

## Trabajos originales

Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto"

### Evaluación electroencefalográfica en personas expuestas a las radiaciones electromagnéticas (radiaciones no ionizantes)

My. Héctor Hernández Rodríguez,<sup>1</sup> My. José L. Pérez Alejo,<sup>2</sup> Tte. Cor. María E. Falcón Aguiar,<sup>3</sup> My. Ana G. Piñón<sup>4</sup> y Lic. Jacqueline Guerrero Abreu<sup>5</sup>

#### RESUMEN

Las radiaciones electromagnéticas según diferentes autores pueden modificar la actividad bioeléctrica cerebral y producir cambios en el electroencefalograma mediante diferentes mecanismos biológicos que involucran a los iones calcio, la producción de melatonina y otras funciones neuroreguladoras. El objetivo del presente estudio fue evaluar el electroencefalograma en un grupo de personas expuestas a las radiaciones electromagnéticas y compararlo con un grupo no expuesto. Se encontró que en los expuestos las alteraciones electroencefalográficas más frecuentes fueron las que manifestaron un sufrimiento cortical cerebral (alteraciones lentas), un aumento de energía absoluta y total de las bandas electroencefalográficas theta y delta, mientras que las alteraciones del electroencefalograma encontradas en los controles no difieren por su número y características morfológicas de las encontradas en la población en general.

*Palabras clave:* Electroencefalografía, radiaciones electromagnéticas, sufrimiento cortical cerebral, alteraciones lentas, bandas theta y delta.

Las microondas provocan dilatación de los poros de la membrana hematoencefálica, la que a su vez se hace permeable a determinadas sustancias que no deberían entrar en las neuronas, y cambian el flujo celular de determinados iones, sobre todo el calcio, lo que produce cambios eléctricos en la membrana de las células nerviosas. Este proceso permite relacionar las microondas con tumores cerebrales, enfermedad de Alzheimer y otros trastornos neurológicos. Otra vía es a través de la producción de melatonina, hormona producida por la glándula pineal, una de cuyas funciones conocidas es la de regular los procesos del sueño y la vigilia y otras actividades cerebrales.<sup>1</sup> Estos efectos no térmicos de las radiaciones electromagnéticas producen cambios en el electroencefalograma, cambios en la actividad colinérgica, que pudieran influir sobre la salud pero que no son reconocidos por algunos investigadores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) no tiene en cuenta por el momento los efectos no térmicos. Un numeroso grupo de expertos, entre ellos los norteamericanos y de países miembros del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), niegan la posibilidad de que los campos de radiofrecuencias, por su forma de interactuar físicamente con la materia orgánica, provoquen algún tipo de respuesta biológica que no sea de origen térmico.<sup>2</sup>

#### MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, longitudinal, analítico de casos y controles en 125 personas seleccionadas aleatoriamente en puestos de trabajo con exposición al campo

electromagnético (CEM) y sin ella, divididos en 2 grupos de 63 y 62 sujetos respectivamente, con la siguiente denominación según su vinculación con el CEM.

Expuestos: 63 sujetos que realizan labores en radar: operan, reparan, sintonizan o combinaciones de estas labores.

No expuestos: 62 sujetos que realizan otras labores no vinculadas a la exposición al CEM. Todos los individuos expuestos y no expuestos con el debido “consentimiento informado” se les realizaron diferentes estudios previo ingreso controlado de 3 días de duración en pequeños grupos en el Servicio de Medicina Interna del Instituto Superior de Medicina Militar (ISMM) “Dr. Luis Díaz Soto”.

### **Exploración neurofisiológica**

La exploración neurofisiológica (parte 1) comprendió estudio electroencefalográfico (EEG).

El estudio fue realizado por el Departamento de Neurofisiología Clínica del ISMM “Dr. Luis Díaz Soto” mediante el sistema “neuromega” versión 3.2 de Davihmed Cuba, con las condiciones o requisitos previos siguientes:

- No fumar 12 h antes de la prueba.
- No ingerir café, té u otra bebida estimulante 24 h antes.
- No tomar medicamentos 24 h antes.
- No ingerir bebidas alcohólicas 24 h antes.
- No tomar bebidas gaseadas 24 h antes.
- Dormir 6 h como mínimo el día anterior.
- Desayunar el día de la prueba.

Para el estudio del EEG la muestra tuvo que ser reducida a 61 personas expuestas y 46 no expuestos, ya que 18 de ellos no cumplieron con los criterios de inclusión para este estudio. Las condiciones en que se realizaron los registros fueron las mismas para ambos grupos, los que se efectuaron en horas de la mañana en un local adecuado con temperatura de 25 °C. Fueron colocados los electrodos de chapa para registro electroencefalográfico según el sistema 10/20 de Jasper.

