



Cambios en parámetros antropométricos y de bioimpedancia en pacientes obesos tratados con campo magnético y corriente Kotz

Changes in anthropometric and bioimpedance parameters in obese patients treated with magnetic field and Kotz current

Zoila María Pérez Rodríguez^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6624-6116>

Elisa Isabel Rodríguez Hernández² <https://orcid.org/0000-0002-9704-8988>

Dara Carrete Miranda¹ <https://orcid.org/0000-0003-3260-3351>

¹Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay”. La Habana, Cuba.

²Centro Internacional de Salud La Pradera (CIS La Pradera). La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia. Correo electrónico: zoila.perez@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: Se estiman posibles cambios en antropometría y bioimpedancia, en pacientes obesos, tratados con campo magnético y corrientes de Kotz.

Objetivo: Determinar cambios en parámetros antropométricos y de bioimpedancia, con magnetoterapia y corriente Kotz en pacientes obesos.

Métodos: Cuasiexperimento en 30 pacientes obesos. Intervención: cama magnética y corriente Kotz, 30 sesiones. Evaluación: inicial y final. Variables principales: triglicéridos, colesterol, glicemia, ácido úrico, circunferencia abdominal (CA), índice de masa corporal (IMC), índice de masa grasa, índice de masa magra, masa muscular esquelética, masa grasa, masa magra, grasa visceral, agua corporal total, agua extracelular, ángulo de fase, consumo de emergencia total, consumo de energía en reposo y consumo de energía para actividad física. Se realizó la prueba t de Student a las medias de las variables.

<http://scielo.sld.cu>

<http://www.revmedmilitar.sld.cu>



Resultados: El peso, IMC, CA, masa grasa, índice de masa grasa, masa magra, índice de masa magra, masa muscular esquelética, masa muscular del abdomen y grasa visceral tuvieron diferencias significativas ($p=0,000$); también el agua corporal total y el agua extracelular ($p=0,000$); el ángulo de fase ($p=0,043$), consumo de energía en reposo ($p=0,003$) y consumo de energía para actividad física ($p=0,001$); consumo de energía total no tuvo diferencias significativas ($p=0,061$).

Conclusiones: Disminuyen las variables antropométricas, la masa grasa, índice de masa grasa, grasa visceral y consumo de energía en reposo; aumenta la masa magra, índice de masa magra, masa muscular esquelética, masa muscular del abdomen, agua corporal total, agua extracelular, ángulo de fase y consumo de energía para actividad física.

Palabras clave: agua corporal; impedancia eléctrica; índice de masa corporal; magnetoterapia; obesidad.

ABSTRACT

Introduction: Possible changes in anthropometry and bioimpedance in obese patients treated with magnetic field and Kotz currents are estimated.

Objective: To determine changes in anthropometric and bioimpedance parameters with magnetotherapy and Kotz current in obese patients.

Methods: Quasi-experiment in 30 obese patients. Intervention: magnetic bed and Kotz current, 30 sessions. Evaluation: initial and final. Main variables: triglycerides, cholesterol, glycemia, uric acid, abdominal circumference (AC), body mass index (BMI), fat mass index, lean mass index, skeletal muscle mass, fat mass, lean mass, visceral fat, total body water, extracellular water, phase angle, total energy consumption, resting energy consumption and energy consumption for physical activity. Student's t-test was performed to the means of the variables.

Results: Weight, BMI, AC, fat mass, fat mass index, fat mass, lean mass, lean mass index, skeletal muscle mass, abdominal muscle mass and visceral fat had significant differences ($p=0,000$); also, total body water and extracellular water ($p=0,000$); phase angle ($p=0,043$), resting energy intake ($p=0,003$) and energy intake for physical activity ($p=0,001$); total energy intake had no significant differences ($p=0,061$).



Conclusions: Anthropometric variables, fat mass, fat mass index, visceral fat and resting energy intake decreased; lean mass, lean mass index, skeletal muscle mass, abdominal muscle mass, total body water, extracellular water, phase angle and energy intake for physical activity increased.

Keywords: body mass index; body water; electric impedance; magnetic field therapy; obesity.

