¿Se puede leer la mente con la resonancia magnética funcional?

Muntané-Sánchez Amadeo,* Moro-Esteban María Luisa**

* Departamento de Neurorradiología. Universidad de Barcelona. Hospital Universitario de Bellvitge. L'Hospitalet. Barcelona. ** Departamento de Medicina de Familia. CAP Les Corts. Barcelona.

Revista Mexicana de Neurociencia — Julio-Agosto, 2012; 13(4): 233-238

INTRODUCCIÓN

La resonancia magnética funcional (RMf) es una técnica que se basa en la relación que existe entre la actividad neuronal y el flujo sanguíneo. Como consecuencia permite la evaluación de regiones cerebrales que participan en los sentidos, motricidad, cognición y procesos afectivos, ya sea en el cerebro normal o patológico.

Desde que Lauterbur propusiera la obtención de imágenes estructurales de tejidos basadas en el fenómeno de resonancia magnética (RM), transcurrieron casi dos décadas, hasta que en 1992, y de forma simultá-

RESUMEN

Introducción: La resonancia magnética funcional (RMf) se basa en la actividad neuronal y el flujo sanguíneo. La RMf se ha propuesto para la investigación de la cognición, pero existen aspectos de la misma que difícilmente podrán evaluarse con RMf. **Objetivo:** Revisar la evidencia actual sobre el uso de RMf en el estudio de la cognición. **Desarrollo:** La RMf tiene diferentes aplicaciones: planificación neuroquirúrgica, pacientes neurológicos, psiquiatría, dolor, evaluación de la corteza motora, lenguaje y audición. En la exploración de la cognición por RMf la investigación se centra en patrones de localización de actividad cerebral y procesos mentales. Convendría considerar qué regiones tienen patrones de actividad que permitan la predicción de la participación de un proceso particular. Se ha publicado que los estados mentales pueden identificarse realizando una clasificación estadística desde los datos de la imagen cerebral con una precisión superior al 80%. Saber lo que una persona está pensando es distinto a una lectura global de la cognición como el conocimiento y la autorreflexión. En el conocimiento un sujeto capta un objeto sin que cambie ni él ni el objeto. El objeto presente en el sujeto lo está no como algo materialmente poseído sino que está presente como forma ajena. Es lo que se denomina concepto. **Conclusiones:** La RMf no identifica un concepto, aunque en su elaboración participen áreas cerebrales. Encontrar una correlación entre patrones de actividad cerebral y categoría de un objeto no implica leer la mente o saber cómo se elabora un proceso mental.

Palabras clave: Resonancia magnética funcional, cognición, estados mentales, actividad cerebral, neuroimagen, redes neurales.

Can the mind be read with functional magnetic resonance imaging?

ABSTRACT

Introduction: *Functional magnetic resonance imaging (fMRI) is based on neuronal activity and blood flow. fMRI has been proposed for the investigation of cognition; however, there are aspects of it that cannot be easily assessed with fMRI.* ***Objective:*** *To review the current evidence on the use of fMRI in the study of cognition.* ***Development:*** *fMRI has applications: planning neurosurgical procedures, study of neurological patients, in psychiatry, pain, assessment of the motor cortex, language and hearing. In the exploration of cognition by fMRI the research focuses on localization patterns of brain activity and mental processes. It would be desirable to consider which regions have activity patterns that enable prediction of the involvement of a particular process. It has been reported that mental states can be identified by a statistical classification from brain imaging data with an accuracy of above 80%. Knowing what a person is thinking is different from an overall reading of cognition. For example, knowledge and self-reflection. In the knowledge a subject picks an object without changing neither the subject, nor the object. The object is present in the subject not as physically possessed, but it is present as an alien object. This is what is called concept.* ***Conclusion:*** *fMRI does not identify a concept, although in its preparation it involves brain areas. To find a correlation between patterns of brain activity and a category of an object does not imply reading minds or to know how a mental process is elaborated.*

