



Enfermería Neurológica

www.elsevier.es/rcsedene



ORIGINAL

Procesos atencionales en tareas de simulación militar: diferencias relacionadas con el género



M. Victoria Sebastián Guerrero^{a,*}, M. Victoria Arana Aritméndiz^b,
Carolina Arcos Sánchez^b, M. Antonia Navascués Sanagustín^c,
M. Ángeles Idiazábal Alecha^d, Carlos Ruiz López^a y José M. Iso Pérez^e

^a Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza, Academia General Militar, Zaragoza, España

^b Servicio de Neurología, Hospital General de la Defensa de Zaragoza, Zaragoza, España

^c Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

^d Instituto Neurocognitivo Incia, Hospital El Pilar, Barcelona, España

^e Inspección General del Ejército, Capitanía General, Barcelona, España

Recibido el 9 de febrero de 2018; aceptado el 28 de abril de 2018

Disponible en Internet el 24 de mayo de 2018

PALABRAS CLAVE

Actividad cerebral;
Atención;
Cuantificación;
Electroencefalograma;
Personal militar;
Simulación

Resumen

Introducción: La capacidad para procesar la información depende del estado de activación cerebral, que puede registrarse por medio del electroencefalograma (EEG). En este artículo se utiliza un método de cuantificación bioeléctrica para el estudio de la atención, basado en un exponente de tipo frecuencial.

Objetivos: Analizar la atención de una muestra elegida entre 36 voluntarios de las Fuerzas Armadas en estado de reposo y durante el desempeño de tareas de simulación militar. Establecer si existen diferencias entre el grupo de hombres y el de mujeres en distintos tipos de EEG (reposo con ojos cerrados y 2 tareas atencionales específicas).

Métodos: Se ha calculado la potencia espectral y obtenido un exponente que modeliza esta magnitud por medio de una función del tipo ruido coloreado. Se utilizó el tercer minuto de las señales de cada sujeto en 3 tipos de EEG y 12 canales. Se han analizado los datos con la prueba estadística.

Resultados: Se observan diferencias significativas entre géneros en el registro basal (reposo con ojos cerrados) en regiones parietal, occipital, temporal y central (1,62 es el valor del promedio cortical masculino frente a 1,39 del femenino) y durante la tarea (j2) en regiones frontal, occipital y parietal (1,34 es el promedio cortical masculino frente a 1,16 en el femenino).

Conclusiones: El grupo de mujeres muestra mayor complejidad bioeléctrica cerebral que el de hombres en un mismo tipo de EEG. El exponente frecuencial se comporta de forma inversa a la dificultad de la tarea, en ambos sexos.

© 2018 Sociedad Española de Enfermería Neurológica. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: msebasti@unizar.es (M.V. Sebastián Guerrero).

KEYWORDS

Brain activity;
Attention;
Quantification;
Electroencephalography;
Military personnel;
Simulation

Attention processes in military simulation tasks: Gender-associated differences**Abstract**

Introduction: The ability to process information depends on the state of cerebral activation, which can be recorded using the electroencephalogram (EEG). In this article, a bioelectrical quantification method is used for the study of attention, based on a frequency exponent.

Objectives: To analyse the attention of a selected sample of 36 volunteers from the Armed Forces in a state of rest and during the performance of military simulation tasks. To establish the potential existence of differences between the male and female groups in different EEG types (rest with closed eyes and 2 specific attention tasks).

Methods: The spectral power was calculated and an exponent obtained that models this magnitude by means of a function of coloured noise type. The third minute of the signals of each subject was used in 3 types of EEG and 12 channels. The data were analysed using a statistical test.

Results: Significant differences were observed between males and females in the basal EEG (rest with closed eyes) in the parietal, occipital, temporal, and central regions (1.62 was the value of the male cortical average versus 1.39 for the female), and during the task (j2) in frontal, occipital and parietal regions (1.34 for the male cortical average versus 1.16 in the female).

Conclusions: The female group shows greater cerebral bioelectrical complexity than that of men in the same type of EEG. The frequency exponent behaves inversely to the difficulty of the task, in both genders.

