

Perfiles de actividad eléctrica cortical Beta 3 en tareas de cálculos matemáticos sencillos e imaginación de objetos. Un estudio descriptivo

Electrical Activity Profiles Cortical Beta 3 in simple mathematical calculations and imagination of objects. A descriptive study

Sánchez, Jesús; Jurado, María Emilia; Carrasco, María Elisa; Ligonie, Solange; Pagano, Juan Segundo; Rivas, Bianca; Videla, Brian; Vela, Florencia; Burán, Martín; Gómez, Alejandra; Márquez, Ana; Azzolino, Juan; Jofré Neila, Marcos
Laboratorio de Neuropsicología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Congreso*

RESUMEN

En el presente estudio se muestran los patrones grupales de activación cortical registrados por un electroencefalógrafo digital, de 21 canales, durante la resolución de cálculos matemáticos y la evocación imaginaria de objetos en sujetos jóvenes, quienes reportan no estar bajo ningún tipo de tratamiento, universitarios y de nacionalidad argentina. A partir del análisis de Mapeo Cerebral basado en el cálculo de Transformadas de Fourier, fue posible tipificar la actividad cerebral que corresponde a las dos tareas mencionadas. Con estos resultados será posible determinar si el diseño experimental, metodología e instrumentos utilizados son coherentes y viables para continuar con los mismos lineamientos o modificarlos.

Palabras clave: neuropsicología, eeg, mapeo cerebral, cognición, emoción, ondas Beta 3.

ABSTRACT

The present study shows the group patterns of cortical activation recorded by a digital electroencephalograph, 21 channels, during the resolution of mathematical calculations and imagery of objects in young subjects who report not being under treatment of any type, they are all university students from Argentina. Based on the analysis of Brain Mapping based on the calculation of Fourier Transform, it was possible to typify the brain activity corresponding to the two mentioned tasks. With these results it will be possible to determine if the experimental design, methodology and instruments used are coherent and feasible to continue with the same guidelines or modify them.

Keywords: neuropsychology, eeg, brain mapping, cognition, emotion, Beta 3 brainwaves.

INTRODUCCIÓN

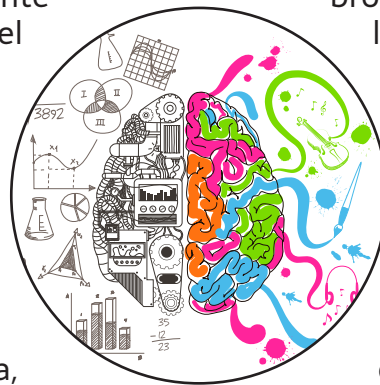
La introducción de las imágenes eléctricas cerebrales permite combinar la alta resolución espacial de las neuroimágenes anatómicas, como la tomografía axial computarizada o la resonancia magnética, con la alta resolución temporal que brinda el registro de la actividad eléctrica cerebral.

Al respecto, la actividad eléctrica, al ser representada por medio de imágenes a través de los mapas topográficos cerebrales proporciona una información de la dinámica cortical. Mediante su análisis cuantitativo (mapeo cerebral) brinda una medida que permite cuantificar patrones de actividad eléctrica y obtener índices de todo tipo y para una amplia gama de aplicaciones. Por esta razón, los autores se sintieron motivados a integrarla a la investigación en el marco de la Psicología, y lanzarse a la construcción de un Mapa Topográfico Cerebral Grupal durante diversas tareas como: razonamiento lógico-lineal, imaginación, realización de movimientos, repetición mental de palabras, atención selectiva, comprensión verbal, asco, odio, ansiedad y amor evocados verbalmente.

El electroencefalograma (EEG) es una técnica de medición de la actividad electrofisiológica global del encéfalo, registrada mediante macroelectrodos y un dispositivo denominado electroencefalógrafo. Los macroelectrodos son ubicados en distintas zonas dependiendo del tipo de electroencefalograma. Esta técnica permite registrar la suma de los sucesos eléctricos de toda la corteza cerebral, y constituye una herramienta valiosa ya que algunas de las ondas reflejadas están asociadas a determinados estados de conciencia (Pinel, 2006). El EEG permite hacer un análisis de los campos eléctricos cerebrales, gracias a la amplificación de las

diferencias de potencial entre los electrodos receptores de señal (Ramos-Argüelles, Morales, Egozcue, Pabón y Alonso, 2009). En este punto se considera importante hablar de uno de los orígenes de los voltajes generados al interior del cerebro, que son los potenciales postsinápticos. Estos son los voltajes que surgen en el momento en que los neurotransmisores se unen a los receptores en la membrana de la célula postsináptica, permitiendo que los canales iónicos se abran o cierren, lo que a su vez causa despolarización o hiperpolarización. El registro de los potenciales postsinápticos de grandes grupos de neuronas se denominan registros locales de potenciales de campo (Luck, 2005).