Recibido: 14/10/2022

Aprobado: 09/06/2023

INTRODUCCIÓN

El análisis de bioimpedancia (BIA) en la estimación de la composición corporal tiene su base en que, el volumen de un conductor es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su resistencia eléctrica.^(1,2) Este procedimiento tiene varios usos y también se le han realizado análisis críticos debido a problemas de fiabilidad, precisión y exactitud, que mejoran con la estandarización y empleo de acuerdo con su alcance real.⁽²⁾

En cuanto a los efectos de los campos electromagnéticos de baja frecuencia,^(3,4,5,6,7,8) se plantea que incrementan las respuestas metabólicas, la actividad de las enzimas antioxidantes; la capacidad de transporte de oxígeno por la hemoglobina; aumentan la presión de oxígeno (PO₂) en los sitios de acción; contribuyen a la estabilización de las proteínas plasmáticas, normaliza la tensión coloidosmótica, aumentan la actividad de las enzimas antioxidantes, así como elevan la expresión de genes de enzimas antioxidantes y glutatión peroxidasa, aumentan la circulación en la zona tratada, por vasodilatación. Además, tienen acción antiagregante por disminución de la tensión superficial del eritrocito; mejoran la función endotelial a través de las vías relacionadas con el óxido nítrico; provocan la reducción de producción de las citocinas inflamatorias (interleucinas IL-1 β , IL-6, TNF- α y PGE2) y aumentan los niveles de la citocina antiinflamatoria IL-10 en células mononucleares de sangre periférica, como células T y macrófagos.



El estudio de estas acciones en la célula, motivó la realización de investigaciones en enfermedades crónicas y sus factores de riesgo modificables, como la obesidad.^(9,10) Las enfermedades crónicas se asocian con modificaciones de los niveles fisiológicos de varios biomarcadores en el suero y otros fluidos; se describe que la inflamación crónica, el estrés oxidativo y la disfunción mitocondrial están presentes en muchas de ellas, entre las que se encuentra la obesidad y sus complicaciones, como el síndrome metabólico. El aumento de la grasa visceral favorece la formación de adipocinas (interleucina IL-6 y IL-8) y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), presentes en los estados proinflamatorios y protrombóticos, que contribuyen con la hiperinsulinemia y resistencia a la insulina.^(11,12,13)

Se plantea que el trastorno fundamental se produce en la mitocondria, por la reducción de su capacidad producir trifosfato de adenosina, característica común en las enfermedades crónicas.⁽¹²⁾ El deterioro de la función mitocondrial está envuelto en los mecanismos etiológicos de varias enfermedades crónicas.^(12,14,15)

El tratamiento con las corrientes de Kotz o corrientes rusas, que utiliza parámetros de estimulación, en los cuales las contracciones musculares son lo más parecidas posibles a las fisiológicas. Se plantea que este método puede contribuir a resultados evidentes en un periodo más corto, que cuando se utilizan corrientes no moduladas.⁽¹⁶⁾ Actúan en tejido muscular, del panículo adiposo, el sistema circulatorio periférico venoso y linfático. Sobre el músculo, induce un trabajo isométrico que incrementa el metabolismo, provoca consumo energético, corrige la flaccidez y aumenta el tono muscular. Se han utilizado en tratamientos de adelgazamiento, remodelación corporal, adiposidades localizadas y celulitis.^(7,11,16,17)

Existen estudios previos, con el uso de campo magnético y corriente Kotz en el tratamiento de la obesidad abdominal⁽¹⁸⁾ y el síndrome metabólico.⁽¹⁹⁾ En la primera, disminuyó el peso promedio en 5,215 kg, la circunferencia abdominal en 10 cm y el índice de masa corporal (IMC) en 2,0333 kg/m²; el colesterol y los triglicéridos se normalizaron. En la segunda, disminuyó el peso promedio a 4,48 kg, la circunferencia abdominal en 9,3 cm, el IMC en 1,6 kg/m² y la glicemia, el colesterol y los triglicéridos se normalizaron. Sin embargo, en estos estudios se utilizaron el IMC, el índice cintura-cadera, que no cuantifican directamente la grasa corporal, solo definen el riesgo de las alteraciones cardiovasculares y metabólicas que se asocian a la obesidad.