© 2018 Sociedad Española de Enfermería Neurológica. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La atención, recientemente catalogada como función cerebral superior y base de muchos otros procesos cognitivos, es una de las funciones más estudiadas en estos momentos. El concepto de atención ha variado a lo largo del tiempo, siendo considerada actualmente como un conjunto de redes de áreas neurales que llevan a cabo operaciones específicas de procesamiento de información. De estas redes cabe destacar 2: la red atencional anterior, localizada anatómicamente en áreas frontales del cerebro y relacionada fundamentalmente con la detección/selección de objetivos, y la red atencional posterior, vinculada con la orientación visuo-espacial de la atención y constituida anatómicamente por áreas del tálamo, los colículos superiores y la corteza parietal posterior¹.

Este mecanismo central de control de la información actúa de acuerdo con los objetivos del organismo activando e inhibiendo procesos, y puede orientarse hacia los sentidos, las estructuras de conocimiento en memoria y los sistemas de respuesta. Además puede mostrar características estructurales diferentes dependiendo del área en la que actúe¹.

La atención se entiende, en ocasiones, como la concentración sobre una tarea. El primer requisito para las personas que se enfrentan a tareas, incluso siendo estas monótonas, es posiblemente el mantenimiento de la vigilancia o atención sostenida. La disminución en la vigilancia en determinadas situaciones podría dar lugar a consecuencias peligrosas como accidentes, pérdida de vida, etc. Por tanto, el estudio de la atención y la disminución de la misma durante la realización de distintas tareas, es un tema de interés preferente desde el punto de vista neurológico en la población activa adulta².

La capacidad para procesar la información y el nivel de ejecución en una tarea son dependientes del estado de activación cerebral en que se encuentra un sujeto³. La excitación de las neuronas y sus conexiones sinápticas causada por cierta estimulación puede estudiarse cuantitativamente mediante el registro de las oscilaciones del potencial eléctrico del cerebro utilizando el electroencefalograma (EEG) descubierto por Hans Berger en 1924.

Habitualmente, el análisis de las señales EEG se realiza por inspección visual, método que no permite extraer toda la información que estas contienen, y suelen aplicarse también técnicas numéricas y computacionales clásicas como el análisis de Fourier. Se proponen métodos propios de nuestro equipo, innovadores, no invasivos y de bajo coste computacional para la descripción objetiva del EEG, que permiten el cálculo computarizado de cuantificadores electroencefalográficos para discriminar entre diferentes estadios cerebrales, indicar posibles enfermedades y crear patrones de normalidad que pueden mejorar la comprensión de las bases fisiopatológicas de la atención. Estos métodos se han aplicado al estudio de la atención durante la realización de distintas tareas en niños con trastorno por déficit de atención e hiperactividad⁴⁻⁷.

Analizando el EEG, Bodala et al.² relatan un aumento en el nivel de vigilancia en una tarea monótona debido a la integración de estímulos visuales y ruidosos. Dichos estímulos externos distractores producen una supresión de la potencia delta relativa y un aumento de la actividad theta en la línea frontal media y de la ratio theta frontal/alfa parietal. Otros autores^{8,9} refieren un aumento de la actividad delta a medida que se incrementa la fatiga. La supresión de la potencia delta relativa debida a la integración de un estímulo externo se relaciona con la inhibición de la fatiga y el

aumento de los niveles de vigilancia. El aumento de la proporción de theta frontal respecto al alfa parietal indica un incremento de la excitación cortical y evidencia la mejora en la capacidad de vigilancia.

El estudio de la atención durante la realización de diversas tareas mentales cobra mayor importancia cuando se analiza durante el desempeño de tareas propias del personal militar, de la salud, industrial, etc. y en todos aquellos casos en los que se quiera evitar la disminución de la vigilancia en la realización de una tarea y mejorar el rendimiento en la misma.

