

ANALISIS MULTIFRACTAL HRV LAPTOP

MULTIFRACTAL ANALYSIS HRV LAPTOP

Henri Figueres¹

Artículo Recibido: 02/06/2014

Aceptado para Publicación: 03/07/2014

Resumen: Una población de 14 personas, clínicamente sanas, experimenta la influencia de cambios energéticos, emitidos por un ordenador portátil, sobre la regulación neurovegetativa del corazón. Tres tiempos fueron explorados: ordenador apagado, ordenador encendido con su propia batería y al final conectado a la red eléctrica. Las mediciones físicas de los campos eléctricos y magnéticos revelan líneas isopotenciales desde el teclado (contacto con los dedos del sujeto), hacia su abdomen situado a unos 45cm del laptop. Sin embargo no se pudo apreciar repercusiones fisiológicas medidas a través del estudio espectral multifractal de la variación del intervalo de tiempo separando los latidos del corazón.

Palabras claves: campos eléctricos, magnéticos, ordenador portátil,, espectro multifractal de los latidos del corazón .

Abstract: Is it possible to figure out relationship, between electrical and magnetic field from a laptop and neurovegetative heart regulation? In a Faraday cage, 14 healthy people were exposed to three EF and MF conditions of 20 minutes duration: laptop closed, laptop energized by battery and at last, energized by electrical power net. People are in touch with the keyboard at any time. Although it was possible to measure isopotential line for EF and MF from key board to abdomen, using multifractal analysis spectrum we were enable to see significant changes on heart rate variability times series.

Keywords: electrical and magnetic field, Laptop influence, multifractal spectrum analysis of Heart rate variability time series.

Introducción

Nuestro mundo ambiental cambió mucho la calidad del caudal informativo de lo cual quitamos datos para nuestra adaptación, teniendo en cuenta que nuestro medio físico químico interno debe quedarse de lo más estable, para ofrecer una continuidad de los mecanismos organizados de la vida. Así nos enseñan los resultados de la fisiología humana. En su afán de reducir los costos operacionales de su medio interior, casi siempre en desfase físico, químico, bacteriológico del entorno, el cuerpo procede a

¹ Arquitecto, investigador de la Universidad Americana

micro ajustes permanentes internos. Le permite consolidar así, la homeostasis, compendio de condiciones óptimas para el rendimiento de este edificio multicelular.

La escala de estas variaciones, durante millones de años, no cambió tanto. Sin embargo, hoy en día, con la aparición brusca de nuevas condiciones ambientales artificialmente generadas, este escenario de evolución humano a tono con la Naturaleza cambió drásticamente. Un ejemplo es la dependencia que constatamos de los individuos con respecto a la tecnología de comunicación, de trabajo, como es la computadora portátil.

Estos artefactos tecnológicos, para su funcionamiento, lastimosamente para el cuerpo humano, promueven flujos energéticos (como la electricidad, el magnetismo), medibles en forma de campos aun a distancia del aparato. Es decir que no solamente interferimos sobre rango de frecuencia humana capaz de alterar nuestro desarrollo fisiológico (fenómeno de resonancia) sino también por los altos niveles de intensidad usada que les hacen radiantes. Esta observación nos conduce naturalmente a excluir el sujeto en observación de su medio artificial (jaula de Faraday). Una vez sustraído a estas influencias, que podemos quitar como hallazgo de estas interferencias artificiales con respecto al trabajo de reajuste continuo operado por el sistema neurovegetativo?

Material y métodos

Material

Para atenuar las influencias electromagnéticas del ambiente y crear un ambiente estable, isotrópico, se requiere una jaula de Faraday. El modelo elegido, viene de la empresa GigaHertz, modelo HF single bed canopy New Daylite con una atenuación de 25 dB” 1Ghz [1].

La Detección y medición de las señales físicas, magnéticas y eléctricas de baja frecuencia (5 Hz hasta 1MegaHz se realiza con un aparato 3D LF analyzer modelo NFA 1000 de la empresa Gigahertz [2].

La Detección y medición de las señales físicas, electromagnéticas de alta frecuencia (800 Hz hasta 2.5 giga Hz se realiza con un aparato RF analyzer modelo HF 59B de la empresa Gigahertz [3].