Key words: *Brain activity, cognition, functional magnetic resonance imaging, mental states, neural networks, neuroimaging.*

Rev Mex Neuroci 2012; 13(4): 233-238

nea, grupos de la Universidad de Minnesota y del Medical College of Wisconsin demostraron registro funcional de activación cerebral por RM en humanos, utilizando técnicas de adquisición de imagen no invasivas, considerando las propiedades magnéticas de la hemoglobina en relación con la cantidad de oxígeno que transporta.[1] Ogawa, *et al*., realizaron estudios en ratas probando que la desoxihemoglobina en la sangre puede ser usada como medio de contraste en RM, este fenómeno recibió la denominación de contraste-BOLD (blood oxigenation level dependent) o dependiente del nivel de oxigenación sanguínea.[1,2]

El aporte sanguíneo de las áreas corticales cerebrales no activadas tiene un nivel de equilibrio entre la oxihemoglobina que tiene propiedades diamagnéticas, y la desoxihemoglobina que es una molécula paramagnética. Si un área cerebral se activa se produce un incremento del flujo para aumentar el aporte de oxígeno, sin embargo, el aporte de oxígeno es menor que el aumento de flujo y se produce un desequilibrio en la relación oxi-desoxihemoglobina. El exceso de oxihemoglobina disminuye la diferencia de susceptibilidad, debido al paramagnetismo de la hemoglobina entre el lecho capilar y el tejido nervioso y produce un ligero aumento del T2* (explorando mediante secuencia ecoplanar). Las zonas activadas se localizan por la diferencia de intensidad entre las imágenes obtenidas en reposo y las obtenidas en activación realizando una tarea. La intensidad de las zonas activadas es sólo de 5-10% mayor que las zonas no activadas, por lo tanto, es necesario adquirir todo el conjunto de cortes varias veces, con el fin de obtener imágenes con una señal suficiente. Los estudios de activación cerebral se realizan mediante la aplicación de paradigmas que consisten en una tarea de activación intercalada con otros periodos de reposo, en que el paciente efectúa una actividad alternativa diferente a la que se pretende estudiar. De esta forma se calculan las diferencias de señal entre un periodo y otro. El resultado se presenta con una superposición de los píxeles activados coloreados sobre una imagen anatómica.[1]

OBJETIVO

La resonancia magnética funcional es uno de los métodos más importantes para la investigación *in vivo* de los procesos cognitivos en el cerebro humano. Hay estudios que evidencian la RMf como herramienta que en ciertas circunstancias puede utilizarse para determinar lo que una persona está pensando, y se postula la posibilidad de que en un futuro pueda leerse la mente mediante RMf. Creemos que aunque todavía es prematuro, existen aspectos de la cognición humana que difícilmente podrán evaluarse con esta técnica.

DESARROLLO

La RMf tiene diferentes aplicaciones tanto en la práctica clínica como en los estudios de investigación.[3] En los casos de planificación neuroquirúrgica el papel de la RMf adquiere una utilidad importante y manifiesta. Se pueden evaluar las áreas motoras o del lenguaje en tumores que están próximos así como valorar los posibles déficits posteriores a la misma acción quirúrgica, estableciendo un pronóstico no tan sólo en relación con el grado tumoral, sino también, por la afectación de estas áreas corticales.[4,5]

En el estudio de pacientes neurológicos puede evaluarse la recuperación de una función cerebral con y sin rehabilitación neuropsicológica. Las lesiones cerebrales progresivas, como, por ejemplo, la esclerosis lateral amiotrófica o la enfermedad de Parkinson, pueden ser utilizadas para estudiar lentos procesos de readaptación a largo plazo.[6,7] En el ámbito de la psiquiatría la RMf es básica para delinear las bases neurobiológicas de diversos déficits cognitivos y los comportamientos aberrantes. Dado el número de estructuras cerebrales anormales relacionadas con la esquizofrenia, el foco de la investigación ha pasado a la teoría de los circuitos neuronales desordenados. Ya hay evidencia en estudios realizados en la esquizofrenia de interacciones anormales entre las regiones cerebrales que pueden ayudar a explicar los síntomas y los déficits cognitivos asociados con la enfermedad. Un tema de investigación en auge consiste en la vinculación de los cambios en la función cerebral en relación con los medicamentos, la mejoría clínica y el funcionamiento cognitivo.[8,9] La RMf también ha aportado nuevas perspectivas en los mecanismos fisiopatológicos del autismo como la activación disfuncional en áreas clave de la comunicación verbal y no verbal, interacción social y de las funciones ejecutivas.[10]