Algunos autores estudian los cambios corticales debidos a las variaciones en el esfuerzo mental durante distintas secuencias de vuelo simulado. Astolfi et al.¹⁰ apuntan a un aumento de la densidad de potencia espectral global del EEG durante las fases de despegue y aterrizaje del avión respecto a las etapas de vuelo en el aire. Dussault et al.¹¹ evalúan los cambios corticales debidos a las variaciones en el esfuerzo mental durante distintas secuencias de vuelo simulado, detectando estados de ansiedad y vigilancia.

Otros autores se han centrado en el estudio de la atención en procedimientos de vuelo real. Di Stasi et al.¹² refieren que el espectro de potencia del EEG es sensible a las variaciones de complejidad de los procedimientos empleados durante el vuelo real por pilotos de helicópteros militares.

Borghini et al.¹³ realizaron una revisión bibliográfica sobre las pruebas neurofisiológicas registradas a pilotos y conductores en tareas de manejo de sus vehículos, en las que se relaciona la actividad cerebral con la sobrecarga o fatiga mental en estas tareas. Observaron un aumento de potencia del EEG en la banda theta y una disminución en la banda alfa en aquellas pruebas que requieren una alta carga de trabajo mental, así como un aumento de dicha potencia en la banda theta, delta y alfa en la transición entre el esfuerzo y la fatiga mental.

Se ha explorado la actividad cerebral durante la simulación de manejo de vehículos de combate usando parámetros de cuantificación del EEG (dimensión fractal, parámetros de Hjorth, etc.) calculados por métodos desarrollados por nuestro grupo. Estos parámetros han demostrado ser buenos indicadores de actividad cerebral, variando en las áreas involucradas en el desempeño de la tarea de simulación¹⁴⁻¹⁶.

El objetivo de este trabajo es analizar la atención/concentración de una muestra elegida entre voluntarios del personal de las Fuerzas Armadas en estados de reposo y durante el desempeño de ejercicios tácticos de simulación de conducción de carro de combate en escenario hostil en un videojuego. El estudio cuantifica la actividad cerebral mediante el exponente frecuencial, estableciendo las diferencias entre el grupo de hombres y el de mujeres en los correspondientes tipos de EEG.

Método

El estudio realizado para este trabajo (transversal, observacional) se ajusta a lo que indica la Ley de Investigación Biomédica (Ley 14/2007, de 3 de julio, de investigación biomédica) y se rige por los principios acordados en la Declaración de Helsinki. El protocolo de investigación y el consentimiento informado fueron aprobados por el Comité Ético de Investigación Clínica de la Inspección General de Sanidad de la Defensa.

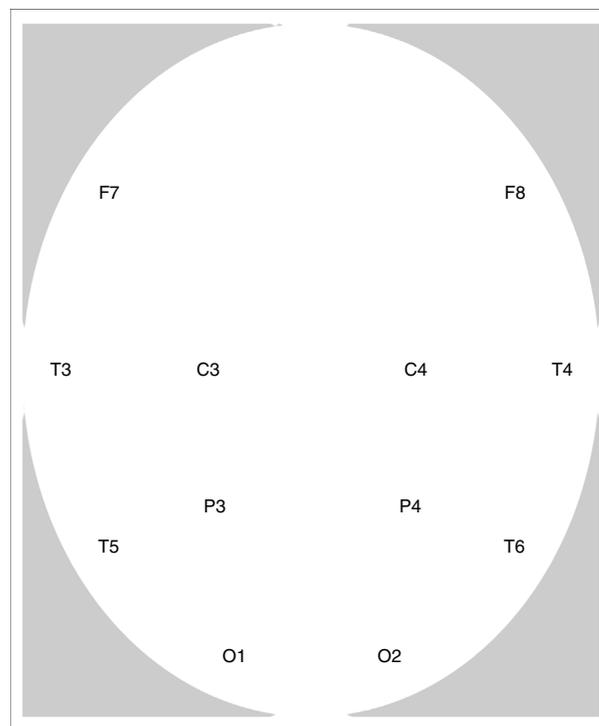


Figura 1 Disposición de los electrodos del Sistema 10-20 de Jasper.

