

Campos Electromagnéticos Pulsados en pacientes con procesos cancerígenos. Revisión narrativa.

Por José Antonio Fernández

Licenciado en Kinesiología y Fisioterapia | Universidad Católica de Santiago del Estero

Resumen

Los campos electromagnéticos pulsados, que por sus siglas en inglés se los identifica como PEMF son aplicados en gran cantidad de patologías por su capacidad de no provocar sensaciones desagradables y sin necesidad de establecer un contacto directo con los campos emisores. Muchos pacientes que son tratados, pueden presentar cáncer, es por ello, que este trabajo tiene como finalidad, a través de la revisión, demostrar que contraindicar los PEMF ante la presencia del mismo, es cuestionable. Los estudios publicados desde el año 2.001 hasta la fecha, donde los PEMF fueron utilizados como único tratamiento o combinado con la quimio terapia y, utilizando las bases de datos existentes en PubMed, PEDro y Google Académico fueron los criterios para la selección de los mismos. Los resultados obtenidos fueron que la acción de los PEMF en diferentes intensidades y frecuencias logró aplazar o provocar una remisión de las células cancerígenas. En conclusión, la contraindicación de los PEMF en pacientes con cáncer sería equivocada, por lo que estudios posteriores a esta publicación seguramente terminarán de confirmarlo.

Palabras clave: campos electromagnéticos pulsados, rehabilitación, cáncer.

RECIBIDO 22 DE DICIEMBRE DE 2022 | ACEPTACIÓN 25 DE MARZO DE 2023 | PUBLICADO 1 DE JUNIO DE 2023



Abstract

Pulsed electromagnetic fields, which by its acronym in English are identified as PEMF, are applied in a large number of pathologies due to their ability to not cause unpleasant sensations and without the need to establish direct contact with the emitting fields. Many patients who are treated may present cancer, which is why this work aims, through the review, to demonstrate that contraindicating PEMF in the presence of cancer is questionable. The studies published from the year 2001 to date, where PEMF were used as the only treatment or combined with chemotherapy and, using the existing databases in PubMed, PEDro and Google Scholar were the criteria for their selection. The results obtained were that the action of the PEMF in different intensities and frequencies managed to postpone or provoke a remission of the cancer cells. In conclusion, the contraindication of PEMF in cancer patients would be wrong, so that studies subsequent to this publication will surely finish confirming it.

Keywords: Pulsed electromagnetic fields, rehabilitation, cancer.

Campos Electromagnéticos Pulsados. La evidencia en procesos cancerígenos

Introducción

Los campos electromagnéticos pulsados (PEMF) son elegidos como terapia, debido a su nula percepción desagradable y sus efectos fisiológicos comprobados. Desde su aparición, los PEMF, se les atribuyó múltiples efectos y resultados, con un prometedor resultado en muchas patologías. Al ser sometido a estudios y análisis científicos, el listado inicial de los efectos logrados en el organismo disminuyó, sufriendo la selección dada por la evidencia científica. De la misma forma, las contraindicaciones de los PEMF, como es en el caso de pacientes que cursan un proceso cancerígeno fueron, y aún hoy son sostenidas en diferentes bibliografías sin la evidencia empírica que sustente tales características atribuidas como negativas a los PEMF. El objetivo de esta revisión, es la de examinar los diferentes trabajos científicos llevados adelante sobre las terapia con PEMF en procesos cancerígenos hacia un análisis en base a la evidencia científica actual.

Como sabemos, los campos magnéticos pulsados, forman parte de los agentes físicos que los kinesiólogos aplicamos como parte de los tratamientos protocolizados en muchos de nuestros pacientes. Estudiando y analizando los efectos fisiológicos impelidos por los PEMF en el cuerpo humano, resulta debatible el listado de contraindicaciones que se transfirió a través de los años en diferentes bibliografías. El objetivo de esta revisión es la de examinar los diferentes trabajos científicos llevados adelante sobre la terapia con PEMF en procesos cancerígenos hacia un análisis en base a la evidencia científica actual.

Objetivo y criterios de búsqueda

El objetivo de esta revisión narrativa de la literatura científica actual fue determinar si en pacientes que cursan procesos cancerígenos la aplicación de PEMF podría establecer una contraindicación.