La neuroimagen funcional ha contribuido en definir el circuito neuronal del dolor en pacientes sanos y con un síndrome de dolor agudo o crónico implicado en la modulación, la percepción y la respuesta de una experiencia dolorosa. Esta "matriz neuronal", que modula la percepción y la respuesta al dolor parece involucrar principalmente, tanto en voluntarios sanos como en pacientes con dolor agudo o crónico en respuesta a estímulos dolorosos generados interna o externamente, la corteza somatosensorial secundaria de forma bilateral, la corteza insular y la corteza cingulada anterior. Adicionalmente, otros estudios refieren la

activación funcional de la corteza somatosensorial primaria contralateralmente al hemicuerpo estimulado, el cerebelo, el tálamo, el opérculo, la corteza prefrontal, el área motora suplementaria, los ganglios basales y la corteza parietal posterior.[11]

Hay estudios en diferentes trabajos que han permitido trazar mapas somatotópicos de la corteza motora primaria con RMf obteniendo una buena correlación con las áreas determinadas por Brodmann como la 4 y 6. En estos estudios la estimulación del área motora pone de manifiesto la gran representación de la mano en la circunvolución precentral. Los movimientos simples de la mano y de los dedos producen la activación de la corteza motora primaria, con movimientos más complejos como la oposición secuencial del pulgar con el resto de los dedos de la mano, producen también la activación de la corteza motora suplementaria.[12,13] Solicitando al paciente que imagine los movimientos de los dedos, la corteza motora suplementaria es activada, mientras que la corteza motora primaria permanece inactiva, lo cual ha sugerido la posibilidad de que exista un control superior para la corteza motora suplementaria.[14] La corteza motora derecha es activada en diestros y zurdos por movimientos dactilares contralaterales, en los individuos diestros también puede se activada por movimientos ipsilaterales. Este fenómeno comporta claras implicaciones tanto en recuperación de accidentes vasculares cerebrales, como en pacientes con tumores que deban ser intervenidos quirúrgicamente.[5]

Teasdale, *et al*., pusieron de relieve que las emociones placenteras, producen actividad bilateral en regiones de la ínsula, circunvolución frontal inferior derecha, splenium y en el precuneus. Sin embargo, las emociones con un significado desagradable, producen actividad bilateral de la circunvolución medial frontal, circunvolución del cíngulo en su porción más anterior, circunvolución precentral derecha y el núcleo caudado izquierdo. En estudios realizados en adolescentes y niños por Baird, *et al*., a los cuales se les mostraban imágenes fotográficas con caras cuya expresión denotaban miedo, se producía actividad en la amígdala.[1,2]

Las áreas que corresponden al lenguaje de expresión (áreas de Broca), pueden ser activadas cuando se generan palabras, ya sea en el pensamiento o pronunciadas.[15]

Existe una mayor activación de estas áreas corticales en la generación de verbos o poesía que en palabras como nombres comunes. En estudios con paradigmas de generación de palabras en mujeres se ha observado activación bilateral de las áreas de lenguaje, mientras que en los hombres se produce de forma casi exclusiva en las áreas corticales del hemisferio dominante.[2]

Se ha descrito también la activación, además del área de Broca, de ciertas áreas de la corteza temporal, y de la corteza visual primaria y secundaria. Estos hallazgos sugieren que en el proceso de generación de palabras, también intervienen de forma elocuente áreas de la memoria y visuales.[15]