La Detección de señales fisiológicas, captura del intervalo de tiempo entre cada latido de corazón, se hace con el aparato Emotion [4]

El laptop u ordenador portátil proviene de la empresa Acer, modelo Travel mate 4070, con batería de origen. [5].

Métodos

La población está constituida de 14 personas, clínicamente sanas, de horizontes socio económicos diferentes (N=14, edad promedio 36 ± 20 años, sin predominancia de sexo)

Antes de empezar el estudio, los sujetos están informado del protocolo y aceptan los térmicos libremente para poder proceder.

El protocolo esta armado en tres tiempos. Cada uno de ellos, se realiza en un mismo ambiente (jaula de Faraday) que nos permite asegurarnos de un ambiente electromagnético isótropo, estable y atenuado con respecto a las emisiones recibidas de forma permanente. El sujeto se queda sentado, sobre una silla de madera, frente a una mesa (45 cm por delante de su abdomen), sobre la cual se encuentra una laptop. El plano horizontal sobre lo cual descansa el portátil pasa por el plexo solar del sujeto. Estas condiciones básicas se quedan estables durante la totalidad del protocolo. Lo único que va a cambiar va a ser la relación del paciente con el laptop. En el primer tiempo, el laptop está apagado, desconectado de su cargador, con dos dedos del sujeto reposando sobre el teclado. Esta postura sentada, frente a la laptop se mantiene veinte minutos durante las cuales se realiza, en paralelo, mediciones de campos eléctricos y magnéticos cerca de los dedos y del abdomen del sujeto, así como captura del Electrocardiograma. Estas mediciones de baja frecuencia, se completan con mediciones electromagnéticas al interior del canopy, que se encuentran estable y homogéneo (isótropo). Durante el segundo tiempo, se enciende la computadora portátil, por medio de su recurso propio (batería). Las recolecciones de los datos físicos del ambiente como los fisiológicos del sujeto se vuelven a hacer. El tercer tiempo corresponde a los mismos pasos de captura de datos, con la diferencia que la computadora portátil se conecta durante 20 minutos, a la red eléctrica. El análisis de los datos fisiológicos está a cargo

de dos programas basados sobre el análisis multifractal del intervalo de tiempo separando los latidos del corazón .

Resultados

Los resultados son de dos órdenes: uno físico y uno fisiológico. El físico consta del análisis de la influencia de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos generados por el ordenador portátil y confinado por la jaula de Faraday. El otro constituye la base de datos fisiológicos basado en la variación del intervalo de tiempo separando dos latidos de corazón consecutivos.

Análisis de la base de datos físicos.

El uso de una jaula de Faraday permite, el control de dos fenómenos en relación con los campos eléctricos y electromagnéticos del medio. El primer resultado es crear en un espacio físico homogéneo, delimitado por el tejido conductor, ya que las mediciones fuera de este ambiente muestran que el espacio abierto es anisótropo. El segundo fenómeno creado es la reducción de la densidad de campos electromagnéticos de altas frecuencias, de más de 1500 micro vatios por metro cuadrado ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) a solo 4 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$).

Los campos magnéticos requieren otro nivel de protección (mu metal por ejemplo) para ser excluido de este ambiente. El promedio de las condiciones se estableció en 148.9 nano tesla (nT). (Ver recapitulativo en tabla I).

Por lo tanto, en esta jaula, la laptop apagada, encontramos una ausencia de campo eléctrico, en presencia un campo electromagnético homogéneo, isótropo de una intensidad promedio de $4 \mu\text{W}/\text{m}^2$. (Ver recapitulativo en tabla I).

Al encender el ordenador portátil, cambian por supuesto estos valores, así como cuando se conecta la batería a la red eléctrica. (Ver recapitulativo en tabla I).

Tabla I: Recapitulativo del promedio de los valores de los tres diferentes campos, recogido a altura de las manos (en contacto con el portátil) y 3 cm del abdomen, a nivel de altura del laptop.