La BIA es clínicamente útil para evaluar el porcentaje de grasa corporal en individuos obesos, es alta en la masa grasa y baja en la masa libre de grasa o masa magra, debido a la mayor proporción de agua corporal y electrolitos.⁽¹⁾ El análisis de la composición corporal permite evaluar a los pacientes obesos y como consecuencia, analizar la relación entre la grasa corporal y las complicaciones metabólicas características de la obesidad.^(20,21,22)

La obesidad es un problema de salud mundial, afecta a todas las razas, etnias y grupos etarios. La Organización Mundial de la Salud (OMS) la considera un problema de salud pública, principal factor de riesgo para las enfermedades cardiometabólicas. Las cifras de la OMS mencionan 2100 millones de personas adultas con sobrepeso y obesidad en el mundo y mueren más de 2,8 millones debido a la obesidad.^(21,23) En Cuba, la prevalencia de la obesidad crece en los últimos años; se reporta en el 18,1 % de la población femenina y el 11,4 % de la masculina,⁽²⁴⁾ más elevada que en algunos países europeos y latinoamericanos.⁽²⁵⁾

Determinar los cambios en la bioimpedancia con el uso de la magnetoterapia y la corriente Kotz en pacientes obesos.

MÉTODOS

Diseño

Se realizó un estudio cuasiexperimental, en pacientes obesos atendidos en el Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay”, en el período de febrero del 2019 a febrero del 2020.

Sujetos

Se calculó una muestra de 30 sujetos, con un nivel de confianza del 95 %, efecto de diseño 1, un máximo error admisible del 5 %, una probabilidad de pérdidas del 10 % y una proporción esperada del 30 %. Para el cálculo se utilizó el programa Epidat 4.1. La muestra fue seleccionada de los pacientes obesos que se atienden en la consulta de medicina física y rehabilitación del hospital sede del estudio.



Para la inclusión fueron considerados pacientes de ambos sexos, mayores de 19 años, obesos (índice de masa corporal (IMC) de 30 o más kg/m^2), que dieron su consentimiento informado para participar en la investigación; en el orden en que asistieron a consulta, hasta completar el tamaño de muestra.

Fueron excluidos los pacientes con contraindicaciones para la aplicación de electroterapia o magnetoterapia (portadores de marcapasos, embarazadas, con enfermedades hemorrágicas, enfermedades infecciosas agudas o implantes metálicos en áreas cercanas al tratamiento); además, con enfermedades metabólicas, genéticas y descompensación de enfermedades crónicas.

Se consideró como criterio de salida, la aparición de algún criterio de exclusión en el curso del tratamiento. No hubo salidas y se analiza el total de los pacientes.

Variables

Generales:

- Edad (agrupada en 20-39 años, 40-59 años, 60 años y más)
- Sexo

Química sanguínea: triglicéridos (mmol/L), colesterol (mmol/L), glicemia (mmol/L), ácido úrico (mmol/L)

Parámetros antropométricos:

- Circunferencia abdominal (en cm)
- Peso (en kg)
- Talla (en cm)
- IMC (calculado mediante la fórmula kg/m^2)

Parámetros de composición corporal según BIA:⁽²⁶⁾

- Índice de masa grasa (kg/m^2)



- Índice de masa magra (kg/m^2)
- Masa muscular esquelética (kg)
- Masa grasa (%)
- Masa magra (%)
- Grasa visceral (L)
- Agua corporal total (L)
- Agua extracelular (L)
- Ángulo de fase (φ)⁽²⁷⁾
- Consumo de emergencia total (kcal)
- Consumo de energía en reposo (kcal)
- Consumo de energía para actividad física (kcal)

Procedimientos

En una consulta inicial se realizó la inclusión, previo consentimiento informado. Se confeccionó la historia clínica y la planilla de recolección de datos. Se recogieron los datos de las variables generales y antropométricas: el peso y la talla, con una balanza tallímetro calibradas; la medición de la circunferencia de la cintura abdominal se realizó con una cinta métrica, el sujeto de pie, al nivel del punto medio entre el reborde costal inferior y la cresta ilíaca; la lectura se realizó al final de una espiración normal. Se clasificaron a los pacientes de acuerdo con el valor del IMC en grado I, II y III.⁽²⁸⁾

La BIA se realizó en el Centro Internacional de Salud “Las Praderas”, de la Habana, Cuba, con un equipo seca mBCA 514 medical Body Composition Analyzer (https://www.seca.com/es_mx/productos/body-composition-analysis/estudios-medicos.html).

