

Modulación postestímulo generoespecífica en la banda alfa durante la atención visuoespacial

E. Vaquero-Casares, M.J. Cardoso-Moreno, M. Vázquez-Marrufo,
J.J. González-Rosa, C.M. Gómez-González

GENDER-SPECIFIC POST-STIMULUS MODULATION IN THE ALPHA BAND DURING VISUAL-SPATIAL ATTENTION

Summary. Introduction. Previous studies of the spontaneous activity of the EEG indicate that women present bigger absolute spectral power in the alpha band than men, but few studies have been done during cognitive activity. Aim. To check possible gender differences in the EEG frequency domain during a visuo-spatial attentional task to understand better the temporary dynamics of alpha. Subjects and methods. A classic oddball paradigm was used whose stimuli (90% standard-10% objectives) were complex. In each block (10 with 100 trials) it was requested to the subjects (20, 10 of each gender) to attend to one of the visual fields (left and right, with random stimuli and identical probability). Power spectral density values were calculated applying the fast Fourier transform in the alpha band (9-11 Hz) in two overlapped windows (sliding windows): of 0-512 ms and of 412-924 ms. Results. The normalized data were analyzed by means of ANOVAs, with the following factors: gender, attention, hemisphere, visual field and electrodes. Conclusions. Different modulations were obtained attending to the gender variable: men showed smaller alpha or bigger suppression of the rhythm in posterior electrodes and women exhibited smaller power in anterior electrodes. [REV NEUROL 2004; 39: 109-114]

Key words. Alpha band. EEG. Gender differences. Power spectral density (PSD). Visual-spatial attention.

INTRODUCCIÓN

Los estímulos visuales producen actividades fásicas en el electroencefalograma (EEG), los denominados potenciales evocados visuales (PEV), cuya amplitud se modula cuando el sujeto realiza una tarea que requiere atención. Por tanto, el análisis del EEG en el dominio del tiempo mediante la técnica de potenciales evocados (PE) permite precisar la dinámica temporal de diversos procesos cognitivos como, por ejemplo, la atención a estímulos visuoespaciales [1], e incluso las posibles diferencias psicofisiológicas según el género durante la ejecución de dicho proceso atencional [2,3]. Asimismo, simultáneamente a la actividad evocada (PEV), la aparición de estímulos visuales también produce modulaciones en las distintas oscilaciones de las que se compone el EEG; sin embargo, los PE o promedio en el dominio del tiempo de la actividad fásica del EEG, que mide cambios de amplitud (voltaje) a lo largo del tiempo, no permiten valorar las posibles modulaciones del contenido espectral del EEG o cambios en la frecuencia de las bandas del EEG ($\mu V^2/Hz$), para lo cual se requieren técnicas específicas en el dominio de la frecuencia como la densidad de potencia espectral (PSD).

Al respecto, se ha informado acerca de modulaciones en diferentes bandas del espectro en relación con procesos sensoriales, motores y cognitivos, tales como un decremento de la potencia espectral de la banda α : durante estimulación visual y auditiva [4], con relación al desarrollo de movimientos volunta-

rios [5], y durante la realización de diferentes procesamientos cognitivos [6]. Algunas investigaciones han constatado un incremento de la potencia espectral de las bandas β y γ y una disminución de α durante algunos procesos cognitivos [7-9]. Nuestro grupo también ha obtenido resultados que demuestran:

1. Una disminución de α ante la llegada de estímulos visuales, se atiendan o no.
2. Que el procesamiento atencional a estímulos visuoespaciales implica un mayor decremento de la banda α .
3. Que se requiere un incremento atencional de β [1,10,11].

Indicando que la supresión o, mejor dicho, el decremento del ritmo α ocurre en aquellas situaciones que requieren un procesamiento activo de la información visual, y éste se marca más cuando la tarea requiere prestar atención.

Previamente, con la utilización también de la modalidad sensorial visual y un contrastado paradigma de atención visuoespacial (*odd-ball*), habíamos constatado consistentes diferencias de género en el dominio del tiempo con el empleo de la técnica de los PE para el procesamiento cognitivo atencional. Concretamente, obtuvimos mayores amplitudes en el componente P1 en hombres que en mujeres, cuyo significado psicofisiológico parece ser la detección de estímulos visuoespaciales. Mayor amplitud del N1 en regiones temporales en mujeres que en hombres, componente que reflejaría la discriminación de los estímulos. Mayor amplitud del componente cognitivo P3b en hombres respecto a mujeres, cuyo significado se ha relacionado con la categorización de eventos, entre otros. Asimismo, se observó una asimetría funcional frontal derecha generoespecífica en varones (intragrupa) para el componente P3b que no se obtuvo en el grupo de mujeres [2,3].

Estos resultados son coherentes con una noción tan consolidada como es la mejor ejecución de tareas visuoespaciales por parte de hombres respecto a mujeres, pero las técnicas EEG, con su gran precisión temporal, nos aportan aspectos específicos del propio proceso y modulaciones diferenciales según el género. Por tanto, dados los resultados obtenidos en la actividad

Recibido: 22.12.03. Recibido en versión revisada: 27.05.04. Aceptado: 10.06.04.