Conditionnes experimentales	Campos magnéticos teclado con manos (nT)	Campos magneticos abdomen (nT)	Campo eléctrico teclado con manos (V/m)	Campo eléctrico abdomen (V/m)
Portatil apagado	148.9 +/- 41.7	137.2 +/- 48.9	0.0	0.0
Portatil encendido con bateria	813.1 +/- 252.7	119.0 +/- 62.2	101.6 +/- 35.7	0.2 +/- 0.4
Portatil encendido con bateria conectada a la red eléctrica	1040.8 +/- 255.8	119 +/- 55	112.4 +/- 44	0.4 +/- 06

Que ocurre si uno compara el conjunto de las condiciones magnéticas y eléctricas entre sí, de acuerdo a cada una de las tres condiciones experimentales (Laptop apagada, Laptop encendida con batería y encendida conectada a la red)? Sería que cada uno de estos tres parámetros varia de forma significativamente diferente durante las tres etapas de este protocolo?

Los resultados de un análisis por anova de las variaciones de los campos eléctricos, y magnéticos se encuentran en la tabla II.

Tabla II. Resultados del análisis entre las distintas etapas del protocolo con respecto a las variaciones de los campos magnéticos e eléctricos a nivel de los dedos y del abdomen de cada sujeto.(Abreviaciones CM= Campo magnético; CE= Campo eléctrico; P_Apagado_Bat= Probabilidad comparando condiciones del laptop apagado versus encendido con batería; P_Apagado_Sec= Probabilidad comparando condiciones del laptop apagado versus encendido conectado a la red eléctrica; P_Bat_Sec= Probabilidad comparando condiciones del laptop encendido con batería versus encendido conectado a la red eléctrica)

Condiciones experimentales	CM dedo	CE dedo	CM Abdomen	CE abdomen
P_Apagado_Bat;	3.9735E-10	5.5068E-11	0.867	0.239
P_Apagado_Sec;	8.6482E-13	2.3684E-13	0.451	0.036
P_Bat_Sec;	0.025	0.221	0.419	0.500

Por lo tanto, solamente existen algunas condiciones experimentales para las cuales las variaciones de estos parámetros físicos han variado de manera significativa ($p < 0.05$) y también solamente para algunos de ellos. Podemos distinguir las siguientes situaciones e indicadores como efectivos: campo magnético en todos los casos, capturados al nivel de los dedos; campo eléctrico la laptop siendo encendida con batería o conectada a la red con respecto a las condiciones iniciales; campo eléctrico cuando se compara las situaciones del laptop encendida conectado a la red versus apagada.

Análisis de la base de datos fisiológicos

Que ocurre con los datos cardiacos con respecto al análisis multifractal? Que podemos hacer resaltar como información de su grafica?

Existen varios métodos estadísticos para describir la forma del espectro multifractal, siendo esta gráfica, la representación matemática del grado de complejidad de la señal de regulación neurovegetativa de los latidos del corazón, en el dominio del tiempo. La grafica del espectro multifractal, mediante su forma y su longitud, refleja la variación temporal del exponente de Hurst o mejor dicho, la variación en el dominio del tiempo de las escalas de los muestreos de las serias de datos.

Hemos seleccionado tres indicadores. Lo largo de la base (denominado W) del espectro multifractal, cuya forma es la de una campana; la posición del máximo de probabilidad con respecto a los exponentes locales de Hurst (A_{mode}) y por fin la asimetría de repartición del espectro con respecto al valor A_{mode} , (Sk). Que nos dan como información estos tres indicadores?

W: es un indicador del contenido multifractal de la señal. Más extenso y más compleja es la señal biológica en el dominio del tiempo, mostrando una gran adaptación a los cambios externos del cuerpo, más grande es el valor de W [8, 12, 13]. En nuestro caso, un W grande significa que el ritmo cardiaco esta con una dinámica que se refleja a

cualquiera de las escalas del muestreo, mostrando una firma coherencia de la regulación neurogena hacia el corazón, para todos los intervalos del tiempo (corto, medio largo plazo) Amode, representa un indicador del aspecto caótico de la señal biológica en el dominio del tiempo. Su desplazamiento hacia la derecha indica que la señal pierde su complejidad y por lo tanto que el control neurovegetativo cardiaco es menos eficiente.