Los resultados se recogieron en una base de datos en Access, Windows XP para su posterior análisis estadístico en PC-IBM compatible con la utilización de la estadística descriptiva, paramétrica y no paramétrica mediante paquete automatizado SPSS versión 10 para Windows, con un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Los resultados se presentan en forma de figuras y tablas.

## **RESULTADOS**

Las alteraciones del tipo lentas en los expuestos consistieron principalmente en grafoelementos de la banda de frecuencias theta entre 4-8 Hz, localizadas principalmente en las regiones anteriores, sin localización hemisférica predominante (tabla, fig. 1). Estas respuestas no guardan relación con ninguna maniobra de activación cerebral realizada.

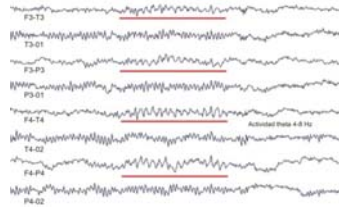


Fig. 1. EEG patológico correspondiente a un sujeto expuesto.

Las alteraciones paroxísticas referida a los casos expuestos consisten en la presencia de puntas lentas (ondas lentas angulares), localizadas en regiones anteriores con predominio de hemisferio cerebral izquierdo, estas respuestas aparecían o se incrementaban con las maniobras de activación (hiperventilación pulmonar) (tabla).

Tabla. Alteraciones electroencefalográficas por número de casos

	Lentas alteraciones	Paroxísticas alteraciones
Expuestos	13	3
No expuestos	5	5

Los cambios electroencefalográficos aparecidos en los no expuestos (controles) se consideraron como hallazgos que están dentro del número permisible para una población normal, de alrededor del 20 % (fig. 2).

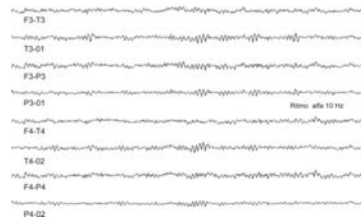


Fig. 2. EEG normal correspondiente a un sujeto no expuesto.

En el análisis espectral se encontró un aumento de la energía absoluta y total en la banda de frecuencias lentas (delta y theta), con predominio en las regiones anteriores en los sujetos expuestos, que se encontraban dentro de límites normales el resto de las bandas (alfa y beta). En el estudio de los no expuestos, los patrones de frecuencias se encontraron dentro de los parámetros establecidos.

## DISCUSIÓN

*D'Costa* y otros<sup>3</sup> al estudiar el efecto del CEM generado por la telefonía móvil sobre la electroencefalografía humana en sujetos despiertos, mostraron incremento significativo en el ritmo alfa del EEG (8-13 Hz) y beta (13-32 Hz). El análisis espectral reveló diferencias significativas en 7 de 32 frecuencias distintas y concluyeron que la telefonía móvil cambia los ritmos del EEG. *Kramarenko* y *Tan*<sup>4</sup> al utilizar un equipo EEG telemétrico de 16 canales, gravó los cambios en el EEG durante la exposición del cráneo humano al CEM emitido por un teléfono móvil de forma tal que el CEM incidiera alrededor del ojo ipsilateralmente, adyacente a la base del cerebro. Se utiliza el EEG telemétrico para eliminar el ruido inducido por el teléfono y se obtuvo como

resultado a los 20-40 s una actividad lenta (2,5-6 Hz) en el área frontal contralateral y áreas temporales, ondas de duración de 1 s y repetidas cada 15-20 s; se concluye que el CEM induce ondas lentas en personas despiertas.

Este estudio, en las personas expuestas encontró actividad theta en regiones frontales, característica de signos de sufrimiento cortical cerebral (alteraciones lentas) que son comunes en los sujetos expuestos al CEM de hiperfrecuencias. Por otra parte, un ritmo alfa de 10 Hz posterior, bien modulado y reactivo estuvo presente en el 90 % de los sujetos no expuestos, que fue considerado como normal. Los hallazgos encontrados en el EEG de los sujetos expuestos, demuestran que el CEM emitido por fuentes de alta frecuencia (efecto térmico), influyen sobre la actividad bioeléctrica del cerebro y que esto podría estar dado por las perturbaciones de los flujos cálcicos cerebrales y donde desempeña una función importante la proteína calmodulina, que está implicada con el calcio en el funcionamiento cerebral.