Los criterios de búsqueda que se tuvieron para el presente trabajo, fueron: trabajos de investigación primarios sobre el tratamiento en cualquier tipo de cáncer, donde estén presentes los campos electromagnéticos pulsados, sean tratamientos únicos o coadyuvantes de otros tratamientos. Las consultas fueron realizadas en base de datos de PubMed, PEDro y Google Académico desde el año 2001 hasta la fecha, basado en la historia de este agente físico como una contraindicación.

Procesos cancerígenos

Al momento de abordar el tema de los campos electromagnéticos pulsados, debemos familiarizarnos con el mecanismo de producción de los mismos, efectos fisiológicos, indicaciones y contraindicaciones. Durante el análisis de diversas bibliografías encontramos, salvo determinados autores, que coinciden en enumerar el mismo o idéntico listado de aquellas situaciones donde no debemos aplicar campos electromagnéticos pulsátiles (PEMF), ejemplo, "No aplicar el polo positivo sin supervisión médica" (Capote Cabrera, López Pérez, Bravo Acosta, 2009), en esta cita los autores, seguro que sin ninguna intención de confundir, se refieren a un polo positivo. Cuando nos remitimos a los PEMF identificamos un polo sur y un polo norte, y no un polo positivo o negativo, sumado a esto, que los PEMF se denominan pulsátil porque están generados por una corriente alterna de entre 50 a 60 Hz, con posibilidad de modular la misma según el equipo generador, esto quiere decir que tanto el polo norte como el sur alternan su presencia acompañando la frecuencia de la corriente que los genera, descartando un posible campo magnético fijo.

"No aplicar en procesos cancerígenos. ¿Cuántos pacientes no diagnosticados serán tratados?" (Rodríguez Martín, 2004). Apelando a la práctica habitual que se realiza en aquellos pacientes, debido a la falta de síntomas o signos, desconocen que se encuentran afectados por un proceso cancerígeno, o también, los pacientes que no desean revelar parte de su historia médica al fisioterapeuta, motivados por diferentes contextos y posible no aceptación de la presencia de esta enfermedad. Ante esta situación que se encuentra planteada por los autores, surge un interrogante, ¿Cuántos pacientes que cursan o cursaron un proceso cancerígeno fueron tratados con los PEMF y no hubo manifestación alguna de aquel tratamiento?, o replanteando la pregunta, ¿Cuántos pacientes manifestaron signos o síntomas de

la presencia de cáncer tiempo después de haber sido tratados con PEMF? ¿Habrán sido los PEMF responsables de esa situación o sólo fue una mera casualidad?

Un poco más de información sobre el cáncer; para que un tumor se evidencie ante los estudios más avanzados de imagenología, es necesario que más de 1.000 millones de células cancerígenas estén presentes en el tejido, siendo un número elevado de células. Albornoz Cabello, Maya Martín y Toledo Marhuenda (2016) se refieren a esta contraindicación como cuestionada y advierten que mientras no se disponga de una mayor información científica, recomienda no usarla. La coherencia de estos autores es compartida por muchos profesionales, pero si nos remitimos a las preguntas del párrafo anterior, ¿Cómo podemos actuar si no tenemos conocimiento sobre la presencia de un tumor en un paciente?

Debemos comenzar por entender cómo se manifiesta la mayoría de los procesos cancerígenos a nivel celular. En esta situación, lo que ocurre es una alteración en la proliferación de celular, produciéndose una falla en el proceso mitótico celular, pasando inadvertidas por los controles naturales que el proceso de reproducción celular tiene, en lo que se denomina interface celular.

En las células cancerígenas vamos a encontrar características de autosuficiencia e insensibilidad a las señales inhibitoras del crecimiento, pudiendo reproducirse en forma ilimitada, dando lugar a la formación de tumores y metástasis a través del escape de la apoptosis o muerte celular.

En su obra "El metabolismo de los tumores" Warburg (1926) planteó la hipótesis sobre que todas las formas de cáncer se caracterizan por dos coincidencias básicas: la acidosis y la hipoxia, no pudiendo sobrevivir ante la presencia de nivel alto de oxígeno.