La actividad eléctrica es diferente de acuerdo a la intensidad de las tareas que el cerebro desempeña. Se han clasificado las ondas cerebrales de acuerdo a su frecuencia en cinco grupos: las ondas Delta tienen lugar cuando el cerebro está en una fase de sueño profundo, son ondas con gran amplitud y poca frecuencia, oscilan entre 0,5 y 3 Hz (ciclos por segundo); las ondas Theta ocurren cuando se alcanza un estado de calma profunda, son ondas con menor amplitud y una frecuencia un poco mayor que oscila entre 4 y 7 Hz.; las ondas Alfa predominan cuando el cerebro está en una fase de relajación o escasa actividad cerebral, son ondas lentas y de menor amplitud que las anteriores, la frecuencia oscila entre 8 y 12 Hz; las ondas Beta tienen lugar cuando el cerebro está despierto e implicado en actividades mentales, son las ondas con mayor velocidad de transmisión y su frecuencia oscila entre 13 y 30 Hz. Por último, las ondas Gamma aparecen cuando el cerebro tiene una actividad alta y corresponde a situaciones de intensa actividad intelectual o emocional, en este estado es imposible relajarse o dormir, oscilan entre 30 y 50 Hz (Choppin, 2000). Es de acuerdo a esta clasificación que se dividen las bandas



del espectro de potencia en las mediciones espectrales de banda ancha (MEBAs). Las ondas Beta tienen otra subdivisión que resulta muy importante por haberse vinculado cada subbanda de frecuencia a diferentes procesos:

Beta 1 (de 12-15 Hz): vinculada a tareas sencillas y a la vigilia relajada.

Beta 2 (de 15-22 Hz): vinculada a tareas complejas.

Beta 3 (de 22-30 Hz): vinculada a cogniciones altamente complejas, integración de nuevas experiencias, y estados de ansiedad o excitación.

Resulta importante considerar que el registro electroencefalográfico mostrará diferentes niveles de actividad en diferentes áreas de acuerdo a las actividades que se desarrollen (Lischinsky, 2008), siendo esta premisa la base de este proyecto. El estudio de la cognición y las emociones en el mapeo cerebral busca una desincronización electroencefalográfica (Memmert, Simons, y Grimme, 2009). Esta desincronización de las ondas cerebrales predominantemente gamma (30-50Hz) se asocia a la ansiedad extrema.

Beta 3 se asocia a procesos mentales elevados. Este diseño utiliza la audición como la única entrada de información que dará origen a los procesos.

Este estudio se propone identificar y describir perfiles diferenciales de respuesta cortical en la onda Beta 3 frente a tareas de cálculos matemáticos sencillos e imaginación de objetos evocados por audio.

Delimitación de variables analizadas

La banda Beta 3 fue seleccionada por estar vinculada a la cognición elevada, procesamiento de nueva información y ansiedad. También se tuvo en cuenta la edad y todos los reactivos de auto-calificación del cuestionario *ad hoc*.

METODOLOGÍA

Diseño

El estudio corresponde a un diseño cuantitativo transversal de nivel descriptivo correlacional, cuasiexperimental, de medición en línea.

Participantes

En total se realizaron 28 estudios, de los cuales se descartaron 10 por estar contaminados con interferencia mioeléctrica, fallos en la sincronía de disparo del audio guía y registro electroencefalográfico, bajas impedancias, etc., quedando así una muestra de 18 personas. La población no fue seleccionada intencionalmente, ni aleatoriamente, todas las personas fueron reclutadas por miembros del equipo y corresponde a una muestra disponible, cuyo criterio de inclusión consistió en que reportaran no estar bajo ningún tratamiento ni tener alguna patología que pudiera interferir, como por ejemplo tratamiento psiquiátrico de cualquier tipo, depresión grave, trastorno de ansiedad, etc.

