

Trabajos originales

Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto”

Espermatogénesis en personal profesional expuestos a las radiaciones electromagnéticas

Tte. Cor. María E. Falcón Aguiar,¹ My. José L. Pérez Alejo,² Tte. Cor. Ricardo Somonte Ríos,³ My. Ana G. Piñón Montano,⁴ My. Héctor Hernández Rodríguez⁵ y My. Vidalina Kenia Acosta Quintana⁶

Resumen

La presencia en el ambiente laboral de las radiaciones no ionizantes con frecuencias de ondas entre los 100 a 300 Ghz se remonta solo a algunos decenios y está asociada con el progreso científico-técnico. Estas radiaciones afectan a sistemas, órganos y mecanismos bioquímicos, y comprometen la salud de los expuestos. Con el objetivo de conocer cómo influyen estas ondas electromagnéticas sobre la espermatogénesis, se realizó un estudio del semen en 125 profesionales de instituciones cerradas distribuidos en casos y controles, seleccionados aleatoriamente y divididos en 2 grupos de 63 y 62 respectivamente. Los valores estimados de riesgo relativo (OR) indican que el grupo expuesto al campo electromagnético tiene más probabilidad de presentar alteraciones del espermiograma.

Palabras clave: Radiaciones electromagnéticas, espermiograma, espermatogénesis, fecundación masculina.

El campo electromagnético (CEM) se caracteriza por la emisión de radiaciones ionizantes y no ionizantes. Las no ionizantes son ondas electromagnéticas de menor frecuencia que las ionizantes, que no tienen nunca la suficiente energía como para romper los enlaces atómicos como lo hacen las ionizantes. Son ondas con una longitud más larga que la luz visible, que produce efectos térmicos y no térmicos, e incluyen rayos ultravioletas, rayos visibles, radiación infrarroja (RI), microondas (MO), radiofrecuencias (RF) y frecuencias extremadamente bajas (FEB). Los CEM están presentes en muchos fenómenos naturales, las galaxias, el sol, las estrellas, las que emiten radiación de baja densidad y además en la atmósfera existen cargas eléctricas que conforman campos magnéticos a los que estamos sometidos permanentemente y que se hacen mucho más intensos durante las tormentas eléctricas.¹ Pero a estos campos eléctricos y magnéticos naturales se ha unido en el último siglo un amplio número de campos artificiales, creados por el hombre, que nos exponen a diario a una radiación adicional. Estos son mucho más débiles que los CEM naturales y en muchas profesiones del sector de la electrónica, ferroviario, de las telecomunicaciones o radiotécnico, tanto civiles como militares; la exposición a ellos

puede llegar a ser continuada. Las ondas electromagnéticas conllevan el peligro de efectos biológicos, que pueden desembocar en efectos adversos para la salud. Es importante comprender la diferencia entre estos tipos de efectos a la exposición al estresor electromagnético. Un efecto de carácter biológico cuando la exposición produce un cambio fisiológico detectable en un sistema biológico, y un efecto adverso para la salud, cuando el efecto biológico sobrepasa el límite normal de variabilidad fisiológica del organismo que presenta dificultad de adaptación. Estos hechos condicionan entonces un detrimento del estado de salud.² Las radiofrecuencias entre 30 khz y 300 Mhz y las microondas entre 300 Mhz y 300 Ghz provocan vibraciones moleculares, las cuales producen calor, de ahí su empleo doméstico, médico e industrial con lo que se pueden producir quemaduras a partir de una determinada cantidad de radiación.¹