Las mediciones evolutivas se realizaron a las 15 y 30 sesiones de tratamiento. A partir del inicio del tratamiento, los pacientes recibieron 1 sesión diaria, de lunes a viernes, hasta completar las 30 sesiones.

El tratamiento consistió en:



- Cama magnética, a 20 Hz, 100 %, con el solenoide grande colocado en la región abdominal, durante 20 minutos.
- Corriente Kotz, con 2 circuitos al mismo tiempo, con los electrodos colocados en los músculos rectos abdominales, con corriente portadora de 2500 Hz, frecuencia de 30 Hz e intensidad creciente, hasta visualizar contracción muscular fuerte de los músculos. Se aplicó durante 15 minutos.

Procesamiento

Para analizar las variables cuantitativas se calculó la media, desviación estándar, valor mínimo y máximo. Para comparar los resultados iniciales y finales de las variables antropométricas y de composición corporal, se aplicó el test T de Student para muestras relacionadas, con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$). Se utilizó el programa SPSS versión 20.0 para Windows, para el procesamiento de los datos.

Aspectos bioéticos

El proyecto de investigación fue aprobado por el Comité de Ética de la investigación del Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay” y los pacientes incluidos lo hicieron previa firma del consentimiento informado, de forma voluntaria, sobre la base de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.⁽²⁹⁾

RESULTADOS

La tabla 1 muestra mayor frecuencia de pacientes entre 40 y 59 años (63,3 %) y del sexo femenino (56,7 %). La edad media \pm desviación estándar fue $49,0 \pm 10,8$ años.



Tabla 1 - Distribución de pacientes por grupos de edad y sexo

Grupos de edad	Sexo				Total	
	Femenino		Masculino			
	n	%	n	%	n	%
20-39	3	10,0	3	10,0	6	20,0
40-59	12	40,0	7	23,3	19	63,3
60 años y más	2	6,7	3	10,0	5	16,7
Total	17	56,7	13	43,3	30	100,0
Estadígrafos descriptivos para la edad						
Media ± DS	47,9 ± 10,0		50,4 ± 12,1		49,0 ± 10,8	
Rango	28 – 63		28 – 64		28 – 64	

DS: Desviación estándar.

En la tabla 2 se muestran los valores medios, iniciales y finales de los parámetros antropométricos. La mayoría de los pacientes tenían obesidad grado I, peso promedio inicial de 96,2 kg y final de 94,1 kg. El valor medio del IMC inicial fue $34,4 \pm 3,3$ y final $33,7 \pm 3,3$. La circunferencia abdominal disminuyó 2 cm como promedio. Estos cambios fueron estadísticamente significativos ($p= 0,000$).

Tabla 2 – Comparación de la evaluación inicial y final de los parámetros antropométricos

Parámetros antropométricos	Inicial	Final	T de Student (valor p)
	Media ± DS	Media ± DS	
Peso	96,2±13,6	94,1±13,2	-8,964 (0,000)
IMC	34,4±3,3	33,7±3,3	-9,259 (0,000)
Circunferencia abdominal	108,6±9,0	106,1±8,6	-11,482 (0,000)

DS: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal.

En la tabla 3 se muestran los parámetros de la composición corporal. Hubo una disminución significativa de la masa grasa, el índice de masa grasa y la grasa visceral. Aumentó la masa magra, el índice de masa magra, la masa muscular esquelética y la masa muscular del abdomen, con diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,000$).



Tabla 3 – Comparación de la evaluación inicial y final de la BIA

Componentes composición corporal	Inicial	Final	T de Student (valor p)
	Media ± DS	Media ± DS	
Masa grasa	40,6 ± 12,4	38,6 ± 12,2	-7,543 (0,000)
Índice de masa grasa	14,4 ± 4,5	13,6 ± 4,4	-10,441 (0,000)
Masa magra	53,2 ± 11,2	54,7 ± 11,0	7,194 (0,000)
Índice de masa magra	18,1 ± 3,8	18,9 ± 3,8	5,697 (0,000)
Masa muscular esquelética	26,5 ± 6,7	28,3 ± 6,3	4,816 (0,000)
Masa muscular del abdomen	12,3 ± 2,8	13,1 ± 2,5	6,525 (0,000)
Grasa visceral	5,1 ± 1,7	4,4 ± 1,5	-8,200 (0,000)

DS: desviación estándar.

