

Trabajos originales

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

Evaluación neurovegetativa cardiovascular ("neuromega") en personal expuesto a las radiaciones electromagnéticas (radiaciones no ionizantes)

Lic. Jacqueline Guerrero Abreu,¹ My. José L. Pérez Alejo,² My. Héctor Hernández Rodríguez,³ My. Ana G. Piñón Montano⁴ y Lic. Lourdes Morera Carrillo⁵

RESUMEN

El sistema "neuromega" permite entre otras posibilidades, de manera automatizada con registros electrocardiográficos grabados digitalmente, el análisis de los intervalos R-R del complejo QRST del electrocardiograma. Las principales herramientas que emplea son los histogramas secuenciales y no secuenciales de los cardiointervalos y el análisis de diferentes índices descriptivos de la distribución de esos intervalos. El propósito del presente trabajo fue evaluar la actividad neurovegetativa cardiovascular mediante el sistema "neuromega" en personal expuesto a las radiaciones electromagnéticas y compararla con la de un grupo control. Alteraciones como el recorrido o amplitud máxima de la dispersión que depende principalmente de la actividad de los nervios vagos, amplitud de la moda, que refleja el efecto de la influencia estabilizadora de la regulación central sobre el ritmo cardiaco, se correlacionan con la homeostasis vegetativa y el automatismo cardiaco, ambos evaluadores del equilibrio neurovegetativo basal, que en este estudio presentó predominio parasimpático.

Palabras clave: Radiaciones electromagnéticas, sistema "neuromega", actividad simpática y parasimpática cardiovascular.

Se ha comunicado que, como consecuencia de la exposición prolongada de personas a campos de radiofrecuencias, se produce daño funcional al sistema cardiovascular. Este se manifiesta en forma de hipotonía, bradicardia, conducción auriculoventricular retardada y aplanamiento de las ondas en el electrocardiograma (ECG). Se ha señalado también disminución de la presión sanguínea; otros han relacionado el efecto de las radiaciones con alteraciones del sistema nervioso. Algunos pacientes han presentado síntomas asténicos menores, mientras que otros investigadores han señalado una disfunción vascular neurovegetativa.¹ El corazón recibe inervación vegetativa simpática y parasimpática, las cuales ejercen un efecto tonificador sobre la actividad cardiaca. El valor clínico del análisis del ritmo cardiaco ha sido demostrado desde hace muchos años. El ritmo cardiaco es portador de información variada e integral, que ha ganado en importancia con el desarrollo de métodos computadorizados. Los efectos adversos sobre el sistema cardiovascular son controversiales. Un ejemplo lo constituye la investigación realizada por la compañía de electricidad en Québec, Canadá, en un estudio de cohorte con más de 20 000 trabajadores expuestos a frecuencias de 60 Hz donde encontró mayores tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares entre los no expuestos que en los expuestos.²

MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, longitudinal, analítico de casos y controles en 107 personas seleccionadas aleatoriamente en una población, divididos en 2 grupos de 61 y 46 sujetos respectivamente, según su vinculación con el campo electromagnético (CEM) con la denominación siguiente:

Expuestos: 61 sujetos que realizan labores relacionadas con los CEM.

No expuestos: 46 sujetos que realizan otras labores no relacionadas con los CEM.

A todos los sujetos 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".

La exploración neurofisiológica (parte II) comprendió evaluación neurovegetativa cardiovascular mediante el sistema "neuromega".

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, bajo 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 el día antes.
- Venir desayunado el día de la prueba.

Para la evaluación la muestra tuvo que ser reducida de 63 a 61 en los sujetos expuestos y de 62 a 46 en los sujetos 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; en horas de la mañana en un local adecuado con temperatura de 25 °C, a cada paciente se le explicó en qué consistía la prueba, se talló, pesó y reposó durante 5 min previo a su examen. Se tomó la tensión arterial basal en el brazo dominante y se midió la frecuencia cardiaca (FC). En posición supina durante 10 min se realizó la ortostasis con tomas de tensión arterial inmediatamente al ponerse de pie y cada 30 s en los 2 primeros minutos.