Área de Psicobiología. Departamento de Psicología Experimental. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

Correspondencia: Dra. Encarna Vaquero. Psicobiología. Dpto. Psicología Experimental. Facultad de Psicología. Avda. San Francisco Javier, s/n. E-41005 Sevilla. Fax: +34 954 551 784. E-mail: evaquero@us.es

Agradecimientos. A Eduardo Cueto, por su asistencia técnica.

El presente trabajo ha sido subvencionado por el PAI de la Junta de Andalucía y por la DGICYT (BSO2001-2383).

© 2004, REVISTA DE NEUROLOGÍA

evocada, nos planteamos comprobar en este trabajo si también se observan diferencias de género en la actividad oscilatoria del EEG en la misma situación atencional y grupo de sujetos. En principio cabría esperar que así fuera, pues ya se ha informado previamente que las mujeres presentan más α que los hombres durante actividad espontánea [12-16] y también se han obtenido otras diferencias de género en las distintas bandas del EEG durante actividad cognitiva [17,18]. Así, aplicamos la transformada rápida de Fourier para obtener la PSD de la banda α (9-11 Hz) durante la realización de una tarea que requiere atender a estímulos visuoespaciales; es decir, analizada en fase con la estimulación y, además, en dos intervalos temporales desde la llegada del estímulo. Los citados intervalos analizados son: de 0-512 y de 412-924 ms; es decir, dos ventanas solapadas o *sliding windows* [19]. El solapamiento parcial se debe a la mínima extensión que requerían las ventanas (512 ms) para poder realizar el cálculo de la PSD –necesidad de un número de puntos en potencia de dos– y también a que no podíamos extendernos más allá de los 924 ms para evitar los efectos del estímulo siguiente.

Por otra parte, decidimos establecer las ventanas o intervalos temporales por las siguientes razones:

- Comprobar si se observan cambios en la secuencia temporal de la modulación espectral durante un procesamiento de atención visuoespacial en función del género y cuáles son.
- Descartar que las modulaciones obtenidas en frecuencia (dominio espectral) pudieran influir por los PE por la estimulación visual (dominio temporal).

Esto último era bastante improbable, ya que previamente habíamos evidenciado que en la latencia de los PEV (0-500 ms, equivalente al primer intervalo de potencia espectral utilizado), la amplitud de los potenciales en la condición atendida se incrementó respecto a la condición no atendida –indistintamente del género y en todos los componentes estudiados–, mientras que en frecuencia se obtuvo un decremento de α en la condición atendida respecto a la no atendida [1,11]. En consecuencia, dicho decremento espectral de α no puede atribuirse a la modulación atencional de los PE, dado que son de sentido opuesto –incremento en potenciales y decremento en α –, pese a compartir la primera ventana temporal (0-512 ms). Pero, como en dichos trabajos no habíamos considerado el factor género, decidimos introducir las citadas ventanas temporales para evidenciar que los PE no afectan a la PSD de la banda α en la primera ventana considerada.

Asimismo, el componente P3b (395-435 ms) de los PE por los estímulos reflejaría, según autores, la terminación de la evaluación perceptual, la actualización en la memoria de trabajo y en el proceso consciente, o bien, la reevaluación del modelo de la situación actual [3]. Y los tiempos de reacción de las respuestas conductuales a los estímulos objetivos obtenidos en nuestros estudios [1,3,11] están alrededor de los 525 ms; es decir, el procesamiento evocado se terminaría en la latencia del primer intervalo temporal, pero el sujeto mantendría la atención para procesar el siguiente estímulo. Por tanto, el hecho de estudiar la actividad de α en dos ventanas temporales nos permite obtener una información secuencial a lo largo del tiempo, y nos deja comprobar si la modulación en el dominio de la frecuencia se produce en un período relativamente largo de la señal EEG –comprendiendo los dos intervalos– y observar si existen mecanismos del proceso atencional que no se detienen en las fases tempranas de la respuesta del cerebro a los estímulos

–correspondiendo a los PE–, sino que es posible obtener modulaciones incluso en latencias cercanas al segundo después de la llegada del estímulo.

Puesto que ya conocemos ciertas diferencias de género en PE durante atención visuoespacial [2,3] y también que se requiere un decremento de α para atender [1,10,11], cabe preguntarse qué diferencias de género tienen lugar en α en la primera ventana temporal (correspondiente a los PE), en la cual el cerebro atiende al estímulo visuoespacial, y qué ocurre en la segunda ventana temporal, en la cual el cerebro mantiene la atención y/o se prepara para procesar atencionalmente el estímulo siguiente.