En la tabla 4 se comparan los resultados iniciales y finales de los parámetros de agua corporal y gasto energético: la media del agua corporal total y el agua extracelular aumentó significativamente, también el ángulo de fase ($p=0,05$). El valor medio del consumo de energía total se incrementó, sin diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). El consumo de energía para actividad física aumentó de manera significativa ($p=0,001$) y el consumo en reposo disminuyó, también de forma significativa ($p=0,003$).

Tabla 4 – Comparación de la evaluación inicial y final de los componentes de agua corporal y gasto energético

Agua corporal y gasto energético	Inicial	Final	T de Student (valor p)
	Media ± DS	Media ± DS	
Agua corporal total	41,6 ± 8,6	42,6 ± 8,5	4,649 (0,000)
Agua extracelular	18,3 ± 3,1	19,1 ± 3,3	4,490 (0,000)
Ángulo de fase	7,4 ± 13,4	8,0 ± 15,1	2,119 (0,043)
Consumo de energía total	2776,1 ± 501,5	2816,3 ± 463,6	1,950 (0,061)
Consumo de energía en reposo	1773,5 ± 292,3	1744,0 ± 279,6	-3,208 (0,003)
Consumo de energía para actividad física	1002,6 ± 226,4	1059,0 ± 205,2	3,887 (0,001)

DS: desviación estándar.



En la tabla 5 se muestran los parámetros bioquímicos. Colesterol, triglicéridos (inicialmente por encima de valores normales), glicemia y ácido úrico (con valores iniciales normales), disminuyeron sus valores de forma significativa ($p \leq 0,05$), en todos los casos.

Tabla 5 – Comparación de la evaluación inicial y final de los parámetros bioquímicos

Parámetros bioquímicos	Inicial	Final	T de Student (Valor p)
	Media ± DS	Media ± DS	
Colesterol	6,0 ± 1,1	5,4 ± 0,9	-6,473 (0,000)
Triglicéridos	1,7 ± 0,8	1,4 ± 0,6	-5,696 (0,000)
Glicemia	5,4 ± 0,8	5,1 ± 0,7	-4,869 (0,032)
Ácido úrico	291,7 ± 33,4	273,7 ± 33,1	-9,956 (0,000)

DS: desviación estándar.

DISCUSIÓN

Los sujetos estudiados coinciden en cuanto a edad y sexo, con otros estudios realizados en pacientes con obesidad, que utilizan BIA para la composición corporal, como los de *Pérez L* y otros,⁽¹⁸⁾ *Matienzo* y otros⁽¹⁹⁾ y *Bauce GJ* y otros.⁽²⁵⁾ *Gámez López* y otros⁽³⁰⁾ reportan una edad media superior ($75,1 \pm 9,9$ años) y un 54,3 % de sujetos masculinos. *Arbués R* y otros⁽³¹⁾ informaron una edad media de 42,5 años, con predominio de 36 a 45 años.

Los parámetros antropométricos disminuyeron significativamente después del tratamiento, al igual que lo reportado en investigaciones previas.^(18,19) En el estudio de *Matienzo Y* y otros⁽¹⁸⁾ logran diferencias de 9,3 cm, con 30 sesiones de tratamiento y la media del peso disminuye en 4,48 kg ($p < 0,001$), sin diferencias entre sexos; el IMC disminuye en $1,6 \text{ kg/m}^2$ ($p < 0,001$) y la circunferencia abdominal, en 9,3 cm; altamente significativo para ambos sexos ($p = 0,000$). *Fariñas L* y otros⁽¹⁸⁾ informan diferencias de 9,92 cm en la circunferencia abdominal luego de 30 sesiones, así como disminución del peso corporal en 5,2 kg.

El análisis de composición corporal, muestra los efectos del tratamiento aplicado, que disminuyó significativamente los parámetros de grasa y aumentó la masa magra y la masa muscular. *Muñoz R* y



otros⁽³²⁾ exponen resultados similares, pero en sujetos que realizan ejercicios físicos después de la cirugía bariátrica.