En la posición de pie se mantuvo 10 min, al final de los cuales se tomó la tensión arterial. Se mandó a sentar al paciente, se registró en esa posición durante 5 min y se realizó el ciclo de respiraciones profundas, la cual consistió en ciclos de inspiración y espiración de 5 s de duración cada uno, durante 1 min. A los 10 min se realizó la maniobra de valsalva con registro de la tensión arterial, antes de comenzar y al final de la maniobra. Cada minuto en los dos primeros y al finalizar la misma prueba. La medición de la tensión arterial y su clasificación se realizó según las normas establecidas por el Centro Nacional de Promoción y Educación para la Salud del MINSAP y el Programa para la Prevención y Control de la HTA. Se escogieron por su

significación fisiológica 7 índices y estadígrafos correlacionados con el equilibrio neurovegetativo basal (media, moda, desviación estándar, amplitud de la moda, recorrido, índice tensional e índice del equilibrio neurovegetativo) (Estévez Báez M, Iglesias Alfonso JC, Reyes Mur L, Delgado de Armas O, Valdés Reguera GM, Quevedo Fonseca CR. Enfoque sistémico del estrés. Estructura y particularidades del método. Informe Científico Técnico No. 24. Hospital Carlos J. Finlay. La Habana, Cuba, 1996:45-55) y 4 índices relacionados con la integridad de la vía neurovegetativa cardiaca (factor 30-15, recorrido total del ciclo de respiraciones profundas, recorrido de 1 ciclo de respiración y la relación de valsalva). 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

La presión arterial sistólica, diastólica así como la FC no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sujetos expuestos y lo no expuestos a la influencia del CEM. Las figuras 1 y 2 muestran la variabilidad del ritmo cardiaco en un sujeto no expuesto y otro expuesto a través del histograma secuencial y no secuencial realizado por el sistema "neuromega". El recorrido total de respiraciones profundas, la amplitud de la moda y el recorrido de los cardiointervalos mostraron diferencias significativas entre los grupos (tabla 1).

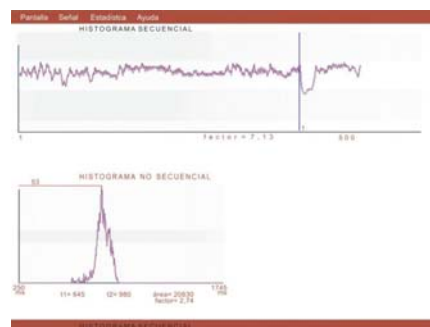


Fig. 1. Variabilidad del ritmo cardiaco en un paciente no expuesto.

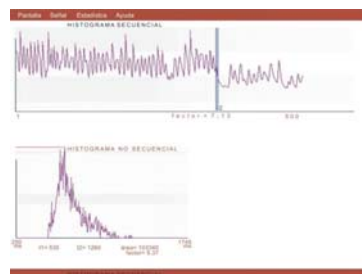


Fig. 2. Variabilidad del ritmo cardiaco en un paciente expuesto.

En 24 pacientes de los 107 estudiados (sujetos expuestos y no expuestos) se detectaron cifras de tensión arterial sistólica igual o mayor a 139 mmHg y 30 presentaron TA diastólica con cifras iguales o mayores de 89 mmHg. No hubo diferencias significativas

entre ambos grupos, pero los valores basales estaban elevados y reflejaron una hipertensión arterial (tabla 2).

Tabla 1. Comparación de diferentes índices del ritmo cardiaco entre ambos grupos. Integridad de las vías vegetativas cardiacas

	No expuestos	Expuestos
Factor 30-15	1,22 ± 0,18	1,27 ± 0,93
Relación valsalva	1,73 ± 0,45	1,35 ± 0,50
Recorrido total de respiraciones. profundas	26,93 ± 10,0	27,83 ± 7,48*
Rango 10	17,35 ± 8,78	19,76 ± 7,18
Media	934,63 ± 120,95	900,57 ± 132,33
Moda	925,97 ± 128,96	896,72 ± 149,32
Desviación estándar	46,93 ± 20,30	53,99 ± 23,84
Amplitud de la moda (AMO)	8,60 ± 2,45	8,32 ± 3,40*
Recorrido de los cardiointervalos	223,58 ± 87,27	262,62 ± 114,68*

*p < 0,05.