Como se evidenció, los PEMF logran un aumento de la presión de oxígeno a nivel de los tejidos, lo que podría transformar en un medio no habitable para células cancerosas logrando frenar el ciclo de vida tumoral.

La evidencia científica

Leman E.S. et al. (2001) realizaron estudios de las interacciones entre melatonina y PEMF a 2 Hz de frecuencia y 0,3 mT de intensidad sobre la proliferación e invasión del cáncer de mama in vitro, seleccionaron 3 tipos de células: MDA-MB-435, MDA-MB-231 y MCF-7. Los resultados mostraron que el crecimiento celular de MDAMB-231, eran poco metastásicas, y células MCF-7, nada metastásica y que las mismas se redujeron significativamente por la melatonina, independientemente de

la presencia del PEMF. Los estudios generales sugieren que los PEMF a 2 Hz y 0,3 mT no influyen en la metástasis del cáncer, y que si bien tiene mérito clínico en la curación de lesiones de tejidos blandos, este campo no ha demostrado influencia en las células cancerosas.

Los PEMF logran el deterioro de la viabilidad de las células del cáncer de mama de forma selectiva. Según los estudios realizados por Crocetti S. et al. que se basaron en el tratamiento de las células de cáncer de mama MCF7 y fueron cotejadas con células normales MCF10, se expusieron a PEMF y a la medición de los índices citotóxicos de las mismas. Los parámetros de PEMF probados fueron: 1) frecuencias que oscilan entre 20 y 50 Hz; 2) intensidades que van desde 2 mT a 5 mT y; 3) duraciones de exposición que oscilan entre 30 y 90 minutos por día durante un máximo de tres días para determinar los parámetros óptimos para la destrucción selectiva de células cancerosas. Observaron una discreta vulnerabilidad de las células MCF7 cuando fueron expuestas a PEMF 20 Hz de frecuencia, 3 miliTesla (mT) de intensidad y durante 60 minutos por día. El daño celular acumulado logrado en respuesta a la exposición de los PEMF aumentó con el tiempo y adquirieron importancia después de tres días de exposición diaria consecutiva. Estos parámetros que fueron más citotóxicos para las células MCF-7, no fueron perjudiciales para las células MCF-10 normales.

Ashdown C. P. et al. (2020), basó su trabajo en células de cáncer de pulmón humanas A549 cultivadas a 37°C, a las cuales se las expuso a PEMF a una intensidad de 20 mT y una frecuencia de 50 – 385 Hz. durante 10 minutos. La aplicación de PEMF logró inhibir la viabilidad en un 28% y crecimiento en un 26% de células de carcinoma A549, comparado con el grupo de células control que no fueron sometidas a los PEMF. Pero su trabajo constaba, además, de la exposición a los mismos campos magnéticos a células linfáticas pulmonares normales en el ambiente creado para el cultivo tumoral, donde encontró que éstas no habían sufrido ningún cambio, demostrando que los PEMF eran inocuos para las células normales de los tejidos.

Esta secuencia de hallazgos sugiere que los campos electromagnéticos pulsados reaccionan al glucocalix tumoral logrando efectos sobre la integridad de la membrana y el crecimiento celular. Ashdown et al. (2020) establecieron que, a diferencia de otros trabajos, su investigación se basó en la aplicación de PEMF durante 10 minutos, y no por horas o días.

Un estudio que lleva por título Mechanisms and therapeutic effectiveness of pulsed electromagnetic field therapy in oncology, realizado por Vadalà M. et al.

demostró que los PEMF tienen un efecto inmunomodulador, evidenciando un aumento del factor de necrosis alfa que promueve una respuesta anti tumoral, activando una vía pro apoptótica inducida por la caspasa-8 en interacción con Fas-asociado en modelo de ratón, transcurrido 16 días de tratamiento.