En la comprensión del lenguaje los paradigmas utilizados son hacer escuchar al paciente textos narrativos. En esta situación es en la circunvolución temporal superior (Brodmann 22) que de forma bilateral presenta activación.[1,2]

La estimulación visual se realiza directamente con la presentación de imágenes. Estos paradigmas consisten en imágenes oscilantes que van a producir una mayor actividad en la proximidad de la cisura calcarina. Barton, *et al.* han puesto de relieve que cuando el paradigma creado consiste en seguir visualmente un objeto o imagen en movimiento, se produce mayor extensión del área cortical activada, es decir, además de la corteza visual primaria y secundaria, se produce actividad en la corteza lateral temporo-occipital.[2]

Se han publicado trabajos de RMf que muestran el uso novedoso de la música como una herramienta para el estudio de la estructura del cerebro humano y la función auditiva. La música es un estímulo con unas propiedades que lo convierten en una herramienta atractiva para el estudio tanto del comportamiento humano como de los elementos neurales implicados en el procesamiento del sonido.[16]

RMf y cognición

Desde el punto de vista estructural la función cognitiva está sustentada por múltiples redes neurales.[17] La RMf permite visualizar las áreas cerebrales que se activan mientras se está realizando una operación mental. Por consiguiente es una técnica adecuada para el estudio de la fisiología cerebral de las funciones cognitivas.[18]

La cognición humana implica muchos elementos que se relacionan entre si dando lugar a una serie de funciones complejas que pueden englobarse con la denominación de capacidad mental o mente. Estos elementos que configuran el fenómeno cognitivo pueden incluir la memoria, atención, conocimiento o entendimiento, conciencia, representación o imaginación, reflexión, autorreflexión, voluntad, intención, elaboración de conceptos o raciocinio. Algunos de estos elementos han sido objeto de estudio con RMf, ya sea desde el punto de vista fisiológico o como alteración de esta

Rev Mex Neuroci 2012; 13(4): 233-238

función en un estado patológico. Se han identificado mediante RMf las áreas cerebrales que se activan cuando se practica una tarea motora compleja en la imaginación sin movimiento físico.[19]

Se han realizado investigaciones en relación con algunos tipos de memoria, como la memoria de trabajo, poniendo de relieve la activación de áreas ventral y anteriores del cortex prefrontal lateral. Callicott, *et al*., han mostrado actividad adicional, en este tipo de memoria, en áreas de la corteza premotora, región superior del lóbulo parietal y del tálamo. Del mismo modo, en el proceso de memoria remota con paradigmas de reconocimiento facial, se han observado zonas de actividad en el cortex temporal y occipito-temporal homolateral.[2]

La matemática es un proceso intelectual en el que intervienen una variedad de funciones incluyendo las habilidades visuoespaciales, la memoria, la atención y la representación semántica. Los estudios de imagen de la activación cerebral durante las tareas de matemáticas han mostrado que varias regiones del cerebro están involucradas en el procesamiento numérico.[20] En el trastorno por déficit de atención/hiperactividad, la RMf sugiere una disfunción del circuito frontoestriatal que involucra a la corteza prefrontal y a su relación con los núcleos de la base, tálamo y cerebelo como base fisiopatológica de este trastorno.[21] La activación regional en la corteza prefrontal dorsolateral se acompaña de déficit de la atención sostenida en pacientes con trastorno bipolar y en individuos sanos.[22]

De lo dicho hasta aquí podemos mencionar que la investigación en neuroimagen se ha centrado principalmente en los patrones de localización de la actividad cerebral relacionada con procesos mentales específicos. Sin embargo, un examen más detenido de los procesos y de las imágenes obtenidas descubre activaciones que son difíciles de conciliar con una asignación selectiva estructura-función. Por ejemplo, el hecho de que la porción postero-superior de la región temporal se asocia con la audición no implica que sea la única región que está asociada con este fenómeno (y de hecho, no lo es). Es necesario un tipo diferente de análisis, en lugar de considerar que regiones están asociadas con un proceso en particular, tenemos que preguntarnos qué regiones tienen patrones de actividad que permitan la predicción de la participación de un proceso particular. Siguiendo en esta línea se ha emprendido el proyecto Atlas Cognitivo que tiene como objetivo desarrollar una base de conocimientos (u ontología) de los procesos mentales, las tareas mentales y los sistemas del cerebro.[23]