Tabla 2. Prevalencia de hipertensión arterial durante el estado basal previo al "neuromega"

	No expuestos		Expuestos	
	No.	%	No.	%
Tensión arterial sistólica basal	12	26	12	20
Tensión arterial diastólica basal	13	28	17	28
Ambas basal	1	2	4	6

DISCUSIÓN

Hinman y otros³ al estudiar 65 adultos en un ensayo controlado, a doble ciegas y aleatorizado, expuestos a campos de radiofrecuencias estáticos, encontraron una disminución ligera del ritmo cardiaco y la presión arterial, y estos cambios no se asociaron con la exposición (p= 0,170). *Lu* y otros⁴ al tratar ratas machos Wistar con pulsos electromagnéticos (UWB) de los que están incorporados a las nuevas tecnologías de radar de 0,5 kHz (93 kv/m), evaluaron la función cardiovascular y encontraron una disminución significativa de la tensión arterial en forma constante y permanente. *Braune* y otros⁵ partiendo de la hipótesis de que la exposición al CEM produce un aumento de la actividad vasoconstrictora simpática, investigaron a 40 hombre y mujeres expuestos a un CEM de 900 Hz, emitido por un teléfono móvil.

Además de la presión arterial se tuvo en cuenta otros parámetros como los niveles de noradrenalina, adrenalina y cortisol sanguíneo, se encontró un aumento significativo de la presión arterial diastólica y presión arterial en aproximadamente 5 mmHg y sin cambios en los otros parámetros. El incremento en la presión arterial no se relacionó con la exposición al CEM. La exploración del sistema cardiovascular realizada, consistió en la toma de la tensión arterial y el pulso en 2 momentos del estudio; un

primer momento durante la exploración clínica en el cual se evidenció no diferencias significativas en la tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica y pulso entre los expuestos y los no expuestos (tabla 1). El otro momento fue antes de iniciar la exploración de la función autonómica cardiovascular ("neuromega"), en el cual se toma la presión arterial basal.

Para este estudio la muestra tuvo que ser reducida a 61 expuestos y 46 no expuestos, ya que 18 individuos no cumplieron los criterios de inclusión para el estudio. Cuando se evaluó la tensión arterial basal en los 107 sujetos, se encontró que 24 de ellos tenían cifras de tensión arterial sistólica igual o mayor a 139 mmHg y 30 presentaban tensión arterial diastólica con cifras iguales o mayores a 89 mmHg (tabla 1); no existieron diferencias significativas entre ambos grupos, pero los valores basales estaban elevados, y reflejaron una hipertensión arterial tanto en uno como en el otro grupo. Es posible que estas modificaciones de la tensión arterial se deban a una situación de estrés del momento por la expectativa de la prueba a realizar.

En el grupo de sujetos expuestos, las alteraciones fueron en el recorrido o amplitud máxima de la dispersión que depende principalmente de la actividad de los nervios vagos y la amplitud de la moda, que refleja el efecto de la influencia estabilizadora de la regulación central sobre el ritmo cardiaco.⁶ Ambos parámetros matemáticos están correlacionados con la homeostasis vegetativa y el automatismo cardiaco; los cuales son evaluadores del equilibrio neurovegetativo basal, que en este caso presenta predominio parasimpático según los criterios evaluativos, límites y calificaciones de estadígrafos indicadores, calculados mediante el sistema "neuromega". Por otra parte, el análisis de la respuesta de la frecuencia cardiaca durante las respiraciones profundas, que es una de las pruebas más sensibles en el estudio de la función autonómica, es una respuesta mediada por el vago, y este estudio está alterado, que indica una lesión vagal (parasimpático).

Gaffey y otros⁷ al estudiar las alteraciones electrocardiográficas inducidas por CEM estacionario, encontraron un aumento en la amplitud del segmento T en el 40,8 % de los individuos expuestos y no cambios en el segmento P ni en el complejo QRS.

Algunas reflexiones teóricas se han conjeturado para tratar de explicar algunos de dichos hallazgos y posibles mecanismos biológicos que hagan entendible de cierto modo la acción del CEM sobre el sistema cardiovascular:

- Activación de endorfinas mediante la modulación de la expresión del gen que codifica a los péptidos opiáceos en el miocito.⁸
- El efecto del CEM se asocia con a la inhibición directa de la enzima ATPasa (Ca⁺⁺) calcio dependiente.⁹
- El aumento de la amplitud del segmento T puede ser el resultado de un potencial eléctrico superpuesto, generado por el flujo de sangre aórtico proveniente de la influencia del CEM.⁸
- El CEM produce un incremento de la actividad de la colinesterasa que correlaciona con hallazgos encontrados en el ECG.¹⁰

Como se aprecia en todo lo expuesto aún existen muchas dudas de cómo y de qué manera los campos de radiofrecuencias afectan al sistema cardiovascular.

