

Cognición y redes neurales: una nueva perspectiva desde la neuroimagen funcional

F. Maestú^{a,b}, F. Quesney-Molina^{a,d}, T. Ortiz-Alonso^{a,c}, P. Campo^a, A. Fernández-Lucas^{a,c}, C. Amo^a

COGNITION AND NEURAL NETWORKS, A NEW PERSPECTIVE BASED ON FUNCTIONAL NEUROIMAGING

Summary. Aim. We went through a critical review of the current status of neuroimaging studies of cognition. Thus, we argue why the use of a neuronal network perspective could lead us to a better understanding of cognition than a localizationism perspective. Method. The question about how cognitive functions are organized in the brain, comes from the very early lesions studies. Electro-cortical stimulation and the intracarotid amytal procedure collaborate together with lesions studies to increase the knowledge about the organization of cognitive functions in the brain. Functional neuroimaging could help to this issue answering the following questions: where, when and how the activity is produced in the brain. Many of the functional neuroimaging studies have addressed the question of where the activity is located, but very few has been concentrated into describe the spatio-temporal profiles of brain activity, and then how the neural networks which support cognition are organized. Taking into account just one of this perspectives (where or when) we could achieve a reductionism view of the problem. Conclusions. Executive function, memory or language are more distributed than located in just one area, even the different subprocesses that are included in each of this functions are supported by a network rather than a particular area. We analyze the current available functional neuroimaging techniques under this view and its possibilities to describe the neural networks which support cognition. [REV NEUROL 2003; 37: 962-6]

Key words. ERPs. fMRI. Functional neuroimaging. MEG. Neural networks. PET.

INTRODUCCIÓN

Desde los albores de la humanidad, el hombre se ha preguntado acerca del centro corporal que organizaba las actividades mentales, a fin de intentar comprender fenómenos tan llamativos para las primeras civilizaciones como la epilepsia [1]. Así, muchos fenómenos psíquicos se atribuían entonces a causas sobrenaturales, esencialmente posesiones demoníacas o visiones místicas, y se postulaban diferentes regiones como centros de control del comportamiento humano: el corazón, el estómago, incluso un sistema de humores, justificaban las relaciones entre anatomía y función cognitiva [2].

Una vez que se identificó el cerebro como órgano necesario para el dominio y control de nuestra conducta, dos corrientes imperaron en gran parte del siglo XIX, equipotencialidad y localizaciónismo. Mientras que unos opinaban que todo el tejido neural estaba implicado en todas las funciones cognitivas (Flourens, 1794-1867), otros intentaron localizar la función cognitiva en compartimentos estancos, lo que alcanzó su auge con la llegada de la frenología (Gall, 1758-1832). Posteriormente, se ha demostrado que, si bien existen áreas cerebrales muy específicas en su función, otras participan en diferentes funciones cognitivas, sustentando el concepto de un modelo distribuido o de 'redes neurales', que probablemente tengan su origen en los trabajos de Hebb [3].

NEUROIMAGEN FUNCIONAL Y NEUROPSICOLOGÍA

Dos de los métodos que más nos han hecho avanzar hasta hoy en la comprensión de la organización cortical han sido la estimulación cortical intraoperatoria y el modelo de estudio basado en pacientes con lesión cerebral, o método lesional. Los primeros estudios con estimulación cortical de Penfield y Jasper [4] ya

revelaron tanto la especificidad como la compleja organización de las regiones cerebrales que sustentaban la conducta, un método que actualmente continúa indicándonos lo distribuidas que pueden estar en el cerebro las áreas que participan, por ejemplo, en el lenguaje expresivo [5]. Desde los estudios de Broca [6] hasta llegar al caso, por todos conocido, de cirugía de la epilepsia HM [7], el método lesional nos ha permitido observar y medir las funciones cognitivas alteradas y preservadas tras una precisa lesión cerebral, estableciendo el método de doble disociación y las primeras relaciones anatomofuncionales [8].

Aunque la irrupción de la neuropsicología basada en el conocimiento que han aportado los pacientes con lesión cerebral revolucionó la investigación de la organización cortical de los procesos cognitivos superiores, este método presenta algunas dificultades:

- Indica que un área participa en una función cognitiva, pero no sabemos cómo participan el resto de las áreas en esa misma función.
- Las lesiones difusas no permiten establecer relaciones anatomofuncionales.
- No es fácil generalizar a los sujetos normales y a otros pacientes los datos que se obtienen de un paciente con daño cerebral. Por ejemplo, las alteraciones de origen congénito o las lesiones que se adquieren en diferentes momentos del desarrollo conllevan modificaciones anatomofuncionales específicas; por tanto, no se puede sustentar una teoría sobre la organización cerebral de los procesos cognitivos a partir de estos resultados.
- Es difícil lograr homogeneidad en las muestras. Incluso en pacientes con la misma patología y con la lesión en la misma región cerebral, los resultados pueden ser enormemente dispares, y frecuentemente el trabajo se afronta con $N = 1$. Esta aproximación es esencial en la práctica clínica y nos obliga a diseñar programas de rehabilitación específicos para cada paciente.
- Hay un enmascaramiento de las alteraciones cognitivas, de tal manera que una alteración de uno o diferentes subcomponentes del proceso cognitivo 'atención' no nos permite valorar de forma adecuada otros procesos, como la memoria e incluso las funciones ejecutivas. Esto puede provocar interpretaciones erróneas sobre las relaciones anatomofuncionales.