De las 18 personas voluntarias cuyos estudios resultaron válidos para la cuantificación, 10 resultaron ser mujeres y 8 hombres. La media de edad resultó en 24 años con un desvío estándar de 5,56. Nueve cursaban primer año de alguna carrera, 3 segundo año, 3 tercero, 1 quinto año, y 2 no pertenecían a la institución pero fueron incluidos. La carrera de Psicología aportó 15 voluntarios, Arquitectura 1, y voluntarios externos hubo 2. Todos ellos habitantes de la provincia de Mendoza y de nacionalidad argentina. Las personas firmaron un consentimiento informado donde se explica todo el procedimiento, fines, confidencialidad y el carácter anónimo de la investigación.

Instrumentos

Se utilizó un cuestionario *ad hoc* para relevar información sociodemográfica y académica, opiniones acerca de la experiencia, etc.

Los electroencefalogramas se registraron utilizando un electroencefalógrafo digital Neutronic ME-2100, (cuya autorización expedida por la ANMAT debe consultarse en el anexo IV) con montaje monopolar, referencia auricular independiente (A1/A2) en los lóbulos de las orejas, sujetos con pinzas especiales y con gel conductor. Se utilizó casco scalp marca Speed, con gel especial para EEG: Neutronic GC-1000. El casco distribuye los 20 canales de acuerdo al sistema internacional 10-20 de posicionamiento de electrodos, y se usaron dos cascos en dos medidas diferentes, mediano y grande. Se utilizaron dos computadoras, ambas con las características que el fabricante exige para la correcta operación del módulo EEG y software.

Método

Los participantes fueron evaluados en dos situaciones diferentes, consecutivas, en igual cantidad de tiempo y complejidad para todos los participantes según se detalla a continuación (no se detalla el tiempo de la consigna).

- Resolución de cálculos matemáticos:
1 minuto, 37 segundos
- Imaginación de objetos:
1 minuto, 5 segundos

El audio guía, a su vez, incluyó una breve relajación guiada, basada en respiración abdominal profunda, de un minuto de duración al comienzo, la cual tuvo como objetivo reducir el nivel de ansiedad característico de la situación de ser sometido a prueba. La duración total del audio es de 14 minutos y 22 segundos, salvo en los dos últimos casos tenidos en cuenta para la cuantificación, donde el reactivo fue reducido a 9 minutos y 14 segundos, conservando la misma estructura, complejidad y contenido que el primero.

Los participantes realizaron las tareas asignadas con los ojos cerrados en todo momento, y esta decisión fue tomada por las siguientes razones:

La entrada de información visual puede no ser tan controlable como la auditiva, las per-

sonas se pueden fijar en detalles diferentes en estímulos como videos, incluso consignas escritas, y pueden distraerse fácilmente.

La restricción de información visual nos permitirá conocer vínculos entre estos procesos, la imaginación y la comprensión verbal con más claridad.

La AEC de fondo será más lenta que con ojos abiertos, generando así una actividad de contraste de bandas beneficiosa para los MTC.

Los ojos cerrados reducen las interferencias de movimiento ocular permitiendo evaluar más claramente los grafoelementos del EEG al momento de cuantificar.

Todos los estudios fueron grabados en alta resolución. El uso o no de la puesta a tierra no mostró diferencia en los niveles de interferencia en el orden de los 50Hz. Se utilizaron auriculares comunes para la reproducción del audio, y el mismo reproductor en todos los casos con el mismo volumen.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se cuantificaron aquellas selecciones correspondientes a cada situación experimental en el intervalo de tiempo correspondiente a la resolución del ejercicio propuesto. Como criterio de selección se tuvo en cuenta la ausencia de artefactos e interferencias. La unidad de medida escalar utilizada fue la potencia absoluta (microvoltage elevado al cuadrado sobre hertzio), en esta misma unidad se exportaron las tablas promedio de las bandas de frecuencias correspondientes a Delta, Theta, Alpha, Beta 1, Beta 2 y Gamma, descartando en el procesamiento estadístico posterior las bandas Delta y Theta por haber utilizado cascos scalp que no ofrecen una lectura confiable en estas dos bandas, que además no resultan de interés para esta investigación en particular.