SUJETOS Y MÉTODOS

Utilizamos un paradigma *oddball* (90% estímulos estándares y 10% objetivos) clásico en los estudios de atención visuoespacial [20], cuyos estímulos consisten en círculos rellenos con un patrón en damero, que se presentan en un monitor situado a 70 cm del sujeto. La frecuencia espacial del patrón es de 0,82 Hz/grado de ángulo visual y el estímulo posee un diámetro de 2,46°. Los objetivos diferían de los estándares en el número de cuadrados blancos y negros. En el monitor aparecía un punto de fijación central y se pedía al sujeto que mantuviera su mirada en él. Al inicio de cada bloque de estímulos se informaba al sujeto (total: 20 sujetos, 10 de cada género) para que atendiera a un solo campo visual (CV), que se alternaba en 10 bloques de 100 ensayos (estímulos aleatorios y equiprobables). La tarea consistía en detectar los objetivos en el CV atendido y pulsar un botón del ratón, y no realizar ninguna acción para los estándares. Sólo se analizaron los estímulos estándares para evitar cualquier contaminación motora. El EEG se registró mediante los electrodos C3, C4, F3, F4, P3, P4, T5, T6, O1, O2 (sistema 10-20) referenciados al mastoide derecho y, posteriormente al registro, respecto a ambos mastoides mediante procedimiento algebraico. La amplificación fue de 20.000, los límites del filtro de paso de banda se establecieron en 0,01-100 Hz, y se digitalizó con una tasa de 250 Hz (período de muestreo: 4 ms). También se registraron los EEG verticales y horizontales mediante montajes bipolares para poder eliminar los artefactos oculares mediante un protocolo automatizado de rechazo de artefactos del sistema Neuroscan. La duración de los estímulos fue de 300 ms y el intervalo interestímulos se aleatorizó entre 1.024 y 1.300 ms, tiempo muy elevado en estudios atencionales con PEV, pero que asegura una buena resolución en el análisis espectral. La PSD de los 924 ms siguientes a la presentación del estímulo se obtuvo para todas las épocas mediante la transformada rápida de Fourier. Estos 924 ms se dividieron en dos intervalos temporales. Se exportaron los valores medios de la potencia espectral de la banda α (9-11 Hz). El espectro obtenido se promedió separadamente para cada sujeto y condición experimental. Se procedió a la normalización de los datos mediante su transformación logarítmica para el posterior análisis estadístico. Los factores examinados mediante análisis de varianza de medidas repetidas y sus respectivos niveles fueron: atención (A): condición atendida y no atendida, género (G): hombre y mujer, hemisferio (H): izquierdo y derecho, CV de procedencia del estímulo: izquierdo y derecho, y electrodos (E): anteriores (frontales, centrales) y posteriores (temporales, parietales y occipitales). Para las comparaciones *post-hoc* se utilizó la corrección de Bonferroni.

RESULTADOS

En la tabla I se presenta el resultado del análisis de varianza para la banda α en el intervalo 1 (de 0-512 ms), donde se obtuvo un efecto principal de género –las mujeres presentaron mayor potencia espectral en α que los hombres– (Fig. 1).

La interacción significativa de los efectos (E $\times$ G) y los pertinentes contrastes indicaron que las mujeres presentaron mayor potencia espectral (PSD) en α en los electrodos posteriores que los hombres –los electrodos anteriores no presentaron diferencias significativas intergéneros–. Por otra parte, los hombres presentaron una diferencia intragénero: más potencia en α en electrodos anteriores que en posteriores.

Para profundizar en posibles diferencias hemisféricas con relación al género de los sujetos, realizamos contrastes separados para cada hemisferio.

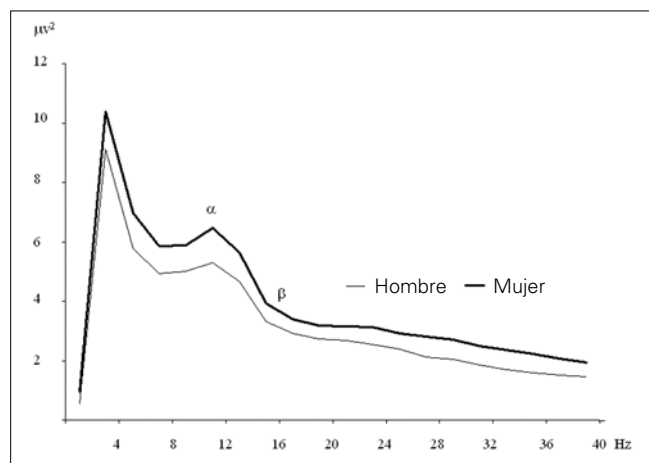


Figura 1. Densidad de potencia espectral (PSD) de α (9-11 Hz) en función del género. Las mujeres presentaron mayor PSD en α que los hombres.

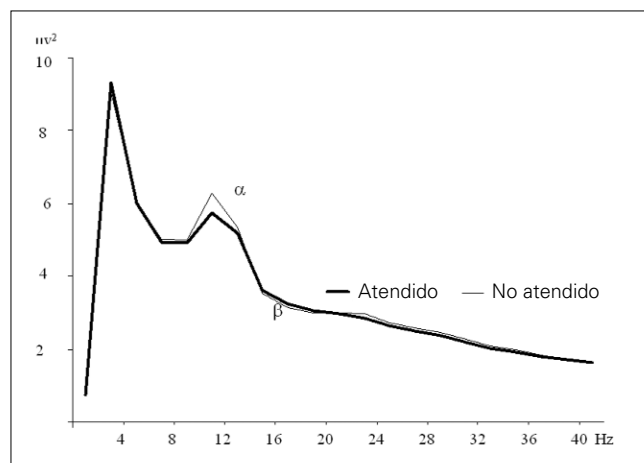


Figura 2. Densidad de potencia espectral (PSD) de α (9-11 Hz) en función de la atención. Se nota el decremento de α y el incremento de β en la condición atendida respecto a la no atendida.