En los pacientes obesos estudiados las cifras de contenido de agua corporal total y el agua extracelular fueron normales, así como el ángulo de fase, el cual es un indicador nutricional.⁽²⁷⁾ Todos aumentaron significativamente después del tratamiento. El consumo de energía total de energía para la actividad física se incrementó y disminuyó el consumo de energía en reposo. *Garzón Orjuela* y otros⁽²²⁾ reportan un porcentaje de agua corporal total ($50,7 \pm 6,4$), superior al de la presente investigación y promedios discretamente inferiores en el agua extracelular ($15,3 \pm 2,6$) y un ángulo de fase de $5,1 \pm 0,99$). *Zapata Negreiros* y otros⁽³³⁾ plantean que las mediciones del agua corporal, según la impedancia eléctrica, tiene un promedio de $39,70 \pm 6,48$ L, similar al encontrado en la presente investigación.

Todas las variables de química sanguínea, disminuyeron después del tratamiento, incluyendo glicemia y el ácido úrico, que estuvieron normales desde el inicio, al igual que reportan *Matienco Y* y otros⁽¹⁹⁾ y *Fariñas L* y otros.⁽¹⁸⁾

Este estudio tiene como principal limitación que es un estudio abierto y no controlado, lo cual disminuye el grado de evidencia que aporta.

Se concluye que, en los pacientes obesos tratados, hubo disminución del peso, el IMC y la circunferencia abdominal. Según la bioimpedancia, disminuye la masa grasa, el índice de masa grasa, la grasa visceral y el consumo de energía en reposo; aumenta la masa magra, el índice de masa magra, la masa muscular esquelética, la masa muscular del abdomen, el agua corporal total, el agua extracelular, el ángulo de fase y el consumo de energía para actividad física.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*. 2004; 23(5):1226-43. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.06.004



2. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2019; 73(2):194-99. DOI: 10.1038/s41430-018-0335-3
3. Ueno S, Okano H. Static, Low-Frequency, and Pulsed Magnetic Fields in Biological Systems. En: Lin JC, Greenebaun B (editors). *Electromagnetic Fields in Biological Systems*. Boca Ratón, London, New York: CRC Press, Taylor & Francis Group; 2012. p. 115-96.
4. Wang H, Zhang X. Magnetic Fields and Reactive Oxygen Species. *Review Int J Mol Sci*. 2017; 18(10):2175. DOI: 10.3390/ijms18102175
5. Cichon N, Synowiec E, Miller E, Sliwinski T, Ceremuga M, Saluk-Bijak J, et al. Effect of Rehabilitation with Extremely Low Frequency Electromagnetic Field on Molecular Mechanism of Apoptosis in Post-Stroke Patients. *Brain Sci*. 2020; 10(5):266. DOI: 10.3390/brainsci10050266
6. Lei H, Pan Y, Wu R, Lv Y. Innate Immune Regulation Under Magnetic Fields With Possible Mechanisms and Therapeutic Applications. *Review Front Immunol*. 2020; 11:582772. DOI: 10.3389/fimmu.2020.582772
7. Ross CL, Ang DC, Almeida-Porada G. Targeting Mesenchymal Stromal Cells/Pericytes (MSCs) With Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) Has the Potential to Treat Rheumatoid Arthritis. *Front Immunol*. 2019; 10:266. DOI: 10.3389/fimmu.2019.00266
8. García Arribas O. Efectos biológicos de campos magnéticos de muy baja frecuencia y radiofrecuencia en presencia de metales pesados: cadmio y mercurio [Tesis de doctorado]. Madrid: Universidad Complutense, Facultad de Ciencias Químicas; 2002. [acceso: 08/03/2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/19709437.pdf>
9. Du L, Fan H, Miao H, Zhao G, Hou Y. Extremely low frequency magnetic fields inhibit adipogenesis of human mesenchymal stem cells. 2014; 35(7):519-30. DOI: 10.1002/bem.21873
10. Beilin G, Blanchemaison P, Imholz B, Ghosn HA, Saba Al Marush, Haddad H. Impact of electromagnetic fields stimulation on metabolic syndrome, infertility and abdominal fat-related diseases for overweight or obese patients. *Integrative Obesity and Diabetes*. 2018; 4(3):1-6. DOI: 10.15761/IOD.1000211