La cuantificación se realizó en una tercera computadora de mayor potencia y en monitor de 20" para observar claramente

los grafoelementos. Para el procesamiento de señales, se utilizó el software provisto por el fabricante: Analizador de Señales Neutronic. Se utilizó el cálculo de histograma FFT y exportación de tabla promedio a matriz de Excel. Posteriormente se diseñaron planillas de transposición de matriz a fila para poder ser volcado a SPSS, y finalmente se diseñó una planilla de transposición inversa para convertir los valores medios procesados por SPSS en mapas topográficos cerebrales representativos del grupo mediante la importación de tabla al software Neutronic.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 21.0. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, prueba de significación bilateral. Los datos de potencias medias fueron transportados a

planilla de datos de importación al software Neutronic a partir del cual se generaron los mapas topográficos.

RESULTADOS

Se procesaron las medidas de tendencia central para todos los canales, en la banda de frecuencia Beta 3 y para las dos primeras situaciones experimentales: cálculo matemático e imaginación de objetos.

Nótese, en la **Tabla 1**, que los desvíos no superan la media, y son la mayoría a razón de la mitad de su valor. Esta medición homogénea nos permite inferir que el comportamiento de las ondas Beta 3 durante este proceso no tendieron a la dispersión y se comportaron consistentemente.

Tabla 1: medidas de tendencia central y dispersión de las ondas Beta 3 en todos los canales durante el cálculo matemático.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
F1BETA3	18	,490	2,410	1,084	,546
F3BETA3	18	,390	1,280	,790	,262
C3BETA3	18	,480	1,270	,813	,295
P3BETA3	18	,300	1,650	,842	,369
O1BETA3	18	,460	2,600	1,017	,553
F7BETA3	18	,460	1,270	,819	,284
T3BETA3	18	,380	1,460	,753	,295
T5BETA3	18	,410	1,650	,768	,397
FZBETA3	18	,450	1,290	,787	,286
CZBETA3	18	,360	2,360	,924	,485
PZBETA3	18	,330	1,890	,856	,431
OZBETA3	18	,490	2,660	1,096	,510
T6BETA3	18	,620	1,930	,921	,343
T4BETA3	18	,360	2,200	,801	,447
F8BETA3	18	,500	2,450	,942	,489
O2BETA3	18	,570	1,990	1,173	,444
P4BETA3	18	,450	2,160	,916	,423
C4BETA3	18	,440	1,820	,798	,326
F4BETA3	18	,450	2,110	,866	,407
F2BETA3	18	,490	2,430	1,055	,524
N válido (según lista)	18				

Fuente: datos propios 2016

Tabla 2: medidas de tendencia central y dispersión de las ondas Beta 3 en todos los canales durante la imaginación de objetos.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
F1BETA3a	18	,720	2,360	1,292	,520
F3BETA3a	18	,430	1,880	1,052	,378
C3BETA3a	18	,520	1,650	,969	,412
P3BETA3a	18	,530	2,010	1,058	,431
O1BETA3a	18	,460	4,280	1,365	,867
F7BETA3a	18	,430	1,920	1,025	,411
T3BETA3a	18	,480	1,650	,893	,384
T5BETA3a	18	,320	3,700	1,110	,775
FZBETA3a	18	,410	1,980	,931	,411
CZBETA3a	18	,520	4,230	1,189	,835
PZBETA3a	18	,480	3,480	1,134	,678
OZBETA3a	18	,670	3,250	1,524	,679
T6BETA3a	18	,490	3,230	1,297	,746
T4BETA3a	18	,380	4,230	1,016	,895
F8BETA3a	18	,400	4,750	1,121	,990
O2BETA3a	18	,500	3,280	1,621	,743
P4BETA3a	18	,470	4,040	1,383	,868
C4BETA3a	18	,320	3,140	1,049	,678
F4BETA3a	18	,450	3,640	1,153	,774
F2BETA3a	18	,430	4,720	1,384	,955
N válido (según lista)	18				

Fuente: datos propios 2016

Nótese cómo las medias en general son más elevadas que en el cálculo matemático y los desvíos conservan prácticamente la misma relación con la media que en la situación de cálculos matemáticos. Al ser más elevadas las potencias en general, se puede inferir que el cerebro insumiría mayor cantidad de recursos y energía a la hora de imaginar objetos de forma clara que si resuelve cálculos matemáticos sencillos.