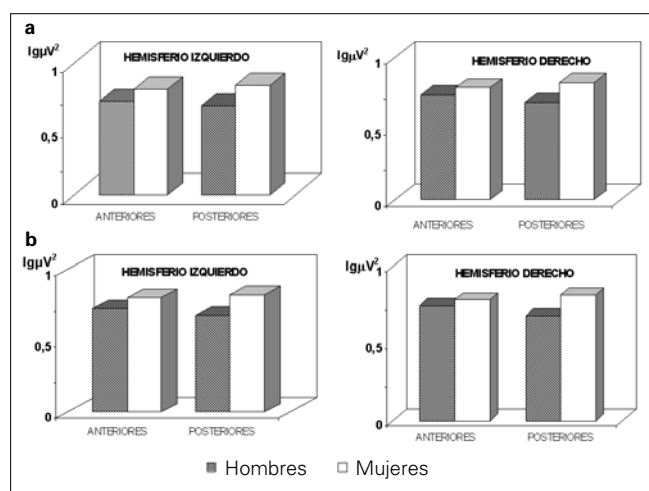


Figura 3. Histograma de la densidad de potencia espectral (PSD) para la banda α en dos ventanas temporales: a) α , intervalo I (0-512 ms); b) α , intervalo II (412-924 ms). Se notan las menores diferencias en los electrodos anteriores del hemisferio derecho que en el izquierdo, así como las modulaciones de sentido opuesto (anteriores > posteriores, en hombres, y anteriores < posteriores, en mujeres).

Dicho análisis indica que el efecto principal de género tiene lugar en ambos hemisferios, aunque es más significativo en el hemisferio izquierdo (HI). En éste, todos los electrodos presentaron más α en mujeres que en hombres, mientras que en el hemisferio derecho (HD), los electrodos anteriores no presentaron diferencias significativas entre hombres y mujeres, ya que los hombres presentan más α en anteriores que en posteriores. Es decir, en hombres hay una marcada diferencia intragénero entre electrodos anteriores y posteriores del HD ($p = 0,01$) para el procesamiento atencional, que no se observa en el HI (contrastes de la interacción $E \times G$ del HD) (Tabla I y Fig. 3).

También se obtuvieron resultados implicando al factor atención en ambos hemisferios. Concretamente, en el HI se obtuvo un efecto principal de atención; la condición no atendida presentó mayor potencia espectral en la banda α que la condición atendida. Este decremento o supresión atencional de α es un resultado clásico (Fig. 2).

En la tabla II se muestra el análisis de varianza de la banda α en el intervalo 2 (de 412-924 ms). La secuencia temporal nos indica que, además del efecto principal de género, ya presente en el primer intervalo, se obtienen dos interacciones significativas: una por los efectos de hemisferio y atención ($H \times A$), cuyo sentido es un decremento de α más marcado en el HI cuando se atiende a estímulos visuoespaciales respecto a cuando no se atiende, y otra interacción ($H \times CV$) que implica al hemisferio y al CV de

procedencia de los estímulos, cuyos contrastes indicaron que los estímulos ipsilaterales (CV derecho) al HD presentaron mayor potencia espectral en α que los contralaterales (CV izquierdo) al HD. Es decir, se presenta una mayor supresión de α en el HD para estímulos contralaterales.

El análisis por hemisferios separados en esta ventana temporal nos indica que las tendencias opuestas intergéneros se acentúan, puesto que no se da un efecto principal de género en el HD, mientras que en el HI sí se obtiene dicho efecto y es muy significativo ($p = 0,007$): las mujeres siguen presentando más potencia en α que los hombres en el HI (Fig. 3). Concretamente, en electrodos anteriores ipsilaterales al CV de estimulación y en electrodos posteriores ipsilaterales y contralaterales, como indican los contrastes para la interacción significativa ($E \times CV \times G$).

En el HD se obtuvo un efecto principal de CV: la estimulación derecha presenta más α que la izquierda. La interacción ($E \times CV$) insiste en ello. Respecto a la interacción ($E \times G$), los contrastes son absolutamente concordantes con lo obtenido en el primer intervalo, ya que sólo los electrodos posteriores de mujeres presentaron más α que los de hombres, mientras que los anteriores no presentaron diferencias significativas. A su vez, se observa todavía la diferencia intragénero entre electrodos anteriores-posteriores de hombres, aunque menos significativa (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Coincidimos con numerosos trabajos previos en que las mujeres presentan mayor potencia espectral absoluta en la banda α que los hombres. En la mayoría de los trabajos que han constatado las citadas diferencias de género en sujetos normales, el EEG se ha registrado durante actividad espontánea; es decir, sin estimulación ni tarea a realizar. Concretamente, se ha obtenido en jóvenes de 16-21 años [12], en adultos jóvenes [13] y en diferentes grupos de edad [14]. Algunas de estas investigaciones también han correlacionado las diferencias EEG de género con factores psicosociales [15] y con capacidades/discapacidades cognitivas [16,17]; pero abundan menos los trabajos sobre diferencias de género que registren la actividad EEG ligada a la llegada del estímulo; es decir, durante actividad cognitiva [18,21] y, hasta donde alcanza nuestra información, este es el primero donde se consideran las citadas diferencias de género en un proceso de atención visuoespacial y sus modulaciones dinámicas en dos ventanas temporales secuenciales. La primera, vinculada al procesamiento atencional de un estímulo visuoespacial y la segunda, implicada en mantener la atención y prepararse para el siguiente estímulo.