11. Budziosz J, Stanek A, Sieroń A, Witkoś J, Cholewka A, Sieroń K. Effects of Low-Frequency Electromagnetic Field on Oxidative Stress in Selected Structures of the Central Nervous System. *Oxid Med Cell Longev*. 2018:1427412. DOI: 10.1155/2018/1427412
12. Ng R, Sutradhar R, Yao Z, Wodchis WP, Rosella LC. Smoking, drinking, diet and physical activity-modifiable lifestyle risk factors and their associations with age to first chronic disease. *International Journal of Epidemiology*. 2020; 49:113-130. DOI 10.1093/ije/dyz078
13. Cruz-Rodríguez J, González-Vázquez R, Reyes-Castillo P, Mayorga-Reyes L, Nájera-Medina O, Ramos-Ibáñez N, et al. Ingesta alimentaria y composición corporal asociadas a síndrome metabólico en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*. 2019; 10(1):42-52. DOI: 10.22201/fesi.20071523e.2019.1.495
14. Al-hadlaq SM, Balto HA, Hassan WM, Marraiki NA, El-Ansary AK. Biomarkers of non-communicable chronic disease: an update on contemporary methods. *PeerJ*. 2022. 10:e12977. DOI: 10.7717/peerj.12977
15. Geto Z, Molla MD, Challa F, Belay Y, Getahun T. Mitochondrial dynamic dysfunction as a main triggering factor for inflammation associated chronic non-communicable diseases. *Journal of Inflammation Research*. 2020; 13:97-107. DOI: 10.2147/JIR.S232009
16. Catonga CC. Generador de ondas Kotz para electroestimulación muscular, basado en FPGA [Tesis de maestría]. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias químicas e Ingeniería; 2020. [acceso: 12/09/2022]. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1221/CECCTS00T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. Campos Jara C, Martínez Salazar C, Carrasco Alarcón V, Arcay Montoya R, Ramírez Campillo R, Mariscal Arcas M. Efecto de 8 semanas de corriente TENS modificada y la corriente rusa, sobre la fuerza muscular y la composición corporal. *Rev Andal Med Deporte*. 2016 [acceso: 12/01/2018]; 9(1):3-6. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/ramd/v9n1/original1.pdf>
18. Pérez Fariñas L, Pérez Rodríguez ZM, Mora González SR, Guerrero Delgado L. Tratamiento de pacientes con obesidad abdominal como prevención o progresión del síndrome metabólico. *Revista*



Cubana de Medicina Física y Rehabilitación. 2014 [acceso: 08/03/2018]; 6(1):2-15. Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/7532/56ebbe3e73b3a459826af414922c5e804340.pdf>

19. Matienzo Pino Y, Pérez Rodríguez ZM, Arpa Gámez AM, Morales Jiménez EL. Utilidad del tratamiento con corriente Kotz y cama magnética en pacientes con síndrome metabólico. Hospital Universitario Carlos J Finlay. Playa. La Habana. Cuba. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación. 2015 [acceso: 01/03/2018]; 7(2):138-48. Disponible en:

<http://www.revrehabilitacion.sld.cu/index.php/reh/article/view/126/245>

20. Vásquez Bonilla AA, Zelaya Paz C, García Aguilar J. Análisis de sobrepeso y obesidad, niveles de actividad física y autoestima en escolares de San Pedro Sula, Honduras. MHSALUD. 2019 [acceso: 12/01/2022]; 16(2):1-13. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/pdf/mhs/v16n2/1659-097X-mhs-16-](https://www.scielo.sa.cr/pdf/mhs/v16n2/1659-097X-mhs-16-02-58.pdf)

[02-58.pdf](https://www.scielo.sa.cr/pdf/mhs/v16n2/1659-097X-mhs-16-02-58.pdf)

21. Blanco J, Bibiloni MM, Tur JA. Alteraciones del peso, composición corporal y prevalencia del síndrome metabólico en una cohorte de mujeres menopáusicas residentes Mallorca. Nutr Hosp. 2020; 37(3):506-13. DOI: 10.20960/nh.02585

22. Garzón Orjuela N, Barrera Perdomo MdP, Gutiérrez Sepúlveda MP, Merchán Chaverra R, León Avendaño AC, Caicedo Torres LM, et al. Análisis de la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica octopolar en pacientes hospitalizados en Bogotá, D.C. Rev. Fac. Med. 2019; 67(3):427-35. DOI: 10.15446/revfacmed.v67n3.68897

23. Espinoza-Navarro O, Brito-Hernández L, Lagos CO. Body composition and metabolic risk factors in primary school teachers in Chile. Int. J. Morphol. 2020 [acceso: 12/10/2022]; 38(1):120-5.