Se plantea que la absorción de radiofrecuencias o microondas en un medio material trae aparejado calentamiento,³⁻⁶ de manera tal que la intensidad de la radiación podría provocar un incremento de la temperatura. Se produce un cambio en la orientación espacial (oscilación) de las moléculas bipolares, principalmente del agua e iones.² La energía electromagnética pasa a calorífica (térmica) y los tejidos se calientan en dependencia de 3 factores fundamentales: la intensidad de la irradiación recibida (densidad de potencia), cantidad de moléculas bipolares de los tejidos sobre todo agua e irrigación sanguínea del órgano que permitiría retirar el calor producido por este. De ahí que los órganos más afectados sean el cristalino, humor vítreo del ojo, órganos parenquimatosos y glándulas como el hígado, páncreas, ganglios linfáticos, órganos huecos como el estómago, vejiga y vesícula biliar⁷ y órganos reproductores. Es bien conocido el efecto nocivo que ejercen las ondas electromagnéticas sobre el sistema reproductor, en especial en la función testicular. Cobra gran importancia este hecho ya que incluso a pequeñas dosis de exposición, el plasma germinal sufre alteraciones al ser las espermatogonias sensibles a los efectos térmicos generados por el CEM. No obstante, el consenso en cuanto a los efectos térmicos de las ondas electromagnéticas sobre la fertilidad se conocen de trabajos como el de *Prasad SK* (2001)⁸ que estudió 100 trabajadores, 59 soldadores y 41 costureros como controles sin encontrar alteraciones significativas de esta. Por todo lo anterior nos propusimos conocer cómo influyen estas ondas electromagnéticas sobre la espermatogénesis en un grupo de profesionales de instituciones cerradas que trabajan expuestos a este factor de riesgo.

Métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, longitudinal, analítico, de casos y controles en 125 profesionales de instituciones cerradas seleccionados aleatoriamente y divididos en 2 grupos de 63 y 62 respectivamente, según su vinculación con el campo electromagnético (CEM), con la denominación siguiente:

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

No expuestos: 62 profesionales que realizan otras labores.

A todos los profesionales 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”

Estudio de evaluación del espermograma

A todos los profesionales expuestos y no expuestos se les tomaron muestras del líquido espermático el 2do día del ingreso hospitalario, después de 3 días de abstinencia sexual. Las muestras fueron procesadas inmediatamente según procedimientos normalizados de operación (PNO) del Laboratorio de Higiene de la Unidad Territorial de Higiene y Epidemiología del ISMM “Dr. Luis Díaz Soto”. En el líquido espermático fueron medidos los parámetros siguientes:

- Color, volumen, consistencia
- pH, aspecto, aglutinación, motilidad
- Conteo de leucocitos, peroxidasa
- Viabilidad, conteo espermático y morfología del espermatozoide.

Todos los resultados se llevaron a una base de datos 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 una $p < 0,05$, se realizó la estimación de la fuerza de asociación mediante el cálculo de la razón de disparidad (OR). Los resultados se presentan en forma de gráficos y tablas.

Resultados

Se apreció una disminución de la viabilidad espermática y mayor número de alteraciones de su morfología en el grupo de profesionales expuestos en relación con los no expuestos, con una asociación significativa entre exposición y daño. Tal asociación solo se confirma con las otras pruebas estadísticas en el caso de la viabilidad. El resto de los parámetros del espermograma no mostraron diferencias significativas (tabla, fig.).

TABLA. Exploración de parámetros más importantes para evaluar fertilidad en los grupos de estudios

Concentración	Exposición			RR=0,98	p=0,96
	Si	No	Total		
Positivo	13	13	26	Chi cuadrado=0,03	
Negativo	50	49	99		
Total	63	62	125		
Viabilidad				RR=2,91	p=0,034*

				Chi cuadrado=4,46
Positivo	15	6	21	
Negativo	48	56	104	
Total	63	62	125	
Morfología				RR=1,36 p=0,39
				Chi cuadrado=0,71
Positivo	27	22	49	
Negativo	36	40	76	
Total	63	62	125	
Motilidad				RR=0,96 p=0,91
				Chi cuadrado=0,01
Positivo	27	28	55	
Negativo	35	35	70	
Total	63	62	125	

*p<0,05.

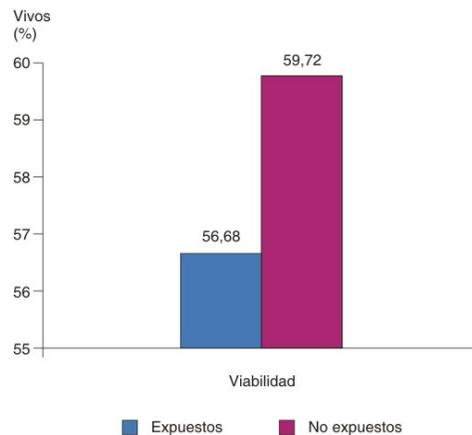


FIG. Viabilidad espermática en los grupos de estudios (Valor medio).