Un trabajo reciente ha puesto de manifiesto que los estados mentales pueden identificarse realizando una clasificación estadística a partir de los datos de la imagen cerebral. Esta relación incluso puede llegar a predecir el estado mental de un individuo considerando la clasificación estadística realizada en otras personas. Se ha conseguido una precisión superior al 80% entre los individuos (donde el azar = 13%).[24]

La aplicación de clasificaciones estadísticas sobre los datos de neuroimagen proporcionan los medios para probar directamente la precisión de estos datos con los procesos mentales. Haynes, *et al*. utilizaron algoritmos de clasificación de patrones similares para predecir la intención del sujeto para realizar una suma o una resta de dos números que se mostraban. Mediante la decodificación de la actividad en la parte anterior de la corteza prefrontal medial fueron capaces de predecir la intención del sujeto con 71% de precisión.[25]

Ahora bien, una cosa es saber lo que una persona está pensando y otra cosa muy diferente es una lectura global de todos los fenómenos cognitivos que acontecen en un individuo. Leer la mente es un tema muy complejo, entre otras cosas, porque no sabemos cómo pasamos de los fenómenos neurobiológicos a lo mental. Podemos poner el ejemplo del conocimiento y de la autorreflexión. El conocimiento es una actividad vital, en el que se da una relación entre un sujeto y un objeto. El sujeto capta el objeto sin que cambie ni él, ni el objeto. Esta actividad es radicalmente distinta a la que se produce en una reacción físico-química, en la que los elementos pierden su naturaleza propia, propiedades y acciones nuevas. En el conocimiento, el sujeto, aun permaneciendo él, capta el objeto como tal, como diferente de él, asimilándolo sin modificar el objeto en nada. El objeto que está presente en el sujeto cognoscente lo está no como algo materialmente poseído y que, por tanto, tenga una configuración en el cerebro de manera física sino que está presente como forma ajena.

El conocimiento implica, entre otros, comprender algo sin afirmar o negar nada de ello. Por ejemplo, ¿qué es una cuchara o un tenedor? Sería necesaria una larga reflexión para definirlos intelectualmente, sin embargo se comprende que son instrumentos que se emplean para comer. Si al ver una cosa no se comprende lo que es, no hay un acto intelectual. Si se comprende lo que es, un animal o una mesa, se entra en la dimensión del conocimiento intelectual. Este conocimiento se realiza por un concepto o idea. Para conocer, la inteligencia produce en sí misma una representación del objeto en la que lo contempla. No hay que confundir el concepto con la imagen o imaginación, ya que se puede concebir un objeto del que no se puede formar una ima-

gen adecuada como por ejemplo los conceptos de igualdad, bondad o posibilidad. Además la imagen, incluso compuesta y esquemática, es concreta y sensible mientras que el concepto es abstracto. Así la imagen esquemática de un caballo es aún representación sensible totalmente distinta de la esencia "caballo", objeto del concepto.

El concepto es abstracto y universal, o sea, un objeto libre de caracteres, condiciones o circunstancias individuales. La universalidad es una consecuencia de la abstracción: si el objeto es separado de los caracteres individuales, es aplicable a un número indefinido de casos particulares que tienen la misma naturaleza.

Resumiendo, el concepto es lo entendido por la inteligencia en cuanto está en la inteligencia. Si hablamos del concepto "mesa", este concepto pertenece a la inteligencia y no a las cosas. Hay mesas reales, pero el concepto de mesa está en la inteligencia. Por tanto, el concepto significa aquello que la cosa es. No es lo mismo entender que sentir o imaginar, dado que las imágenes representan aspectos sensibles de las cosas, mientras que los conceptos significan un contenido inteligible de las mismas.