La forma de interpretar los desvíos en esta investigación no corresponde al concepto de error de medición debido a que las personas podrían resolver los ejercicios propuestos de formas diferentes, utilizando diferentes recursos, y el cerebro lleva a cabo las tareas integrando alternada o simultáneamente diferentes áreas. Esto po-

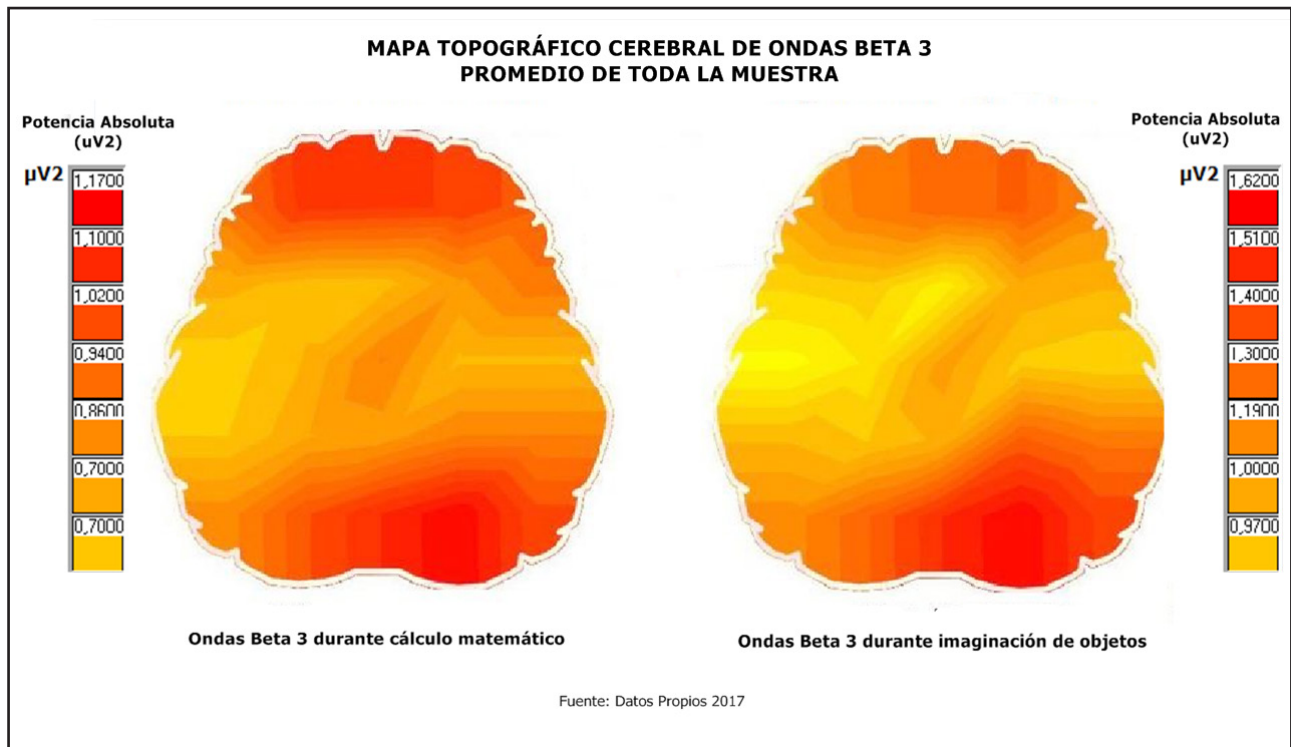
dría dar como resultado desvíos estándar que superan la media y difícilmente se deba a interferencias si los resultados grupales muestran coherencia.

Asumimos que los datos aquí expuestos representan el patrón promedio y más persistente del cerebro durante la tarea específica, con la consigna y entrada de información del reactivo, y bajo ningún concepto extrapolable a otras formas de entrada de información. Dados los valores mínimos y máximos registrados, se verificó que las mediciones no fueron afectadas por valores extremos (posibles verdaderos errores de medición) y los rangos son notoriamente estables.

Mapas Topográficos Cerebrales de los valores promedio de todo el grupo

Luego de considerar los valores obtenidos como patrones consistentes y estables, se procedió a generar Mapas Topográficos Cerebrales con el Software Analizador de Señales del equipo Neutronic ME-2100, cargando los valores medios en una tabla especial de datos que luego se importó para generar el mapa.