Cada sujeto participante firmó su correspondiente hoja de información al paciente y consentimiento informado antes de la realización de las pruebas EEG. Además, los sujetos respondieron al cuestionario de salud del ejército (Anexo a la Instrucción 22/2008 de 31 de enero) y a varios cuestionarios personales.

La muestra de 40 sujetos se seleccionó entre los Caballos/damas cadetes alumnos de la Academia General Militar de Zaragoza y los mandos de dicha academia y del Hospital General de la Defensa de Zaragoza. Se incluyó en la muestra a sujetos diestros, sin antecedentes neurológicos y que no tomaran medicación crónica, sin historial de daño cerebral, problemas de la vista o dificultad de aprendizaje. Todos ellos participaron de manera voluntaria en el estudio. El periodo de reclutamiento se desarrolló entre abril y junio del 2014.

Las señales EEG analizadas en el trabajo se recogieron en el citado hospital. Para cada sujeto se grabaron, en el orden que se indica, 3 tipos de señales EEG de 3 min de duración:

- Reposo con ojos cerrados (oc).
- Simulación de manejo de un carro de combate con un videojuego (j1).
- Realización de la tarea anterior (j1) mientras el sujeto recibe estímulos distractores externos (j2).

Las pruebas se realizaron en un recinto débilmente iluminado, silencioso, a temperatura constante y en una sala eléctricamente blindada, siempre entre las 10 y las 14 h. La señal EEG de cada sujeto se grabó con un equipo ambulatorio digital que usa el *software* EEG 4 (Compumedics Limited). El montaje fue monopolar (con electrodos de Ag/AgCl) y se utilizaron 16 canales del Sistema 10-20 internacional de Jasper referenciados a Cz, de los que se analizaron 12: C3, C4,

F7, F8, O1, O2, P3, P4, T3, T4, T5 y T6 (fig. 1). Se aplicó un filtro paso banda de bajas y altas frecuencias (0,5 Hz y 70 Hz, respectivamente), registrando la señal con una frecuencia de muestreo de 256 puntos por segundo. Se analizó el tercer minuto de cada una de las señales.

Tras la grabación de los registros, los sujetos realizaron el test de atención selectiva d2 de tiempo limitado, que mide la velocidad de procesamiento, el seguimiento de unas instrucciones y la bondad de la ejecución en una tarea de discriminación de estímulos visuales similares.

Análisis de datos

En este trabajo se propone el uso del parámetro denominado por nuestro grupo exponente frecuencial para cuantificar la actividad cerebral en las distintas tareas de simulación de conducción de un vehículo militar y en el estado basal con ojos cerrados. Dicho exponente se comporta de manera inversa a la actividad electroencefalográfica, es decir, a mayor valor del exponente menor actividad cerebral y viceversa.

El exponente frecuencial (*exp*) es un test con el que se prueba si las señales admiten un modelo de ruido de color, es decir, una ley del tipo

$$S(w) \approx \sim kw^{-exp}$$

donde $S(w)$ es el espectro de potencia de la señal, k una constante y w la frecuencia. En función del valor del citado exponente (*exp*), los ruidos coloreados se pueden clasificar en:

- Ruido blanco (gaussiano) si $exp = 0$.
- Ruido rosa para $exp = 1$.
- Ruido rojo (browniano) si $exp = 2$.

Nuestro equipo ha desarrollado un *software* propio para obtener el valor del cuantificador de la señal EEG de cada sujeto, en cada tarea y canal. En primer lugar se reconstruye la señal mediante el cálculo numérico de los coeficientes de Fourier

$$x(t) = \sum_{n=0}^N (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

y de ahí se obtiene el valor del cuantificador de la misma.

El análisis se completa obteniendo el coeficiente de correlación del test anterior, lo que permite comprobar la validez de la reconstrucción realizada.

Se ha realizado además un test adicional utilizando un parámetro de tipo fractal (dimensión) para corroborar los resultados obtenidos. La dimensión fractal de una señal es un parámetro adimensional que toma, en general, un valor fraccional entre 1 y 2, que indica la densidad con la que la señal ocupa el espacio métrico en el que está situado, es decir, su dimensión como objeto geométrico. Se trata de una medida de la complejidad de un registro que permite establecer comparaciones entre diferentes señales.