Discusión

En la literatura referativa del efecto del campo electromagnético sobre la reproducción y el desarrollo aparece un gran volumen de trabajos aún no conclusivos sobre los efectos negativos de las microondas sobre la función testicular, la fecundación del óvulo, los embriones en desarrollo, la prole y muchos otros aspectos de interés científico. Ambos aspectos, reproducción y desarrollo, son particularmente sensibles al efecto térmico de las radiaciones electromagnéticas. Los testículos son órganos sensibles al efecto térmico, ya que la elevación de la temperatura actúa sobre las células germinativas y pueden llegar a producir esterilidad masculina. La debilidad sexual, la eyaculación precoz y la impotencia se

describen como trastornos neuropsíquicos que aumentan con el tiempo de exposición. De esta forma el espermograma se ha convertido en un elemento evaluativo que permite conocer la influencia del CEM sobre la fertilidad masculina.

Chia y otros (2001)⁹ al evaluar diferentes ocupaciones y riesgo de infertilidad, encontraron que en las ocupaciones donde se tenía la influencia de radiaciones electromagnéticas (técnicos de diseño, analistas de finanzas), había mayor riesgo de infertilidad mostrada en la evaluación del semen que en aquellas donde no había influencia del CEM (obreros de servicios). *Maker, Tatoher* y otros (1980),¹⁰ evaluaron la motilidad espermática en el semen humano antes, durante y después de la irradiación con CEM (ondas radiofónicas de alta frecuencia), encontraron que la motilidad espermática es afectada por la alta frecuencia y atribuible a un efecto térmico. Un estudio colaborativo entre el Centro de Investigaciones Biomédicas de la Armada Norteamericana y el Laboratorio de Desarrollo del Instituto Nacional para la Seguridad Profesional y Salud fue diseñado para evaluar la fecundidad en soldados del sexo masculino expuestos al CEM emitido por radares (alta frecuencia). Se midieron hormonas séricas y se realizó examen del semen en un grupo de 20 soldados operadores de radares y en un grupo de 31 soldados no expuestos que fue tomado como control. Los hallazgos mostraron que en el grupo de soldados expuestos a microondas, el volumen del semen y el conteo espermático disminuyeron de forma significativa ($p=0.027$, $p=0.009$) con respecto al grupo control. Las hormonas no mostraron cambios significativos.¹¹

Hjollund y otros (1997),¹² al estudiar la calidad del semen en personal militar operadores de radares (emisiones de microondas de alta frecuencia), encontraron que en los militares expuestos la densidad espermática fue significativamente baja comparada con el grupo control. *Stephen J. Robson* (2001)¹³ evidenció recientemente en un meta-análisis en relación con la calidad del esperma en las fuerzas armadas una marcada disminución de la concentración espermática desde 113 millones/ml en 1938 a 66 millones/mL en 1990. Innumerables argumentos se han planteado alrededor de este problema:

- Más individuos infértiles en nuestra sociedad actual
- Mayor incremento de anomalías testiculares
- Mayor incidencia de cáncer testicular
- Cambios negativos en el estado de fertilidad de la población militar asociados con la influencia del CEM.

Este estudio abarcó todos los elementos en el análisis del líquido espermático tanto en los profesionales expuestos como en el grupo control. Anomalías como disminución del volumen, concentración espermática y motilidad mostraron una disminución en más del 40 % de los profesionales expuestos; pero al compararse con los no expuestos no hubo significación estadística. Solo la viabilidad espermática y la morfología presentó una relación (asociación, $OR>1$) entre exposición y daño en el grupo expuesto. Tal como se ha planteado por algunos autores el riesgo de la exposición al CEM se debe en lo fundamental al efecto térmico, elemento que influye sobre la fertilidad masculina. Estos resultados están en concordancia con la mayoría de los autores, pero también en contradicción con otros. Quizás estas diferencias se deban a la potencia de la fuente emisora y/o al tiempo de exposición al CEM. Aunque se debe resaltar que no solo el diagnóstico de infertilidad masculina se emite mediante la

evaluación del espermograma, sino que además se tienen en cuenta otros factores, como por ejemplo, la cuantificación de hormonas y el diagnóstico del especialista en Urología. Por todo lo antes expuesto se concluyó que la disminución de la viabilidad espermática está directamente asociada con el daño por radiaciones electromagnéticas, lo que constituye un elemento importante en el proceso de fecundación masculina de los expuestos.