Mapa 1: distribución topográfica de potencia absoluta promedio Beta 3 en las situaciones experimentales de cálculo matemático (izquierda) e imaginación de objetos (derecha).



Téngase en cuenta que, para interpretar el mapa, los colores son asignados escalaramente de acuerdo al rango de valores, el valor máximo es asignado al color rojo, y a partir de allí se ubican los demás valores. El predominio es rojo porque los valores medios se encuentran cercanos al valor máximo. Las referencias de escala se encuentran a la derecha de cada mapa. Al tratarse de una sola banda por mapeo, toda la distribución de la escala de colores es asignada al conjunto de datos presentado, sin distribuirse respecto de otras bandas de frecuencia.

En el mapa de cálculos matemáticos el predominio prefrontal de la actividad Beta 3 tiene un peso marcado hacia el lóbulo fron-

tal izquierdo, lóbulo parietal derecho, lóbulo occipital derecho y zona témporo-frontal derecha. Estas regiones presentan mayor potencia de las ondas Beta 3 respecto de otras zonas, siendo la de menor intensidad el lóbulo temporal izquierdo. También se observa una participación definida de la zona prerrolándica sensoriomotora central. Esta inferencia se confirma con los valores de potencia absoluta hallados en los canales F1, P4, O2, CZ y F8 (ver tabla 1).

En el mapa de imaginación de objetos, el peso específico de la actividad Beta 3 se inclina hacia el lóbulo frontal derecho, con mayor compromiso del lóbulo parietal derecho y zona témporo-occipital derecha. En contraste con la primera situación, el

predominio de actividad Beta 3 es claramente derecho, con notoria potencia que involucra al área sensoriomotora derecha, y menor participación de la zona sensoriomotora central y temporal izquierda. Esta inferencia se confirma con los valores de potencia absoluta hallados en los canales F2, P4, C4, T6, T3, y CZ (ver tabla 2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos analizados, fue posible establecer una tipología aproximada de actividad cerebral mediante Mapas Topográficos Cerebrales de los valores medios de la banda de frecuencia Beta 3 para la resolución de cálculos matemáticos e imaginación de objetos, encontrándose un predominio de actividad prefrontal con tendencia izquierda para el cálculo matemático. A su inversa, la imaginación de objetos presentó claro predominio derecho, mayor compromiso del lóbulo frontal derecho

y del lóbulo parietal derecho, aunque este último estuvo intensamente comprometido en ambas situaciones. Este dato permite inferir que la imaginación estuvo presente de forma intensa en ambas situaciones. La actividad Beta 3 posterior tuvo su mayor participación en el lóbulo occipital derecho en ambas situaciones, alcanzando valores máximos en la situación de imaginación de objetos. Los Mapas Topográficos Cerebrales desarrollados con esta tecnología y metodología son considerados a partir de este análisis preliminar como viables para estudios de mayor cantidad de personas y no precisaría de modificación procedimental, como metodológica e instrumental.

“El Flujo en la vida se produce cuando nuestras habilidades más altas se corresponden exactamente con los retos que cumplimos”. - Martin Seligman

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Choppin, A. (2000). Eeg-based human interface for disabled individuals: Emotion expression with neural networks. Masters thesis, Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Japan.
- Domínguez, T. B., y Olvera, L. Y. (2003). Patrones de temperatura periférica y control psicológico del dolor crónico. *Suma Psicológica*, 10(3), 81-117.
- Lischinsky, A. (2008) El examen neuropsicológico. En Labos, E., Slachevski, A., Fuentes, P. y Manes F. *Tratado de Neuropsicología Clínica*. Buenos Aires: Editorial Arkadia.
- Luck, S. J. (2005). An introduction to the event-related potential technique. Cambridge, MA, EE. UU.: MIT Press.
- Memmert, D., Simons, D. J., y Grimme, T. (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 10(1), 146-151.
- Oliveira-Silva, P., y Gonçalves, Ó. F. (2011). Responding empathically: A question of heart, not a question of skin. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(3), 201-207.
- Pinel, J. P. (2006). Métodos de investigación en biopsicología. En J. P. Pinel (Ed.). *Biopsicología* (6ª. ed., pp. 117-118). Madrid: Pearson.
- Ramos-Arguelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, M., y Alonso, T. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *Sistema Sanitario Navarra*, 32(3), 69-82.