La integración de nuestro conocimiento intelectivo requiere añadir nuevos conceptos a los que inicialmente nos permite abordar una cosa. Esto hace necesario una segunda especie de operación intelectual, el juicio, por cuya mediación se enlazan o separan aspectos parciales. Si la confrontación directa de dichos aspectos, es menester compararlos con un tercero, se constituye la tercera operación intelectual, a la que se llama raciocinio. El raciocinio es, pues, un instrumento de juicio. En la argumentación se plantea la validez de las razones a favor o no de la conclusión, y en cada proposición se han de poder analizar la verdad de los juicios en la medida en que se de la adecuación entre lo que pensamos y lo que la realidad es.

En la autorreflexión un ser se vuelve sobre sí mismo y se conoce a sí mismo. Esto no consiste en examinar un problema o reflexionar sobre alguna cosa, sino en reflexionar sobre sí, o sea, puede decirse que conozco que conozco que conozco. Cuando un sujeto entiende una cosa, entiende que entiende esa cosa. En la autorreflexión, el acto de entender versa sobre el acto de entender.

CONCLUSIÓN

La RMf es una exploración eficaz que ha abierto amplios horizontes de investigación a científicos de todo el mundo, pero la fiabilidad de la RMf puede no ser tan alta como otras medidas científicas, aunque sea la mejor herramienta disponible para el estudio en vivo de la función cerebral.[26] Con la RMf no podemos identificar un concepto ni la elaboración de un juicio, aunque en estas operaciones se hallen involucrados múltiples áreas del cerebro, así como el concurso de los fenómenos neuroquímicos pertinentes. Aunque esta técnica de neuroimagen es una gran promesa para la expansión de nuestra comprensión del funcionamiento del cerebro humano, estamos todavía a años luz de ser capaces de desentrañar los intrincados mecanismos que determinan los fenómenos neurobiológicos y microscópicos que participan en la definición de nuestra conceptualización de la mente humana.

Como consecuencia de todo esto se deduce como corolario que mediante la RMf visualizamos actividad cerebral, pero encontrar una correlación entre los patrones de múltiples variables de la actividad cerebral y la categoría de un objeto determinado no implica necesariamente leer la mente y mucho menos saber como se elabora un proceso mental como el conocimiento o la autorreflexión.

REFERENCIAS

1. Thulborn KR. Clinical Funstional MR imaging en Magnetic Rosonance Imaging of the Brain and Spine. 3rd Ed. by Scott W. Atlas. Philadelphia: Lippinocott Williams & Witkins; 2002.
2. Naidich TP, Yoursay TA, Mathews VP, Anatomic Basis of Functional MR Imaging. Neuroimag Clin North Am 2001.
3. Gore JC. Principles and practice of functional MRI of the human brain. J Clin Invest 2003; 112: 4-9.
4. Mock BJ, Lowe MJ, Turski PA. Functional Magnetic Resonance Imaging. Vol III. 3a. Ed. Stark DD, Bradley WGJr (eds.) Mosby; 1999, p. 1555-74.
5. Jack CRJr, Thompson RM, Butts RK, Sharbrough FW, Kelly PJ, Hanson DP, et al. Sensory motor cortex: correlation of presurgical mapping with functional MR imaging and invasive cortical mapping. Radiology 1994; 190: 85-92.
6. Martínez-Rosas AR, Alonso-Vanegas M. Aspectos Neuropsicológicos de la Resonancia Magnética Funcional. Rev Ecu Neu 2007; 16: 2.
7. Bardin JC, Fins JJ, Katz DI, Hersh J, Heier LA, Tabelow K, Dyke JP, et al. Dissociations between behavioural and functional magnetic resonance imaging-based evaluations of cognitive function after brain injury. Brain 2011; 134: 769-82.
8. Sharma T. Insights and treatment options for psychiatric disorders guided by functional MRI. J Clin Invest 2003; 112: 10-18.
9. Siegle GJ, Carter CS, Thase ME. Use of fMRI to Predict Recovery From Unipolar Depression With Cognitive Behavior Therapy. Am J Psychiatry 2006; 163: 735-8.
10. Verhoeven JS, De Cock P, Lagae L, Sunaert S. Neuroimaging of autism. Neuroradiology 2010; 52: 3-14.
11. Deus J. ¿Se puede ver el dolor? Reumatol Clin 2009; 5: 228-32.
12. Jones AP, Hugges DG, Brette DS, Robinson L, Sykes JR, Aziz Q, et al. Experiences with functional magnetic resonance imaging at 1 tesla. Br J Radiol 1998; 71: 160-6.
13. Rao SM, Biner JR, Bandetitni PA, Hammke TA, Yetkin FZ, Jesmanowicz A, et al. Functional magnetic resonance imaging of complex human movements. Neurology 1993; 43: 2311-18.
14. Li A, Yetkin Z, Cox R, Haughton VM. Ipsilateral hemisphere activation during motor and sensory task. Am J Neuroradiol 1996; 17: 651-5.
15. Di Salle F, Formisano E, Linden DEJ. Exploring brain function with magnetic resonance imaging. Eur J Radiol 1999; 30: 84-94.