El tratamiento con electro quimioterapia mediada por la aplicación de PEMF en melanoma de ratón B16F10 in vivo, resultó ser una combinación con resultados positivos, limitando el crecimiento tumoral. Según explican en su trabajo, Kranjc S. et al., que la sola aplicación de los PEMF no registró ningún tipo de modificación en el crecimiento del tumor, lo mismo sucedió cuando fue tratado solo con la inyección de cisplatino (CDDP) (4mg/Kg). La exposición de los tumores a PEMF o EP (tratamiento con pulsos eléctricos) convencional, que fueron aplicados 3 minutos después de la inyección intravenosa de CDDP, dio como resultado un retraso significativo en el crecimiento de los tumores, llegando hasta 3 días en comparación con los tumores no tratados.

Un estudio muy interesante sobre la acción de los PEMF en nano partículas de dipéptido magnético (MNP) en modelos de cáncer de pulmón ofrece una posibilidad más en el sistema de entrega específicos de las drogas en el sitio donde se encuentran las células cancerígenas y superar los obstáculos de la toxicidad y la resistencia a las drogas. A pesar de que los avances en los estudios de la lucha contra el cáncer, desarrollaron nuevos medicamentos, los riesgos asociados a los mismos continúan estando presentes, su toxicidad para células sanas, efectos secundarios severos a graves y la resistencia a las drogas por parte del organismo. En el desarrollo de esta investigación, demostró tanto in vivo como in vitro, que las MNP pudieron ser más eficaces al poder ser direccionadas a través de la inducción de PEMF a células cancerígenas, disminuyendo su toxicidad a las células sanas.

La aplicación a campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF-EMF por sus siglas en inglés) cuyos parámetros fueron $7,83 \pm 0,3$ Hz a la intensidad de 1 mT durante 6 horas, revelaron una clara vulnerabilidad de células cancerosas a ELF-EMF y que mayores dosis y magnitudes no necesariamente mejores son mejores. Los hallazgos en este trabajo de investigación sugieren que un tratamiento con las características de los campos magnéticos arriba detallados proporcionaron una significativa inhibición de la viabilidad de las células MDA-MB-231. La exposición a ELF-EMF provocó un ingreso de Ca^{2+} , desencadenando la apoptosis de éstas células cancerígenas, sugiriendo una terapia potencialmente efectiva en el tratamiento contra el cáncer de mama.

Faloney S. et al. demostraron que una exposición a los PEMF de 2 mT de intensidad y 75 Hz aplicado durante 15 minutos 3 veces al día durante 5 días, fue capaz de mejorar la resistencia celular frente a un estímulo pro-oxidante en un línea celular de neuroblastoma humano SK-N-BE (2), este efecto parece estar relacionado con el aumento de la actividad mitocondrial logrando una protección antioxidante contra el anión superóxido. A pesar del límite del estudio, ya que se llevó a cabo usando una línea celular derivada de un tumor, pero que a su vez es comúnmente utilizado en la investigación de biología celular, proporcionaron una prueba válida que los PEMF pueden considerarse como medio para mejorar la capacidad antioxidante celular.

Otro estudio que se planteó como objetivo el investigar la influencia de PEMF en los leucocitos proliferantes nativos que se originan en pacientes recién diagnosticados de leucemia linfoblástica aguda (LLA). El equipo seleccionado produjo un campo electromagnético pulsado de 7 Hz de frecuencia a una intensidad de 30 mT dentro de una incubadora de cultivo celular. La elección de esta frecuencia de PEMF se basó en que el efecto de calentamiento es mínimo; y además, la misma tenía relación con los parámetros de los campos magnéticos utilizados en magnetoterapia. Las células fueron expuestas 3 veces durante 4 horas con intervalos de 24 horas entre las exposiciones. Para evaluar los parámetros comparativamente con muestras de control, éstas estaban en la misma incubadora pero a una distancia de 35 cm del generador, protegido adicionalmente con un escudo de papel de aluminio, para así evitar que los campos magnéticos influyeran en las mismas. Los resultados arrojaron que el porcentaje de células apoptóticas tempranas obtenidas después de la exposición a PEMF fue de un 14,26 (\pm 7,56) % frente a 9,82 (\pm 5,27) % que presentaron las muestras control que no recibieron la exposición a los PEMF.