Una vez calculados los valores del cuantificador para cada uno de los canales y tipo de EEG se ha realizado un estudio

estadístico completo de los resultados obtenidos, con 2 fases diferenciadas:

- Análisis exploratorio de los datos acompañado de diversos diagramas.
- Estudio de la existencia de posibles diferencias significativas entre los 2 grupos en estudio (hombres y mujeres) en cada uno de los tipos de EEG analizados en los 12 canales, aplicando un contraste de hipótesis. Se ha aplicado la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la hipótesis de normalidad de los datos y la prueba de Levene para comprobar la hipótesis de homocedasticidad (igualdad de varianzas). No se ha rechazado ninguna de las hipótesis en todos los canales con un nivel de confianza del 95%, por lo que se ha aplicado una prueba paramétrica T para muestras independientes, que permite contrastar la hipótesis de que la diferencia de medias entre los 2 grupos es cero en cualquiera de los 12 electrodos y tipo de EEG con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$) y del 99% ($\alpha = 0,01$).

Resultados

Se han analizado las señales EEG de un grupo de 36 sujetos de los 40 iniciales que componían la muestra. Los artefactos existentes en las señales EEG de los 4 sujetos restantes han hecho imposible su análisis. Los sujetos pertenecen a la Academia General de Zaragoza (caballeros, damas cadetes, oficiales y suboficiales) y al Hospital General de la Defensa de Zaragoza (oficiales y suboficiales). La edad media del grupo es 31,44 ($\pm 13,05$). La muestra se compone de 25 hombres con edad media 31,84 ($\pm 14,12$) y 11 mujeres con edad media 30,55 ($\pm 10,78$). Todos los sujetos pasaron de forma favorable el cuestionario de salud del ejército.

Tras el análisis exploratorio de los datos se observa que las medias globales corticales de los valores obtenidos para el exponente frecuencial en el grupo de hombres son mayores que las medias en el grupo de mujeres en cada tipo de EEG, como se puede apreciar en la última fila de la [tabla 1](#).

Observando los valores promedio del cuantificador en cada canal, tipo de EEG y grupo, se aprecia que en el estado de reposo con ojos cerrados y en la tarea de simulación (j2) dichos valores son superiores en el grupo de hombres que en el de mujeres. En la tarea j1, en general, se sigue con la misma tendencia, salvo en la zona temporal (electrodos T3, T4 y T5), donde se dan mayores valores del exponente en el grupo de mujeres, como se ve en la [figura 2](#). Tras el contraste de hipótesis posterior, se comprobó que estas diferencias son solo significativas en determinados tipos de EEG y electrodos, como se describe posteriormente.

El rango de variación del exponente calculado es (0,9983; 1,7907), lo que indica que la señal EEG se encuentra entre un ruido rosa y uno rojo (browniano). En el grupo de hombres el mínimo es 1,1585 en la tarea j2 canal T4 y el valor máximo es 1,7907 en el electrodo O1 del estado basal con oc. En el grupo de mujeres, el mínimo se da en la tarea j2 tomando el valor de 0,9983 en O1 y el máximo es 1,5378 en el canal T6 del estado basal (oc). En ambos grupos coinciden las tareas en las que se dan los mínimos y los máximos del parámetro (j2 y oc, respectivamente).

Tabla 1 Valores promedio del exponente frecuencial en cada grupo, canal y tipo de EEG y valores del estadístico p obtenidos en la realización del contraste de hipótesis