Respecto a la banda α (9-11 Hz) en el primer intervalo temporal desde la llegada del estímulo, nuestros resultados indican que

las mujeres presentaron más α que los hombres. En ambos hemisferios fue así, pero en el HD los electrodos anteriores no presentaron diferencias significativas entre hombres y mujeres (Fig. 4).

Asimismo, se observa una diferencia significativa intragénero en el grupo de hombres: éstos presentaron más α en electrodos anteriores que en posteriores, especialmente en el HD. Estas diferencias entre anteriores y posteriores no fueron significativas en mujeres, a pesar de presentar la modulación opuesta (más α en posteriores). Estos resultados son acordes con otros sobre coherencia EEG [22] obtenidos por Marosi et al [23], donde las niñas (7-13 años) presentaron mayor coherencia intrahemisférica derecha que los niños. Estos autores interpretan que la menor coherencia obtenida en varones se debe a una mayor diferenciación del HD en éstos.

Por otra parte, también se obtuvo un resultado consistentemente evidenciado para el proceso de atención [7]: un decremento o supresión atencional de α , como efecto principal en el HI y como interacción en el derecho.

Los resultados obtenidos se hacen más evidentes en la siguiente secuencia o segundo intervalo temporal donde, además, el posible efecto de los PE se atenuaría más. Así, se constatan las modulaciones por efecto de la atención en ambos hemisferios: un decremento de α en la condición atencional respecto a la no atencional. Y también se obtuvo el citado efecto principal de género –más α en mujeres que hombres–, que, en este intervalo, sólo se presentó como efecto principal en el HI, pero no en el derecho. Es decir, las mujeres tienen más potencia en α que los hombres durante actividad espontánea, pero en ambos sexos ha de darse un decremento o supresión de α para realizar una tarea que requiere atender, como se constata ampliamente en la bibliografía [1,4,6,7]. A pesar del decremento, nuestros resultados indican que las mujeres presentan todavía más potencia en α en el HI (anteriores y posteriores) que los hombres –efecto muy consistente de género, $p = 0,007$ –, mientras que en el HD no aparece como efecto principal, sino como una interacción ($E \times G$); en ella los electrodos posteriores de mujeres presentan más α que los mismos de hombres, mientras que en anteriores del HD no se obtienen diferencias significativas, quizás debido a que, a su vez, los hombres (intragénero) presentan significativamente más α en anteriores que en posteriores.

En consecuencia, podemos deducir que:

- En valores absolutos, las mujeres presentan menos α en el HD que en el izquierdo y menos α en electrodos anteriores que en posteriores, pero dichas diferencias no son significativas.
- Los hombres presentan menos α en regiones posteriores que en anteriores para atender a estímulos visuoespaciales (diferencias intrahemisféricas significativas), especialmente marcadas en el HD.
- Durante el procesamiento atencional visuoespacial, las mu-

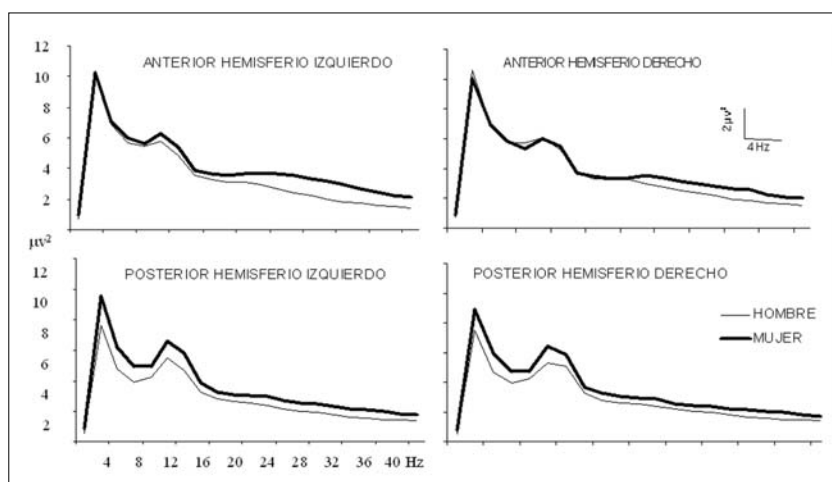


Figura 4. Densidad de potencia espectral (PSD) de α (9-11 Hz) a los 412-924 ms de la llegada del estímulo según género, hemisferios cerebrales y electrodos anteriores-posteriores. El efecto de género desaparece en regiones frontocentrales del hemisferio derecho.

Tabla I. Alfa. Intervalo 1: 0-512 ms (df 1,9).

Género ($F = 8,83$, $p = 0,018$)	Mujeres > hombres
Electrodo $\times$ género ($F = 6,40$, $p = 0,035$)	Posteriores mujeres > posteriores hombres ($p = 0,003$) Anteriores hombres > posteriores hombres ($p = 0,031$)
Hemisferio $\times$ campo visual ($F = 6,1$, $p = 0,039$)	Hemisferio derecho ipsilateral > hemisferio derecho contralateral ($p = 0,01$)
Hemisferio izquierdo	Hemisferio derecho
Género ($F = 10,12$, $p = 0,012$) Mujer > hombre	Género ($F = 6,36$, $p = 0,036$) Mujer > hombre
Atención ($F = 5,94$, $p = 0,041$) No atendido > atendido	Electrodo $\times$ género ($F = 7,62$, $p = 0,025$) Posteriores mujer > posteriores hombre ($p = 0,004$) Anteriores hombre > posteriores hombre ($p = 0,01$)
	$E \times A \times CV$ ($F = 7,36$, $p = 0,027$) No atendido > atendido

jerres presentan más α que los hombres, excepto en regiones frontocentrales del HD. Por tanto, las diferencias de género obtenidas se marcan más en el HI.