Los receptores de adenosina A3 (AR) juegan un papel fundamental en el desarrollo del cáncer y su activación está involucrada en la inhibición del crecimiento tumoral, esto motivó a Vincenzi F. et al. (2012), que junto a su equipo ya venía estudiando los efectos de los PEMF y su relación con células cancerígenas, a plantearse el objetivo en su estudio de evaluar si la exposición a PEMF potenciaba el efecto antitumoral de los A3AR en carcinoma pancreático (PC12) en ratas, feocromocitoma suprarrenal y líneas celulares de glioblastoma humano U87MG en comparación con neuronas corticales de rata. La saturación vinculada a los ensayos a través del análisis de ARNm, revelaron que la exposición a PEMF regulaba a los A2A y A3AR que están muy relacionados a la actividad de adenilato ciclasa y producción de la adenosina cíclica-monofosfato (cAMP). El efecto del agonista A3AR en las células

tumorales mejoró ante la presencia de los PEMF y se bloquea mediante el uso de un antagonista selectivo. De esta forma se demostró que la exposición a los PEMF aumenta significativamente el efecto antitumoral modulado por A3ARs.

Ante las hipótesis sobre que los campos electromagnéticos pulsados podrían potenciar los efectos citocidas (destructor de células) de los fármacos quimioterapéuticos en tumores malignos, pero como los efectos de metástasis de los PEMF en células tumorales no habían sido investigados, Zhang D. et al., (2011) Investigaron los efectos de la exposición a los PEMF en los niveles de moléculas relacionadas a algunas metástasis, incluidas las subunidades de integrina (a1, a2, a3, a4, a5, a6, av), subunidades de integrina b (b1, b2, b3, b4), CD44 y metaloproteinasa de matriz-2/9 (MMP-2/9) en cuatro osteosarcomas humanos líneas celulares (HOS, MG-63, SAOS-2, NY) y dos líneas celulares de osteosarcoma de ratón (DOS, LM8). Los resultados indicaron que la exposición a los PEMF no tiene efecto sobre la expresión de algunas moléculas que están asociadas con la invasión de células tumorales y la metástasis, por lo tanto sugieren que la exposición los PEMF se puede aplicar de forma segura a la quimioterapia para osteosarcoma.

Conclusión

A partir del análisis de los trabajos de investigación presentados en esta revisión narrativa, los campos electromagnéticos pulsados no presentarían riesgos de proliferación, crecimiento o aumento de la viabilidad de las células cancerígenas, por lo que se presume que no presenta contraindicación de su aplicación en pacientes que realizan tratamiento de rehabilitación fisiokinésica.

Por otra parte, se está observando que los campos electromagnéticos pulsados son utilizados como terapia combinada con los tratamientos convencionales contra el cáncer, siendo la ventaja principal la de no ser invasivo ni tóxicos para el organismo y por sobre todo no daña a las células normales evitando los efectos secundarios severos de los tratamientos utilizados en la actualidad.

Declaración de interés

El autor reporta no tener ningún conflicto de intereses. El autor es el único responsable del contenido y redacción del artículo.