Se concluye que los oficiales expuestos a radiaciones electromagnéticas del tipo descrita en este estudio presentaron alteraciones definidas de la actividad refleja neurovegetativa cardiaca a predominio parasimpático. Las esferas más sensibles fueron la homeostasis vegetativa y el automatismo cardiaco en el equilibrio neurovegetativo basal y el índice del recorrido total de las respiraciones profundas en la integridad de las vías neurovegetativas cardiacas. Se encontró que 24 oficiales tenían cifras de tensión arterial sistólica igual o mayor a 139 mmHg y 30 presentaban tensión arterial diastólica con cifras iguales o mayores a 89 mmHg. No existieron diferencias significativas entre ambos grupos, pero los valores basales estaban elevados y reflejaron una hipertensión arterial tanto en uno como en el otro grupo, modificaciones debidas en lo fundamental a una situación de estrés del momento por la expectativa de la prueba en cuestión.

SUMMARY

Cardiovascular neurovegetative evaluation ("neuromega") in personnel exposed to electromagnetic radiations (non-ionizing radiations)

The "neuromega" system allows, among other things, the analysis of R-R intervals of QRST complex in electrocardiogram by using computerized electrocardiographic records in an automated way. The main tools of this system are sequential and non-sequential histograms of cardiac intervals and the analysis of various descriptive indexes of these interval distributions. The objective of the present paper is to evaluate the cardiovascular neurovegetative activity through the "neuromega" system in personnel exposed to electromagnetic radiations and compare it with that of a control group. Alterations as maximum path or amplitude of dispersion that mainly depends on vagus nerves activity, and the mode amplitude, which reflects the effect of the stabilizing influence of central regulation on heart rate, are correlated with vegetative homeostasis and cardiac automatism, being both evaluators of basal neurovegetative balance which was predominantly parasympathetic in this study.

Key words: Electromagnetic radiations, "neuromega" system, cardiovascular sympathetic, parasympathetic activity.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Radiofrequency and microwaves. Environmental health, criteria No. 16. Genova: OMS/OPS; 1984.
2. Baris D, Armstrong BG. A case cohort study of suicide in relation to exposure to electric and magnetic fields among electrical utility workers. *Occup Environ Med.* 1996;53:17-24.
3. Hinman MR. Comparative effect of positive and negative static magnetic fields on heart rate and blood pressure in healthy adults. *Clin Rehabil.* 2002;16(6):669-74.
4. Lu ST, Mathur SP, Akyel Y, Lee JC. Ultrawide-band electromagnetic pulses induced hypotension in rats. *Physiol Behav.* 1999;56(4-5):753-61.
5. Braune S, Riedel A, Schulte-Monting J, Raczek J. Influence of radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals. *Radiat Res.* 2002;158(3):352-6.

6. Baevsky RM, Barsukova ZH, Berseneva TD. Evaluación del estado funcional del organismo sobre la base del análisis matemático del ritmo cardiaco. Recomendaciones metodológicas. Vladivostok: Ed. DVO AC URSS; 1998.
7. Gaffey CT, Tenforde TS. Alterations in the rat electrocardiogram induced by stationary magnetic fields. Bioelectromagnetics. 1981;2(4):357-70.
8. Ventura C, Maioli M, Pintus G, Gottardig G, Bersani F. ELF Pulsed magnetic fields modulate opioid peptide gene expression in myocardial cells. Cardiovasc Res. 2000;45(4):1054-64.
9. Loginov VA, Gorbatenkova NV, Klimovitskii VI. Effects of an impulse electromagnetic field on calcium ion accumulation in the sarcoplasmic reticulum of the rat myocardium. Kosm Biol Aviakosm Med. 1991;5(5):51-3.
10. Abramov LN, Merkulova LM. Histochemical study of cholinesterase activity in the structures of the rat Herat normally and during exposure to pulsed electromagnetic field. Arkh Anat Gistol Embriol. 1980;79(11):66-71.

Recibido: 12 de abril de 2006. Aprobado: 15 de mayo de 2006.

Lic. *Jacqueline Guerrero Abreu*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de La Habana, Cuba.

¹Licenciada en Biología. Investigadora . Auxiliar.

²Doctor en Ciencias de la Salud. Investigador Titular.

³Especialista de I Grado en Neurofisiología Clínica.

⁴Especialista de I Grado en Psiquiatría.

⁵Licenciada en Bioquímica. Investigadora Auxiliar.