- Se obtienen modulaciones de sentido opuesto entre hombres y mujeres: menos α o mayor supresión en electrodos posteriores en hombres y menos α en electrodos anteriores en mujeres para la banda α .

La interpretación de estos resultados (a y b) nos sugiere una mayor diferenciación del HD (intrahemisférica) en varones que no se da en el grupo de mujeres y es consistente con los clásicos estudios conductuales que adjudican mejores capacidades perceptivas visuoespaciales a los varones, con resultados EEG obtenidos durante actividad cognitiva [18] y con estudios de coherencia hemisférica en niños y en adultos normales [21,23]. Asimismo, el hecho de estudiar la actividad de α en dos ventanas temporales secuenciales nos ha permitido obtener una información más precisa acerca de la modulación diferente en función del género en cada hemisferio (c y d) y comprobar que la modulación en el dominio de la frecuencia se produce en un período relativamente largo de la señal EEG –comprendiendo

Tabla II. Alfa. Intervalo 2: 412-924 ms (df 1,9).

Género (F = 8,82, p = 0,018)	Mujeres > hombres
Hemisferio × atención (F = 8,07, p = 0,022)	Menos α en la condición atendida en ambos hemisferios
Hemisferio × campo visual (F = 7,88, p = 0,023)	Hemisferio derecho ipsilateral > hemisferio derecho contralateral (p = 0,027)
Hemisferio izquierdo	Hemisferio derecho
Género (F = 13,29, p = 0,007) Mujer > hombre	Campo visual (F = 5,84, p = 0,042) Derecho > izquierdo
Electrodo × campo visual × género (F = 6,11, p = 0,039) Anterior ipsilateral mujer > anterior ipsilateral hombre Posterior ipsi y contralateral mujer > ídem hombre	Electrodo × campo visual (F = 21,07, p = 0,002) Posterior ipsilateral > posterior contralateral (p = 0,002) Anterior ipsilateral > posterior contralateral (p = 0,025)
	Electrodo × género (F = 5,75, p = 0,043) Posteriores mujer > posteriores hombre (p = 0,005) Anteriores hombre > posteriores hombre (p = 0,051)

los dos intervalos estudiados—, dado que es posible obtener modulaciones incluso en latencias cercanas al segundo después de la llegada del estímulo. Lógicamente, éstas se presentan en hombres y mujeres, puesto que todos han de atender; si bien, las diferencias por género presentan matices según la ventana estudiada. En particular, la segunda ventana muestra que existen diferencias hemisféricas más marcadas en la respuesta de α según la condición género, dado que no se obtuvo un efecto principal de género en el HD debido a la ausencia de diferencias en regiones anteriores, lo que sugiere la implicación atencional de dichas regiones —indistintamente de poseer mejor o peor capacidad visuoespacial—. Este resultado es coherente con la propuesta de Mölle et al [9] de un *locus* frontal-derecho de control atencional.

Las nociones neurocientíficas actuales consideran la atención como un sistema funcional, compuesto por varias redes neuronales, cada una de las cuales desempeñaría funciones específicas. El modelo de Posner y Petersen [24] propone tres redes atencionales, cuya localización encefálica la especificarían Posner y Raichle [25], basándose en datos comportamentales, neuropsicológicos y de neuroimagen. Concretamente, una red de orientación a estímulos o sistema de atención posterior responsable de enfocar, desfocalizar y cambiar la atención visuoespacial —posibles estructuras implicadas: córtex parietal posterior derecho e izquierdo, complejo pulvinar y colículo superior—. Una red de vigilancia responsable de mantener el tono atencional —posibles estructuras implicadas: córtex frontal derecho, sistema límbico, sistema reticular y otras estructuras subcorticales como el *locus coeruleus*—. Finalmente, una red ejecutiva o sistema de atención anterior para la acción —comportamiento dirigido a objetivos— y el control de áreas cerebrales para ejecutar tareas cognitivas complejas, tales como atención de preparación, sostenida, dividida e inhibición

—posibles estructuras implicadas: córtex frontal, giro cingulado anterior y corteza motora suplementaria—.

Se puede deducir, aunque sólo como especulación razonable dados los resultados, que la modulación de sentido opuesto obtenida podría reflejar un procesamiento de atención a estímulos visuoespaciales más diferenciado en hombres respecto a mujeres, que requeriría menos α en regiones posteriores correspondientes a la red posterior de la atención. Este argumento se refuerza con los datos previamente obtenidos en PE: un P3b atencional de mayor amplitud en hombres que en mujeres. Fisiológicamente, significaría que ha de darse un decremento de α o desincronización para reclutar las regiones corticales implicadas en el procesamiento atencional de la estimulación visuoespacial. Y de hecho, los hombres suprimen más α en regiones posteriores, presentan más amplitud en el potencial cognitivo

P3b y muestran mejores tiempos (515 ms) que las mujeres (540 ms) en las pruebas conductuales.