Referencias

- Albornoz Cabello M., Maya Martín J. & Toledo Marhuenda J. V. (2016). Electroterapia práctica: avances en investigación clínica. Barcelona: Elsevier
- An G., Shen M., Guo J., Miao X., Jing Y., Zhang K., Guo L. & Xing J. (2021). Effects of Pulsed Electromagnetic Fields on Tumor Cell Viability: a Meta-analysis of in Vitro Randomized Controlled Experiments. *Electromagnetic Biology and Medicine* (40). 467-474. DOI: 10.1080/15368378.2021.1958341
- Ashdown C. P., Johns S.C., Aminov E., Unanian M., Connacher W., Friend J., & Fuster M. M. (2020). Pulsed Low-Frequency Magnetic Fields Induce Tumor Membrane Disruption and Altered Cell Viability. *Biophysical Journal* (118). 1552–1563. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2020.02.013>
- Baskar G., Ravi M., Panda J. J., Khatri A., Dev B., Santosham R., Sathiya S., Babu Ch. S., Chauhan V. S., Rayala S. K. & Venkatraman G. (2017). Efficacy of Dipeptide-Coated Magnetic Nanoparticles in Lung Cancer Models Under Pulsed Electromagnetic Field. *Cancer Investigation*. 35:6, 431-442. DOI: 10.1080/07357907.2017.1318894
- Capote Cabrera A., López Pérez Y. & Bravo Acosta T. (2009). Agentes físicos. La Habana: Ciencias Médicas.
- Crocetti S., Beyer C., Schade G., Jürg Fröhlich M. E. & Obregón A. F (2013). Low Intensity and Frequency Pulsed Electromagnetic Fields Selectively Impair Breast Cancer Cell Viability. *PLoS One*. 8 (9): e72944. DOI: 10.1371/journal.pone.0072944
- Falonea S., Marchesib N., Oserab C., Fassinac L., Comincinie S., Amadiob M. &
- Pascale A. (2016). Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) Prevents Pro-oxidant Effects of H₂O₂ in SK-N-BE (2) Human Neuroblastoma Cells. *International Journal of Radiation Biology*. Volumen 92. 281-286. DOI: 10.3109/09553002.2016.1150619
- Kaszuba-Zwoińska J., Ćwiklińska M., Balwierz W., Chorobik P., Nowak B., Wójcik-Piotrowicz K., Ziomber A., Malina-Novak K., Zaraska W. & Thor P. J. (2015). Changes In Cell Death of Peripheral Blood Lymphocytes Isolated From Children With Acute Lymphoblastic Leukemia Upon Stimulation With 7 hz, 30 mT Pulsed Electromagnetic Field. *Cellular & Molecular Biology Letters*. Volumen 20. 130-142. DOI: 10.1515/cmble-2015-0006
- Kranjc S., Kranjc M., Scancar J., Jelenc J., Sersa G. & Miklavcic D. (2016). Electrochemotherapy by Pulsed Electromagnetic Field Treatment (PEMF) in Mouse Melanoma B16F10 In vivo. *Radiology Oncol*. 50(1) 39-48. DOI: 10.1515/raon-2016-0014

- Leman E.S., Sisken B.F., Zimmer S. & Anderson K.W. (2001). Studies of the Interactions Between Melatonin and 2 Hz, 0.3 mT PEMF on the Proliferation and Invasion of Human Breast Cancer Cells. *Bioelectromagnetics*. (3)178-84 DOI: 10.1002/bem.36
- Rodríguez Martín, J. M. (2004). Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana.
- Vadalà M., Morales-Medina J.C., Vallelunga A., Palmieri B., Laurino C. & Iannitti T (2016). Mechanisms And Therapeutic Effectiveness of Pulsed Electromagnetic Field Therapy in Oncology. *Cancer Medicine* 5(11):3128–3139 DOI: 10.1002/cam4.861
- Vincenzi F., Pasquini S., Setti S., Salati S., Cadossi R., Borea P. A. & Varani K. Pulsed (2020). Electromagnetic Fields Stimulate HIF-1-Independent VEGF Release In 1321N1human Astrocytes Protecting Neuron-like SH-SY5Y Cells From Oxygen- glucose Deprivation. *International Journal of Molecular Science*. (21) DOI: 10.3390/ijms21218053
- Vincenzi F., Targa M., Corciulo C., Gessi S., Merighi S., Setti S., Cadossi R., Borea P.A., & Varani K. (2012). The Anti-Tumor Effect of A3 Adenosine Receptors Is Potentiated by Pulsed Electromagnetic Fields in Cultured Neural Cancer Cells. *PLoS ONE*. Volumen 7. (6): e39317. DOI:10.1371/journal.pone.0039317
- Wanga M. H., Chenb K. W., Nib D. X., Fangb H. J., Jangb L. S. & Chen C. H. (2021). Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Parameters on the Proliferation of Human Breast Cancer. *Electromagnetic Biology and Medicine*. DOI:10.1080/15368378.2021.1891093
- Zhang D., Pan X., Ohno S., Osuga T., Sawada S., & Sato K. (2011). No Effects of Pulsed Electromagnetic Fields on Expression of Cell Adhesion Molecules (Integrin, CD44) and Matrix Metalloproteinase-2/9 in Osteosarcoma Cell Lines. *Bioelectromagnetics* 2:463-473. DOI 10.1002/bem.20647