Sk: Si el espectro multifractal de una serie temporal de datos, en forma de campana, se encuentra con una "Cola" izquierda, es que la serie es poco afectada por las fluctuaciones locales de pequeñas amplitudes. Al contrario, si la gráfica multifractal se extiende más a la derecha, entonces significa que la base de datos en el dominio del tiempo presenta una estructura menos perturbada por las fluctuaciones de fuertes amplitudes.

En la tabla II, se lee el promedio, por la población, de las variaciones de estos tres parámetros del espectro multifractal representando la variación del intervalo de tiempo separando dos contracciones cardiacas secuenciales. Los promedios contemplan cada uno de los tres tiempos del protocolo: Laptop apagada, laptop encendido con la batería, laptop encendido desde la red eléctrica.

Tabla II. Resumen del promedio de las variaciones del largo de la curva multifractal (W), de su amplitud (A mode), así como de su asimetría (Sk).

Condiciones experimentales	Indicadores	W	Amode	Sk
Portátil apagado	Promedio	1.06	0.98	-0.80
	Desviación estándar	0.19	0.12	0.23
Portátil en función con batería	Promedio	1.02	0.94	-0.86
	Desviación estándar	0.16	0.13	0.41
Portátil en función con batería conectada a la red eléctrica	Promedio	1.05	0.96	-0.70
	Desviación estándar	0.13	0.09	0.32

Un análisis estadística por medio de la función Wilcoxon, que corresponde a un test estadístico equivalente al Mann-Whitney U-test, da los resultados siguientes mostrando que los cambios fisiológicos observados, mediante el estudio fractal de la serie temporal de variaciones del intervalo de tiempo entre dos latidos consecutivos no son significativamente diferentes (ver tabla III).

Tabla III. Variaciones de los cambios de probabilidad por medio de la función Wilcoxon, con respecto a los indicadores de análisis del espectro multifractale de los datos cardiacos.

Condiciones experimentales	W	Amode	Sk
Portátil Apagado/ Batería	0.535	0.448	0.646
Portátil Apagado/Red	1.000	0.800	0.505
Portátil Batería/red	0.280	0.505	0.223

Por lo tanto podemos concluir que si bien existe, al nivel de los dedos, campos magnéticos con ciertas magnitudes variando de acuerdo a las situaciones experimentales, sus interacciones con el control neurovegetativo de los latidos del corazón, no interfieren significativamente.

Interpretación

Las condiciones experimentales se proponen seleccionar dos fuerzas, invisibles de baja frecuencia, con posibilidad de interferir con la regulación de los latidos del corazón: Las fuerzas magnéticas y eléctricas. Son presentes inicialmente en el ambiente de estudios y después se encuentran inducidas por la presencia activa de un artefacto: el ordenador portátil o laptop encendido.

Un estudio por Anova nos mostró que existen dos intensidades diferentes oriundas de estos dos campos: las capturadas por los dedos en contacto con el teclado y las presentes, al nivel del laptop alejado de 45 cm de él, a proximidad del abdomen de los sujetos. El tejido biológico es a la vez buen conductor de las cargas eléctricas así como sensibles a los campos magnéticos. Eso tiene por efecto terminal de crear líneas isopotenciales dentro de las cuales se encuentra sometidas distintas partes del organismo (dedos versus abdomen). Sin embargo estas diferencias de intensidad de los dos campos no parecen haber afectado el mando neurológico de la regulación cardiaca, resultados reflejados por el valor de p (tabla III). La intensidad de los campos magnéticos como eléctricos obtenidos al nivel del plexo solar no parece ser suficiente para desencadenar una respuesta neurovegetativa, ya que este complejo nervioso está a cargo de las regulaciones toraco abdominal.

Una exploración más extensiva deberían de realizarse con el laptop más en contacto con el cuerpo humano o sobre las piernas o directamente, el sujeto acostado, reposando sobre su abdomen.

Otra hipótesis sería, al tratarse de un fenómeno de regulación cardiovascular de parte del SNV frente a un cambio energético del ambiente, de medir las variaciones de los cambios cuando ellas ocurran. Es decir medir la adaptación cardiaca durante solamente la fase de cambio, durante la fase de transición entre dos niveles de energía magnética o/y eléctrica y no una vez que los niveles se encuentran estables (durante los 20 minutos).