16. Limb CJ. Structural and Functional Neural Correlates of Music Perception. Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol 2006; 288: 435-46.
17. Maestú F, Quesney-Molina F, Ortiz-Alonso T, Campo P, Fernández-Lucas A, Amo C. Cognición y redes neurales: una nueva perspectiva desde la neuroimagen funcional. Rev Neurol 2003; 37: 962-6.
18. Vendrell P, Junque C, Pujol J. La resonancia magnética funcional: Una nueva técnica para el estudio de las bases cerebrales de los procesos cognitivos. Psicothema 1995; 7: 51-60.
19. Ross JS, Tkach J, Ruggieri PM, Lieber M, Lapresto E. The Mind□s Eye: Functional MR Imaging Evaluation of Golf Motor Imagery. *Am J Neuroradiol 2003;* 24: 1036-44.
20. Fulbright RK, Molfese DL, Stevens AA, Skudlarski P, Lacadie CM, GorE JC. Cerebral Activation during Multiplication: A Functional MR Imaging Study of Number Processing. *Am J Neuroradiol* 2000; 21: 1048-54.
21. Fernández-Mayoralas DM, Fernández-Jaén A, García-Segura JM, Quiñones-Tapia D. Neuroimagen en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad. Rev Neurol 2010; 50 (Suppl. 3): S125-S133.
22. Fleck DE, Eliassen JC, Durling M, Lamy M, Adler CM, Delbello MP, Shear PK, et al. Functional MRI of sustained attention in bipolar mania. Mol Psychiatry 2010; 105: 471-9.
23. Poldrack RA. Mapping Mental Function to Brain Structure: How Can Cognitive Neuroimaging Succeed? Perspectives on Psychological Science 2010; 5: 753-61.
24. Poldrack RA, Halchenko YO, Hanson SJ. Decoding the large-scale structure of brain function by classifying mental states across individuals. Psychol Sci 2009; 20: 1364-72.
25. Haynes JD, Rees G. Decoding mental states from brain activity in humans. Nat Rev Neurosci 2006; 7: 523-34.
26. Bennett CM, Miller MB. How reliable are the results from functional magnetic resonance imaging? Ann N Y Acad Sci 2010; 1191: 133-55.

Correspondencia: Dr. Amadeo Muntané Sánchez.
Hospital Universitari de Bellvitge. Feixa Llarga s/n. 08907 L'Hospitalet. Barcelona.
Correo electrónico: muntanesanchez@yahoo.es.

Artículo recibido: Enero 1, 2011.
Artículo aceptado: Junio 10, 2012.