	Basal oc			Tarea j1			Tarea j2		
	Hombres	Mujeres	p	Hombres	Mujeres	p	Hombres	Mujeres	p
C3	1,5060	1,2371	0,034*	1,5175	1,4078	0,282	1,4053	1,2346	0,155
C4	1,5391	1,3311	0,072	1,5003	1,4715	0,793	1,4247	1,2857	0,205
F7	1,5575	1,3949	0,082	1,5713	1,5222	0,606	1,4908	1,2673	0,020*
F8	1,5135	1,3905	0,216	1,5418	1,4927	0,646	1,4408	1,2033	0,013*
O1	1,7907	1,4722	0,001**	1,2898	1,1599	0,392	1,3091	0,9983	0,038*
O2	1,7499	1,5184	0,028*	1,2628	1,2372	0,875	1,2879	1,0369	0,097
P3	1,7681	1,3987	0,000***	1,5077	1,3926	0,258	1,4591	1,2408	0,041*
P4	1,7188	1,5357	0,056	1,4896	1,4086	0,375	1,4276	1,3446	0,445
T3	1,4147	1,2554	0,262	1,2636	1,4096	0,272	1,1780	1,0326	0,361
T4	1,4331	1,2144	0,153	1,2113	1,3154	0,525	1,1585	1,0216	0,458
T5	1,7255	1,4475	0,002**	1,2435	1,2662	0,871	1,2662	1,2016	0,537
T6	1,7443	1,5378	0,024*	1,2440	1,1425	0,428	1,2039	1,0320	0,113
Media	1,6218	1,3945		1,3869	1,3522		1,3377	1,1583	

Los asteriscos denotan diferencias significativas entre los 2 grupos en el mismo tipo de EEG.

* Nivel de significación < 0,05.

** Nivel de significación < 0,01.

*** Nivel de significación < 0,001.

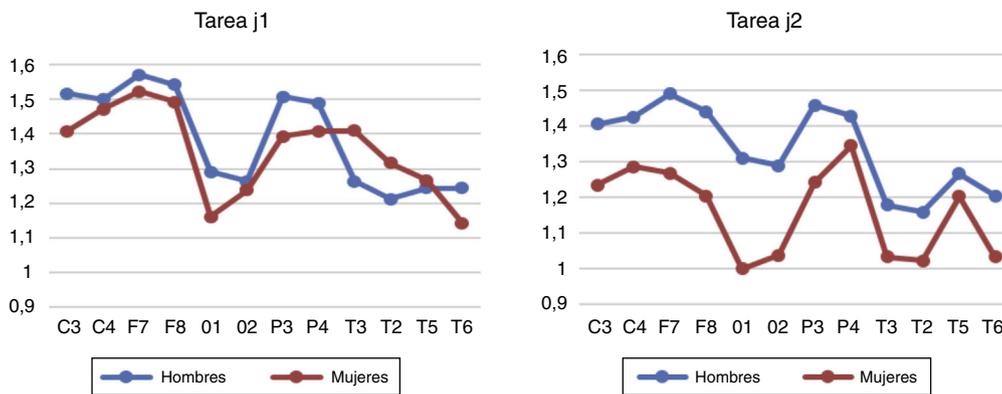


Figura 2 Valores promedio del exponente frecuencial para cada grupo y derivación en las tareas j1 y j2.

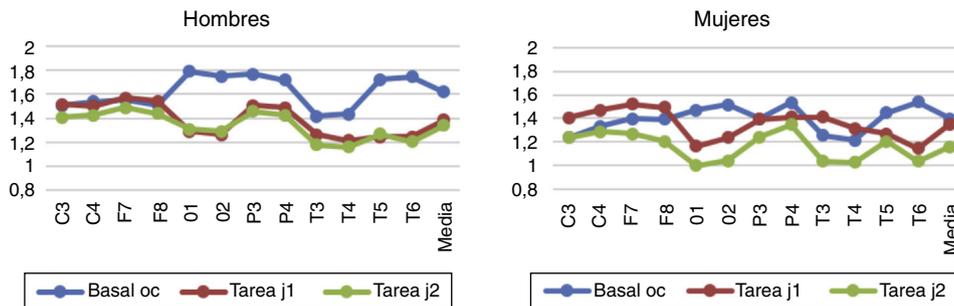


Figura 3 Valores promedio del exponente frecuencial en cada grupo y derivación para los 3 tipos de EEG.

