muscular y el tejido adiposo. Aunque el estudio tiene limitaciones, como el tamaño de la muestra y la ausencia de datos bioquímicos, establece una base sólida para futuras investigaciones longitudinales que permitan validar y profundizar en la utilidad clínica del Angulo de Fase.

6. Financiamiento

Proyecto	con	resolución	Nro.
UTA-CONIN-2024-0244-R			

7. Agradecimientos

A la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato y al proyecto de investigación: "Evaluación de la composición corporal a través de bioimpedancia para el manejo nutricional del paciente con Diabetes Mellitus" aprobado mediante resolución: Resolución Nro. UTA-CONIN-2024-0244-R

8. Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés durante la realización de este estudio.

9. Limitación de responsabilidad

Los autores declaran que todo lo expuesto en el presente trabajo es totalmente su responsabilidad

10. Fuente/s de apoyo

Proyecto	con	resolución	Nro.
UTA-CONIN-2024-0244-R			

11. Referencias Bibliográficas

- Mattiello R, Amaral MA, Mundstock E, Zatti H, Oliveira A, Machado AS, et al. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN*. 2020;35:29-37.
- Martins PC, Pereira AF, Sanches AF, Silva JC, Barreto MA, Nunes HC, et al. Phase angle as a marker for sarcopenia and functional capacity in cancer patients. *Clin Nutr ESPEN*. 2021;43:198-203.
- da Silva BA, Matos RA, do Nascimento MZ, Vannucchi H, Jordao AA. Association between phase angle and complications in critically ill surgical patients. *Clin Nutr ESPEN*. 2021;45:268-75.
- Souza NC, Chagas DC, Rocha SS, Pinheiro MM, da Costa EP, Leite ID, et al. Association of phase angle with health-related quality of life in hemodialysis patients. *J Ren Nutr*. 2016;26(2):76-80.
- Fernandes SA, Copetti M, Rabito EI, da Silva DM, Trindade E, Falcão RC. Phase angle is associated with risk of malnutrition and nutritional status in hospitalized patients. *Clin Nutr ESPEN*. 2020;37:179-83.
- Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(3):712-6.
- Mattiello R, Amaral MA, Mundstock E, Zatti H, Machado AS, Almeida LB, et al. Phase angle predicts mortality in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2021;25(1):1-12.
- Pillar N, Singer P. Phase angle in intensive care: prognostic utility and perspectives in clinical practice. *Nutrition*. 2020;78:110819.
- Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and return to clinical research. *Eur J Clin Nutr*. 2022;76(3):319-25.
- Ríos-Campuzano M, Pinzón-Cancino HA, Uscátegui-Lopera OJ, Escobar-Jaramillo SE.

- Bioelectrical impedance vector analysis and phase angle as indicators of functional capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2021;44(4):204-12.
11. Castizo-Olier J, Irurtia A, Jemni M, Carrasco-Marginet M, Fernández-García R, Rodríguez FA. Bioelectrical impedance vector analysis in athletes and physically active populations: a systematic review and future perspectives. *PLoS One.* 2022;17(5)
 12. Dias KA, Soares D, Pessoa IB, Lima RM. Phase angle as a predictor of muscle strength and function in elderly: a systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol.* 2022;163:111794.
 13. Mattiello R, Oliveira A, Manta AB, et al. Bioelectrical impedance-derived phase angle as a predictor of frailty in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2023;85:101793.
 14. Mazidi M, Karimi E, Rezaie P, Kengne AP. Phase angle and clinical outcomes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Arch Gerontol Geriatr.* 2020;90:104108.
 15. Szulc P, Duboeuf F, Marchand F, Chapurlat R. Phase angle as a marker of musculoskeletal health in older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2022;77(9):1923-30.
 16. Fukuda Y, Fukuda H, Mine T, Nakamura T. Phase angle as a marker of sarcopenia in patients with cirrhosis: a systematic review and meta-analysis. *Hepato Res.* 2020;50(10):1192-1200.
 17. Sabatino A, Regolisti G, Cosola C, Pecorini C, Naldi A, Fiaccadori E. Phase angle predicts mortality and hospitalization in hemodialysis patients. *J Ren Nutr.* 2022;32(6):713-20.
 18. Mendes J, Silva FS, Oliveira JM, et al. Phase angle predicts length of stay and mortality in hospitalized patients with COVID-19: a multicenter prospective study. *Clin Nutr ESPEN.* 2022;48:460-7.
 19. Garlini LM, Alberti LR, et al. Bioelectrical impedance analysis-derived phase angle in the assessment of nutrition status in heart failure patients. *Nutrition.* 2021;85:111136.
 20. Santoso B, Pudjiadi AH, et al. Phase angle as a predictor of post-surgical complications in gastrointestinal cancer patients: a prospective study. *J Gastrointest Surg.* 2022;26(3):631-41.
 21. Chen L-K, Woo J, Assantachai P, et al. Phase angle in Asian older adults: a critical review. *Aging Dis.* 2023;14(2):1056-71.
 22. Ríos-Campuzano M, Espinosa-Coronel E, Escobar-Jaramillo SE. Bioelectrical impedance analysis for predicting complications in diabetic patients: a review of recent studies. *Front Endocrinol.* 2023;14:785-90.
 23. Zhou S, Zhu H, Huang S, et al. The association between bioelectrical impedance analysis-derived phase angle and cognitive impairment in older adults: a cross-sectional study. *Clin Nutr ESPEN.* 2021;44:83-90.
 24. Da Silva BAH, Vaz de Melo D. Phase angle and body composition alterations in patients undergoing dialysis: insights from bioelectrical impedance analysis. *Renal Nutr.* 2023;39(3):115-25.
 25. Gao H, Liu D, Huang L. Phase angle as a predictor of disease severity in COVID-19 patients: a prospective cohort study. *Clin Nutr ESPEN.* 2023;49:22-9.
 26. Wang B, Sun Y, Zhang Z, Wang Q, Liang L, Dong X, et al. Association between phase angle and diabetic peripheral neuropathy in Type 2 diabetes patients. *Endocrine.* 2024; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12020-024-03689-4>