Conclusión

En un análisis estadística se propone estudiar las posibles manifestaciones de dos fuerzas (magnéticas y eléctricas) como potencial agente de perturbación de la regulación neurovegetativa del corazón. Una población de 14 personas, clínicamente sanas, de edad promedio 36 ± 20 años, sin predominancia de sexo se prestan voluntariamente a este protocolo. Las condiciones del experimento son las de una jaula de Faraday, dentro de la cual, el campo electromagnético de alta frecuencia se encuentra estable e isótropo. Dos campos, de baja frecuencias (campo magnético e eléctrico) son nuestros parámetros y la variable estudiada es la serie temporal de la variación del intervalo de tiempo separando dos latidos de corazón consecutivos. Esta fluctuación depende de la intervención del sistema de regulación neurológico de los latidos cardiacos, que dispone a tal efecto, de dos ramas neurovegetativas: el Para y el Orto simpático (SNV). El material de mediciones puesto en función se compone de medidores de datos físicos (campos eléctricos, magnéticos), de datos fisiológicos (ECG) así que de una jaula de Faraday. El generador de cambios ambientales se encuentra bajo el aspecto de un ordenador portátil. Las mediciones de las variaciones físicas del ambiente se hacen a dos niveles (manos en contacto con el ordenador portátil y abdomen situado a 45 cm del mismo). Tres tiempos de observación, de una duración de 20 minutos cada uno, permiten recolectar los datos físicos como fisiológicos: Laptop apagado, laptop encendido merced a su batería, laptop encendido con conexión a la red eléctrica.

Nos proponemos mediante el estudio del espectro multifractal de estas 3 series temporales de ver si el efecto memoria de la regulación cardiaca a cargo del SNV, se encuentra sensible a estas dos fuerzas, estos dos niveles energéticos del ambiente.

El estudio estadístico de la población no mostro ninguna diferencia significativa entre los tres tiempos del protocolo con respecto a los cambios fisiológicos a pesar de medir condiciones diferentes de potencial tanto magnético como eléctrico a lo cual esta sometido el cuerpo, entre los dedos y el abdomen.

Se concluye a una ausencia de interferencia de parte de los cambios físicos del entorno sobre el manejo neurovegetativo del corazón, en estas etapas de la estabilización de los niveles energéticos externos. Una posible explicación avanzada se debería a la estabilidad y poca intensidad de los campos capturados al nivel del plexo solar, situado en el mismo plano horizontal que su generador, el ordenador portátil.

Referencia

Gigahertz., Daylite canopy. Available from URL: <http://www.gigahertz-solutions.com>

Gigahertz., NFA 1000. Available from URL: <http://www.gigahertz-solutions.com>

Gigahertz, HF 59B. Available from URL: <http://www.gigahertz-solutions.com>

Emotion. Available from URL:
<http://www.biomotion.com/kin/emotion.htm>

Acer, Travel mate. Available from
URL:<http://tim.id.au/laptops/acer/travelmate%204070%204080.pdf>

López, I.F.D. Aspectos legales y éticos del Consentimiento Informado en la atención médica en México. Rev. Mex Patol Clin (2001); 48(1):03-06.

Levy MN. A fractal analysis toolbox for signal and image processing. Available from: URL: <http://apis.saclay.inria.fr/FracLab/>

M. Meyer & O. Stiedl. Self-affine fractal variability of human heartbeat interval

Matlab. Available from: URL:
<http://www.mathworks.com/products/matlab/>.

Peng C-K, Havlin S, Stanley HE, Goldberger AL. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. Chaos, Solitons & Fractals 1995; 5:82–7.

Espen A. F. Ihlen. Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis in Matlab. Available from URL: <http://www.mathworks.com/>

Goldberger et Al. Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. PNAS 2002; 99(1) :2467-71.

Barrière O, Lévy Véhel J. Intervalles interbattements cardiaques et Processus

Auto-Régulé Multifractionnaire. Journal de la Société Française de
Statistique ; 150(1) : 54-72.