Estudiando los valores del parámetro por separado en ambos grupos (hombres-mujeres) se puede apreciar cómo la media de dicho cuantificador disminuye al aumentar la complejidad de la tarea en los 2 grupos. Así, los mayores valores del cuantificador se dan para el estado basal con ojos cerrados, disminuyendo al comenzar la actividad de

simulación (j1) y bajando aún más en la tarea más compleja que es j2. En la figura 3, se puede apreciar que en el grupo de hombres la tendencia se mantiene salvo en un número pequeño de electrodos, donde se dan valores cercanos para 2 tipos de EEG. En el grupo de mujeres aparece alguna alteración de esta tendencia. En el paso desde el estado basal

con ojos cerrados a la tarea de simulación (j1), la disminución del parámetro (γ , por tanto, el aumento de actividad cerebral) se da en la zona occipital, parietal y temporal, que justo son las áreas involucradas en la tarea de simulación. El grupo de hombres acusa poco la sobrecarga de la tarea j2, pero en el grupo de mujeres la diferencia se vuelve apreciable (fig. 3).

En la segunda fase del estudio estadístico, al aplicar el contraste de hipótesis entre los 2 grupos (hombres y mujeres) con el mismo tipo de EEG, se obtienen las diferencias significativas que se describen en la tabla 1. Puede observarse que las mayores diferencias entre grupos (en número e intensidad) se registran durante el estado de reposo con ojos cerrados (oc), seguidas de las correspondientes a la tarea j2. En el primer caso (oc), las variaciones se dan en las áreas parietal, occipital, temporal y central (electrodos P3, O1, T5, T6, O2 y C3), mientras que en la tarea de simulación (j2) las diferencias se dan en la zona frontal (F7, F8), occipital (O1) y parietal (P3).

Tras aplicar el segundo parámetro, dimensión fractal, se obtuvo una diferencia significativa en el EEG en reposo con ojos cerrados en el canal P3, que coincide con el resultado más exigente del exponente calculado en este trabajo, reflejando una mayor complejidad de la señal en el grupo de mujeres.

Discusión y conclusiones

Como se ha visto en trabajos anteriores, los parámetros de cuantificación utilizados por nuestro equipo son buenos indicadores de la activación de las áreas cerebrales involucradas en las tareas de atención^{4,6,14}.

El exponente de ruido coloreado calculado en este trabajo se comporta de forma inversa a la complejidad de la señal electroencefalográfica. Los valores del exponente son menores cuando la complejidad de la señal es mayor, es decir, cuando aumenta la dificultad de la tarea realizada γ , por tanto, requiere mayor atención.

Los resultados obtenidos muestran mayor valor del exponente frecuencial en el grupo de hombres que en el de mujeres ante una misma tarea, lo que indica mayor activación o mayor complejidad cerebral en el caso de las mujeres.

Estudiando la evolución del parámetro en el grupo de las mujeres, al pasar desde el reposo a la realización de la tarea (j1), se aprecia un aumento de actividad cerebral solo en las áreas involucradas en la tarea (occipital, parietal y temporal). En el grupo de hombres se observa un aumento de actividad cerebral más generalizado (fig. 3). Es decir, las mujeres activarían selectivamente solo las áreas necesarias para la realización de la tarea, mientras que los hombres necesitarían activar casi todas las áreas. Sin embargo, en el grupo femenino la variación bioeléctrica al pasar de la tarea j1 a la tarea j2 es mayor.

Las diferencias significativas obtenidas en el estado basal con ojos cerrados entre hombres y mujeres pueden coincidir con los resultados publicados en 2006 en *Neuroimage*¹⁷, que indican diferencias en el cerebro entre ambos sexos. Estas variaciones se observan ya a nivel basal (reposo ojos cerrados). En todos los canales analizados la complejidad es mayor en el grupo de mujeres en este registro, aunque las diferencias solo alcanzan significación estadística en las

localizaciones indicadas en la tabla 1 (marcadas con asteriscos). Estas divergencias se atenúan en la tarea j1, pero reaparecen en el registro (j2), cuando se realizan 2 tareas atencionales simultáneas.