Análogo razonamiento se puede aplicar a las mujeres, las cuales presentan más potencia absoluta en α en el EEG basal que los hombres. Para atender a este tipo de estimulación han de suprimir α y dicho decremento se marca más en regiones anteriores correspondientes al córtex frontocentral, especialmente del HD —donde no presentan diferencias con los hombres—, lo que sugiere un procesamiento atencional correspondiente a la red de vigilancia o de mantenimiento del tono atencional y/o a la red ejecutiva más diferenciado en mujeres, aunque similar a los hombres para esta modalidad sensorial.

Lógicamente, se requieren más estudios para precisar estos aspectos, pero sí podemos afirmar que los datos de los hombres no se aprecian en los estudios realizados con hombres y mujeres sin considerar el factor género, ya que se promedian con los de las mujeres que presentan mayor potencia en esta banda espectral y una modulación de sentido opuesto. Asimismo, cabría la posibilidad de considerar que el efecto de género obtenido se debiera a una diferente estructura craneal intergéneros, de manera que implicara una menor resistencia eléctrica en mujeres que en hombres a los flujos de corriente que se registran externamente mediante electrodos y cuyo origen es predominantemente cortical. Sin embargo, dicha hipótesis no explicaría en absoluto las modulaciones de sentido opuesto ni la ausencia de diferencias en regiones frontocentrales del HD obtenidas.

En este trabajo no se han estudiado las fases del ciclo ovárico en el grupo de mujeres, debido a que el número de sujetos experimentales no nos permitía establecer subgrupos. Sin embargo, los posibles efectos excitadores en la actividad EEG de la fase estrogénica y los inhibidores de la fase lútea [26,27] se equilibran en la muestra estudiada.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez CM, Vázquez M, Vaquero E, López-Mendoza D, Cardoso MJ. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention. *Int J Neurosci* 1998; 95: 17-32.
- Vaquero E, Cardoso MJ, Vázquez M, Gómez CM. Influencia del género en la amplitud de los PE durante una tarea de atención visuo-espacial. In Menéndez C, Ponte D, Jiménez L, Sanpedro MJ, eds. La atención. Vol. II. Un enfoque pluridisciplinar. Valencia: Promolibro; 2001. p. 113-24.
- Vaquero E, Cardoso MJ, Vázquez M, Gómez CM. Gender differences in ERPs amplitude during a visual-spatial Attention process to standard stimuli. *Int J Neurosci* 2004; 114: 435-51.
- Pfurtscheller G, Neuper C, Mohl W. Event-related desynchronization

- (ERD) during visual processing. *Int J Psychophysiol* 1994; 16: 147-53.
5. Pfurtscheller G, Neuper C. Simultaneous EEG 10 Hz desynchronization and 40 Hz synchronization during finger movements. *NeuroReport* 1992; 3: 1057-60.
 6. Klimesch W, Schimke H, Pfurtscheller G. Alpha frequency, cognitive load and memory performance. *Brain Topogr* 1993; 5: 241-51.
 7. Pfurtscheller G, Klimesch W. Topographical display and interpretation of event-related desynchronization during visual-verbal task. *Brain Topogr* 1990; 3: 85-93.
 8. Pantev C, Makeig S, Hoke M, Galambos R, Hampson S, Gallen C. Human auditory evoked gamma-band magnetic fields. *Proc Nat Acad Sci U S A* 1991; 88: 8996-9000.
 9. Mölle M, Marshall L, Pietrowsky R, Lutzenberger W, Fehm L, Born J. Dimensional complexity of the EEG indicates a right fronto-cortical locus of attentional control. *J Psychophysiol* 1995; 9: 45-55.
 10. Vázquez M, Vaquero E, Cardoso MJ, López-Mendoza D, Gómez CM. Modulación de los PEV y análisis espectral del EEG durante atención espacial selectiva en sujetos humanos. In Botella J, Ponsoda V, eds. *La atención. Un enfoque pluridisciplinar*. Vol. I. Valencia: Promolibro; 1998. p. 69-80.
 11. Vázquez M, Vaquero E, Cardoso MJ, Gómez C. temporal evolution of alpha and beta bands during visual spatial attention. *Cogn Brain Res* 2001; 12: 315-20.
 12. Eeg-Olofsson O. Longitudinal developmental course in electric activity of brain. *Brain Dev* 1980; 2: 33-44.
 13. Horita M, Takizawa Y, Wada Y. Sex differences in EEG background activity. A study with quantitative analysis in normal adults. *Jpn J Clin Pathol* 1995; 43: 177-80.
 14. Flor-Henry P, Koles ZJ, Reddon JR. Age and sex related EEG configurations in normal subjects. In Glass C, ed. *Individual differences in hemispheric specialization*. New York: Plenum Press; 1987. p. 121-48.
 15. Harmony T, Marosi E, Díaz de León AE, Becker J, Fernández T. Effect of sex, psychosocial disadvantages and biological risk factors on EEG maturation. *EEG Clin Neurophysiol* 1990; 75: 482-91.
 16. Batchelor ES, Dean R. Sex differences in neurophysiological performance for children with reading deficit. *Int J Neurosci* 1989; 41: 127-36.
 17. Corsi-Cabrera M, Herrera P, Malvido M. Correlation between EEG and cognitive abilities: sex differences. *Int J Neurosci* 1989; 45: 133-41.
 18. Corsi-Cabrera M, Ramos J, Guevara MA, Arce C, Gutiérrez S. Gender differences in the EEG during cognitive activity. *Int J Neurosci* 1993; 72: 257-64.
 19. Shibata T, Shimoyama I, Ito T, Abila D, Iwasa H, Koseki K, et al. Attention changes the peak latency of the visual gamma-band oscillation of the EEG. *NeuroReport* 1999; 10: 1167-70.
 20. Mangun GR, Hillyard SA, Luck SJ. Electrocortical substrates of visual selective attention. In Meyer D, Kornblum S, eds. *Attention and performance*. Vol. 14. Cambridge, Mass: MIT Press; 1993. p. 219-43.
 21. Volf NV, Razumnikova OM. Sex differences in EEG coherence during a verbal memory task in normal adults. *Int J Psychophysiol* 1999; 34: 113-22.
 22. Thatcher RW, Walker RA, Guidice S. Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages. *Science* 1987; 236: 1110-3.
 23. Marosi E, Harmony T, Becker J, Bernal J, Reyes A. Sex differences in EEG coherence in normal children. *Int J Neurosci* 1993; 72: 115-21.
 24. Posner M, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Ann Rev Neurosci* 1990; 13: 25-42.
 25. Posner M, Raichle ME. *Images of mind (rev)*. New York: Scientific American; 1996.
 26. Becker J, Creutzfeldt OD, Schwibbe M, Wuttke W. Changes in physiological, EEG and psychological parameters in women during the spontaneous menstrual cycle and following oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology* 1982; 7: 75-90.
 27. Solís-Ortiz M, Ramos J, Arce C, Corsi-Cabrera M. EEG oscillations during menstrual cycle. *Int J Neurosci* 1994; 76: 279-92.