Algunos investigadores han señalado además otras alteraciones del sistema nervioso central por efectos de las radiaciones electromagnéticas: cambios en la actividad colinérgica;<sup>5</sup> cambios en el metabolismo de los neurotransmisores;<sup>6</sup> alteraciones de la función de los receptores cerebrales que controlan sobre todo el humor, el aprendizaje y la memoria;<sup>7</sup> marcada expresión para los receptores del N-metil-d-aspartato (NMDA), que aumenta el flujo de iones calcio;<sup>8</sup> aumento en la descarga de catecolaminas;<sup>9</sup> y un efecto inhibitorio selectivo sobre el sistema monoaminérgico.<sup>10</sup> Por todo lo antes expuesto se concluye que las alteraciones electroencefalográficas más frecuentes encontradas en las personas expuestas son las que manifiestan un sufrimiento cortical cerebral (alteraciones lentas). El análisis espectral del EEG reveló que existe un aumento de energía absoluta y total de las bandas electroencefalográficas theta y delta en estos sujetos. Las alteraciones del EEG encontradas en los controles no difieren por su número y características morfológicas de las encontradas en la población en general.

## **SUMMARY**

### **Electroencephalographic evaluation of persons exposed to electromagnetic radiations (non-ionizing radiations)**

According to several authors, electromagnetic radiations may modify the brain bioelectrical activity and bring about changes in the electroencephalogram through different biological mechanisms involving calcium ions, the production of melatonin and other neuroregulating functions. The objective of the present study was to evaluate the electroencephalogram of a group of persons exposed to electromagnetic radiations and compare it to that of an unexposed group. It was found that the most frequent electroencephalographic alterations in the exposed group were those manifesting cerebral cortical distress (slow alterations) and increase of total and absolute energy from electroencephalographic bands theta and delta whereas the electroencephalogram alterations found in the unexposed group (controls) were not different in number and morphological characteristics from those of the general population.

*Key words:* Electroencephalography, electromagnetic radiations, cerebral cortical distress, slow alterations, bands theta and delta.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Álvarez L. ¿Qué es y cómo nos afecta? La contaminación electromagnética y sus efectos sobre la salud. Fecha de acceso noviembre 2000. Disponible en: <http://www.ambienteecológico.com>
2. Informática y telecomunicaciones. Efectos no térmicos de los campos de RF. Fecha de acceso marzo del 2003. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
3. D'Costa H, Trueman G, Tang L, Abdel-Rahman U, Abdel Rahman W, Ong K, et al. Human brain wave activity during exposure to radiofrequency field emission from mobile phones. *Australas Phy Eng Sci Med*. 2003 Dec;26(4):162-7.
4. Kramarenko AV, Tan U. Effects of high frequency electromagnetic fields on human EEG: A brain mapping study. *Int J Neurosci*. 2003 Jul;113(7):1007-19.
5. Ladrón de Guevara JLL, Macias Álvarez O. Efecto no térmico de los campos de RF. Fecha de acceso 14 de marzo del 2000. Disponible en: <http://www.asenmac.com>
6. Hossman KA, Hermann DM. Effect of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*. 2003 Jan;24(1):49-62.
7. Gómez-Perretta C. Las radiaciones electromagnéticas pueden alterar la función de receptores cerebrales. Fecha de acceso 28 de octubre 2003. Disponible en: <http://www.mediterranea.org/cae/denuncia/camposmagnéticos1.html>
8. Hirai T, Yoneda Y. Functional alteration immature cultured rat hippocampal neurons after sustained introduction to static magnetic fields. *J Neurosci Res*. 2004 Jan 15;72(2):230-40.
9. Craviso GL, Chatterjee I, Publicover NG. Catecholamine release from culture adrenal medullary chromaffin cell in the presence of 60 Hz magnetic fields. *Bioelectrochemistry*. 2003 Apr;59(1):57-64.
10. Shtemberg AS, Uzbekov MG, Shikhov SN, Bazyan AS, Chernyakov GM. Some neurotropic effects of low intensity electromagnetic waves in rats with different typological characteristics of higher nervous activity. *Neurosci Behav Physiol*. 2001 Sep-Oct;31(5):547-53.

Recibido: 27 de diciembre de 2005. Aprobado: 30 de enero de 2006.

My. *Héctor Hernández Rodríguez*. Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto”. Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>1</sup>Especialista de I Grado en Neurofisiología Clínica.

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias de la Salud. Investigador Titular.

<sup>3</sup>Master en Salud Ambiental. Profesora Asistente.

<sup>4</sup>Especialista de I Grado en Psiquiatría.

<sup>5</sup>Licenciada en Biología. Investigadora Auxiliar.