Disponible en: http://www.intjmorphol.com/wp-content/uploads/2019/11/art_22_381.pdf

24. Diéguez Martínez M, Miguel Soca PE, Rodríguez Hernández R, López Báster J, Ponce de León D. Prevalencia de obesidad abdominal y factores de riesgo cardiovascular asociados en adultos jóvenes. Revista Cubana de Salud Pública. 2017 [acceso: 12/10/2022]; 43(3):[aprox. 6 p.]. Disponible en:

<https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2017.v43n3/396-411/es>

25. Bauce GJ, Moya Sifontes MZ. Relación entre porcentaje de grasa corporal y otros indicadores antropométricos de obesidad en adultos con hígado graso. Revista Digital de Postgrado Universidad



Central de Venezuela. 2019 [acceso: 12/01/2020]; 8(1):[aprox. 12 p.]. Disponible en:

<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/10/1021698/16110-144814484301-1-sm.pdf>

26. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2019; 73(2):194-99. DOI: 10.1038/s41430-018-0335-3

27. Llames L, Baldomero V, Iglesias ML, Rodota LP. Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico. *Nutr. Hosp*. 2013; 28(2): DOI: 10.3305/nh.2013.28.2.6306

28. NHLBI Obesity Education Initiative. *The Practical Guide: Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults*. Bethesda, Maryland: National Institutes of Health; 2000. [acceso: 12/01/2022]. Disponible en:

https://www.nhlbi.nih.gov/files/docs/guidelines/prctgd_c.pdf#page=19

29. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 64^a Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013:

AMM; 2013. [acceso: 12/01/2022]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>

30. Gámez López AL, Bonilla Palomas JL, López Ibáñez MC, Moreno Conde M, Anguita Sánchez M, Villar Ráez A. Valoración de la composición corporal y su influencia pronóstica en insuficiencia cardiaca crónica. Más allá de la paradoja de la obesidad. *Arch. Cardiol. Mex*. 2016; 86(4):319-25. DOI: 10.1016/j.acmx.2016.06.003

31. Arbués R, Martínez Abadía B, García Tabuena T, Yuste Gran C, Pellicer García B, Juárez Vela R. Prevalencia de sobrepeso/obesidad y su asociación con diabetes, hipertensión, dislipemia y síndrome metabólico: estudio transversal de una muestra de trabajadores en Aragón, España. *Nutr Hosp*. 2019; 36(1):51-9. DOI: 10.20960/nh.1980

32. Muñoz R, Hernández J, Palacio A, Maíz C, Pérez G. El ejercicio físico disminuye la pérdida de masa magra en pacientes obesos sometidos a cirugía bariátrica. *Rev. Chil. Cir*. 2016 [acceso: 12/01/2018]; 68(6):411-16. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchcir/v68n6/art03.pdf>

<http://scielo.sld.cu>

<http://www.revmedmilitar.sld.cu>



33. Zapata Negreiros JA, Gallardo Castro JA, Lluncor Vásquez JO, Cieza Zevallos JA. El agua corporal medida por impedancia eléctrica y su estimación según fórmulas convencionales y en función del peso ideal y sexo, en adultos con sobrepeso u obesidad. Rev. Med Hered. 2016 [acceso: 12/01/2018]; 27(3):162-7. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v27n3/a07v27n3.pdf>

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Zoila María Pérez Rodríguez, Elisa Isabel Rodríguez.*

Curación de datos: *Zoila María Pérez Rodríguez, Elisa Isabel Rodríguez, Dara Carrete Miranda.*

Análisis formal: *Zoila María Pérez Rodríguez, Elisa Isabel Rodríguez.*

Investigación: *Zoila María Pérez Rodríguez, Elisa Isabel Rodríguez, Dara Carrete Miranda.*

Administración del proyecto: *Zoila María Pérez Rodríguez.*

Recursos: *Zoila María Pérez Rodríguez, Elisa Isabel Rodríguez, Dara Carrete Miranda.*

Redacción – borrador original: *Zoila María Pérez Rodríguez, Dara Carrete Miranda.*

Redacción – revisión y edición: *Zoila María Pérez Rodríguez.*