MODULACIÓN POSTESTÍMULO GENEROESPECÍFICA EN LA BANDA ALFA DURANTE LA ATENCIÓN VISUOESPACIAL

Resumen. Introducción. Estudios previos de la actividad espontánea del EEG indican que las mujeres presentan mayor potencia espectral absoluta en la banda α que los hombres, pero existen escasos trabajos realizados durante actividad cognitiva. Objetivo. Comprobar posibles diferencias de género en el dominio de la frecuencia del EEG durante la realización de una tarea que requiere un procesamiento cognitivo de atención visuoespacial en dos intervalos sucesivos, desde la llegada del estímulo para comprender mejor la modulación y su dinámica temporal. Sujetos y métodos. Se utilizó un paradigma oddball clásico, cuyos estímulos (90% estándares-10% objetivos) eran complejos. En cada bloque (10 de 100 ensayos) se pidió al sujeto (20, 10 de cada género) que atendiera alternativamente a un solo campo visual (estímulos aleatorios y equiprobables). Al registro EEG se le aplicó la transformada rápida de Fourier para obtener la densidad de potencia espectral de la banda α (9-11 Hz) en dos ventanas solapadas (sliding windows): de 0-512 y de 412-924 ms. Resultados. Los datos normalizados se analizaron mediante ANOVA, con los factores: género, atención, hemisferio, campo visual y electrodos. Conclusiones. Se obtienen modulaciones de sentido opuesto en hombres y mujeres. Los hombres presentaron menos α o mayor supresión en electrodos posteriores y las mujeres presentaron menos α en electrodos anteriores para la banda α . [REV NEUROL 2004; 39: 109-14]

Palabras clave. Atención visuoespacial. Banda α . Densidad de potencia espectral (PSD). Diferencias de género. EEG.

MODULAÇÃO PÓS-ESTÍMULO GÊNERO-ESPECÍFICA NA BANDA ALFA DURANTE A ATENÇÃO VISUOESPACIAL

Resumo. Introdução. Estudos prévios da atividade espontânea do EEG indicam que as mulheres apresentam maior potência espectral absoluta na banda α do que os homens, contudo existem muito poucos trabalhos realizados durante a atividade cognitiva. Objetivo. Comprovar possíveis diferenças de género no domínio da frequência do EEG durante a realização de uma tarefa que requer um processamento cognitivo de atenção visuoespacial em dois intervalos sucessivos, desde a chegada do estímulo para melhor compreender a modulação e a sua dinâmica temporal. Sujeitos e métodos. Utilizou-se um paradigma oddball clássico, cujos estímulos (90% padrão, 10% objetivos) eram complexos. Em cada bloco (10 de 100 ensaios) pediu-se ao indivíduo (20, 10 de cada género) que atendesse alternativamente a um só campo visual (estímulos aleatórios e equiprováveis). No registo EEG aplicou-se a transformação rápida de Fourier para obter a densidade de potência espectral da banda α (9-11 Hz) em duas janelas sobrepostas (sliding windows): de 0-512 e de 412-924 ms. Resultados. Os dados normalizados analisaram-se mediante ANOVA, com os factores: género, atenção, hemisfério, campo visual e electrodos. Conclusões. Obtiveram-se modulações de sentido oposto em homens e mulheres. Os homens apresentaram α negativo ou maior supressão nos electrodos posteriores e as mulheres apresentaram α negativo nos electrodos anteriores para a banda α . [REV NEUROL 2004; 39: 109-14]

Palavras chave. Atenção visuoespacial. Banda α . Densidade de potência espectral (PSD). Diferenças de género. EEG.