Summary

Spermatogenesis in the professional personnel exposed to electromagnetic radiations

The presence in the local environment of the non-ionizing radiations with wave frequencies between 100 and 300 Ghz, goes back to some decades, and it is associated with the scientific-technical progress. These radiations affect systems, organs and biochemical mechanisms and involve the health of the exposed. In order to know how these electromagnetic waves influence on spermatogenesis, it was conducted a study of semen from 125 professionals of closed institutions distributed in cases and controls, randomly selected and divided into 2 groups of 63 and 62, respectively. The estimated values of the relative risk (OR) showed that the group exposed to the electromagnetic field had more possibilities of presenting alterations of the sperm count.

Key words: Electromagnetic radiations, sperm count, spermatogenesis, male fecundation.

Referencias Bibliográficas

1. Sanitas, Pulsomed. Radiaciones no ionizantes (RNI). Medio ambiente y cáncer. 24 de octubre del 2000; citado 29 de octubre de 2004. Disponible en: cardasian7@yahoo.fr
2. Informática y Telecomunicaciones. Radiofrecuencias y microondas. 16 de abril 2003; citado 15 de diciembre de 2004. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
3. D-003 Los niños no deben usar teléfonos móviles. Archive-Name: d-010803. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas Infomed. Red Telemática de Salud Pública. Al Día: Noticias de Salud, Fecha 3 de agosto del 2002, Año 8 No. 163.
4. Informática y Telecomunicaciones. Aplicaciones médico terapéuticas de las ondas de radio. Febrero de 2003; citado 16 de septiembre de 2004. Disponible en: <http://www.Asenmac.com/marco/htm>
5. Del Busto Hernández C, Díaz Brito A. Estudio comparativo de características del semen en militares que trabajan con supra alta frecuencia. Med Militar. 1987;1(31):59-62.
6. Portales M. Contaminación electromagnética y salud. 25 de febrero 2002; citado 14 de noviembre de 2004. Disponible en: <http://www.mediterraneo.org/cae>
7. González Rodríguez JF, Editor CNIMM-ISMM “Dr. Luis Díaz Soto”. Higiene del trabajo militar en estaciones de radiolocalización. Conferencia; 1978. Ciudad de La Habana, Cuba, 1978.
8. Prasad SK, Vyas S. Health problems among workers of iron welding machines: effects of electromagnetic fields. J Environ Biol. 2001;22(2):129-32.
9. Chia SE, Tay SK. Occupational risk for females infertility: a case-control study of 218 infertile

- and 227 fertile men . J Occup Environ Med. 2001;43(11):946-51.
10. Makler A, Tatcher M, Villensky A, Brandes JM. Factors affecting sperm motility. III. Influence of visible light and other electromagnetic radiations on human sperm velocity and survival. Fertil Steril. 1980; 33(4):439-44.
 11. Weyandt TB, Schrader SM, Turner TW, Simon SD. Semen analysis of military personnel associated with military duty assignments. Reprod Toxicol. 1996;10(6):521-8.
 12. Hjollund NH. Exposure to EMI fields produced by military radar was implicated in low sperm density in workers. Reprod Toxicol. 1997;11(6):897-9.
 13. Stephen JR. The effects of military service on spermatogenesis. ADF Helath. 2001;2:71-4.

Recibido: 18 de junio de 2005. Aprobado: 22 de agosto de 2005.

Tte. Cor. *María E. Falcón Aguiar*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de la Habana, Cuba.

¹ **Master en Salud Ambiental. Profesora Asistente.**

² **Doctor en Ciencias de la Salud. Investigador Titular.**

³ **Especialista en I Grado en Medicina Interna. Profesor Asistente.**

⁴ **Especialista de I Grado en Psiquiatría**

⁵ **Especialista de I Grado en Neurofisiología Clínica.**

⁶ **Especialista I Grado en Oftalmología. Especialista I Grado Administración de Salud. Profesora Asistente.**