Se puede concluir que ante una misma tarea el grupo de mujeres presenta valores más altos de activación cerebral que el grupo de hombres. Además las mujeres son más selectivas a la hora de utilizar las distintas áreas cerebrales, ya que solo activan en cada momento aquellas que están involucradas en la tarea que realizan. Los hombres, por el contrario, activan indiscriminadamente casi todo su cerebro al realizar la misma tarea.

Financiación

Proyectos CUD-ID: 2013-16 y 2015-05.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Colmenero JM, Catena A, Fuentes LJ. Atención visual: un estudio de las redes atencionales del cerebro. *An Psicol.* 2001;17:45-67.
- Bodala IP, Li J, Thakor NV, Al-Nashash H. EEG and eye tracking demonstrate vigilance enhancement with challenge integration. *Front Hum Neurosci.* 2016;10:273.
- Oken BS, Salinsky MC, Elsas SM. Vigilance, alertness, or sustained attention: Physiological basis and measurement. *Clin Neurophysiol.* 2006;117:1885-901.
- Navascués MA, Sebastián MV. Fitting curves by fractal interpolation: An application to the quantification of cognitive brain processes. En: Novak MM, editor. *Thinking in patterns: Fractals and related phenomena in nature.* World Scientific Publishers; 2004. p. 143-54.
- Sebastián MV, Navascués MA. A relation between fractal dimension and Fourier transform. *Electroencephalographic study using spectral and fractal parameters.* *Int J Comput Math.* 2008;85(3-4):657-65.
- Navascués MA, Sebastián MV. Time domain indices and discrete power spectrum in electroencephalographic processing. *Int J Comput Math.* 2009;86(10-11):1968-78.
- Navascués MA, Sebastián MV, Valdizán JR. Fractal and smooth complexities in electroencephalographic processing. *J Appl Comput Math.* 2015;4:1-6.
- Chuang CH, Ko LW, Jung TP, Lin CT. Kinesthesia in a sustained-attention driving task. *Neuroimage.* 2014;91:187-202.
- Lal SK, Craig A. A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biol Psychol.* 2001;55:173-94.
- Astolfi L, Toppi J, Borghini G, Vecchiato G, Isabella R, de Vico Fallani F, et al. Study of the functional hyperconnectivity between couples of pilots during flight simulation: An EEG hyperscanning study. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2011:2338-41.
- Dussault C, Jouanin JC, Philippe M, Guezennec CY. EEG and ECG changes during simulator operation reflect mental workload and vigilance. *Aviat Space Environ Med.* 2005;76:344-51.
- Di Stasi LL, Diaz-Piedra C, Suárez J, Mccamy MB, Martínez-Conde S, Roca-Dorda J, et al. Task complexity modulates pilot electroencephalographic activity during real flights. *Psychophysiology.* 2015;52:951-6.

13. Borghini G, Astolfi L, Vecchiato G, Mattia D, Babiloni F. [Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. *Neurosci Biobehav Rev.* 2014;44:58–75.](#)
14. Sebastián MV, Navascués MA, Ruiz C, Iso JM, Arcos C, Arana V, et al. Medidas espectrales de la actividad electroencefalográfica durante tareas de simulación militar. En: R. Asorey Cacheda, R. Devesa Rey, M.M. Solla Carracelas, J.M. Pousada Carballo. *Actas: III Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad, DESEi+d 2015.* Ed. Centro Universitario de la Defensa de Marín, Marín; 2015. p. 613-620.
15. Sebastián MV, Navascués MA, Ruiz C, Iso JM, Arcos C, Arana V, et al. Estudio electroencefalográfico de la atención durante la realización de tareas de simulación militar. En: A. Dena Arto, M.T. Sánchez Rúa, J. Martínez Torres (editores). *Actas: II Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad, DESEi+d 2014.* Ed. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza, Zaragoza; 2014. p. 487-494.
16. Navascués MA, Sebastián MV, Ruiz C, Iso JM. [A numerical power spectrum for electroencephalographic processing. *Math Meth Appl Sci.* 2016;39:4680–7.](#)
17. Kilpatrick LA, Zald DH, Pardo JV, Cahill LF. [Sex-related differences in amygdala functional connectivity during resting conditions. *Neuroimage.* 2006;30:452–61.](#)