Recibido: 03.02.03. Recibido en versión revisada: 31.07.03. Aceptado: 23.09.03.

^a Centro de Magnetoencefalografía Dr. Pérez-Modrego. ^b Departamento de Psicología Básica II (procesos cognitivos). ^c Departamento de Psicología Médica. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. ^d Montreal Neurological Institute. McGill University. Montreal, Quebec, Canadá.

© 2003, REVISTA DE NEUROLOGÍA

A pesar de estas dificultades, sobre este método de estudio están contruidos la mayor parte de los modelos imperantes en la actualidad en neurociencia cognitiva, que se utilizan habitualmente con enorme eficacia en la práctica clínica cotidiana. Sin embargo, alguna de dichas dificultades puede evitarse a través de las aportaciones que el estudio mediante procedimientos psicofisiológicos ofrece al conocimiento de la organización cortical de los procesos cognitivos superiores. De esta manera, algunas de las aportaciones de la neuroimagen funcional en este campo podrían ser las siguientes:

- Estudiar sujetos normales y, por tanto, tener acceso al funcionamiento cerebral sin el ‘artefacto’ que provoca la lesión cerebral, y generar patrones neurofuncionales de normalidad que nos permitan luego estudiar las variaciones en pacientes con diferentes patologías cerebrales.
- Corroborar los resultados que se obtengan por el método lesional, así como aportar nuevos conocimientos y teorías sobre el modo de operar de nuestros procesos cognitivos. Y, a su vez, ofrecer un sustrato psicofisiológico a los resultados que se consigan con los test cognitivos de lápiz y papel.
- Conocer cómo opera nuestro cerebro en diferentes contextos cognitivos: estrategias de aprendizaje, tareas cognitivas, etc.

Así, tradicionalmente, en neuropsicología se somete al sujeto experimental (control o paciente) a diferentes tareas cognitivas, y al observar su rendimiento, tanto desde una perspectiva cualitativa como cuantitativa, se puede realizar una inferencia sobre las relaciones ‘conducta-anatomía-función cognitiva’, basada esencialmente en los rendimientos, en esa misma tarea, obtenidos por otros pacientes en los que se conoce la localización de su lesión [8]. La neuropsicología basada en el modelo lesional nos ofrecería la experiencia suficiente como para solucionar el ‘problema inverso en neuropsicología’. Cuando nos encontramos ante un paciente con una lesión de origen desconocido, caso que se da frecuentemente en la cirugía de la epilepsia, podemos intentar establecer una relación anatómico-funcional gracias a los datos acumulados en grupos de pacientes con lesión conocida.

En los estudios de neuroimagen funcional también se somete al sujeto a una tarea cognitiva y se observa su rendimiento; pero, en este caso, también observamos directamente la actividad cerebral subyacente al rendimiento conductual en la tarea cognitiva propuesta; por tanto, obtenemos una solución directa, manteniendo cierto grado de inferencias numéricas, pero obteniendo una medida fisiológica de las operaciones cognitivas.

Fletcher y Henson [9] indican las ventajas de la neuroimagen funcional frente a la evaluación neuropsicológica tradicional:

- Delimitación más precisa del área en la que se produce la actividad cognitiva, indicando las áreas que no presentan el patrón esperado de actividad, que pueden considerarse en ciertos sujetos como áreas disfuncionales, o demostrando la generación de una red neural alternativa.
- Establecimiento de disociaciones anatómicas de subprocesos complejos (funciones ejecutivas), que permiten relacionar áreas con estrategias cognitivas.
- Descripción de las relaciones funcionales entre diferentes regiones cerebrales y las redes neurales que sustentan los procesos cognitivos básicos.
- Estudio más profundo del procesamiento cognitivo de los sujetos normales.

Otros aspectos podrían ser:

- Reducción de la morbilidad cognitiva en pacientes que van a someterse a cirugía cerebral, pues se puede cartografiar la función cognitiva para indicar las áreas que deben respetarse durante la intervención quirúrgica, si el tipo de patología cerebral lo permite.
- Conocer los cambios neurofuncionales que se producen tras una terapia farmacológica o cognitiva.
- Aumentar el conocimiento sobre las bases neurofisiológicas y neurofuncionales de diferentes patologías aún desconocidas.

Sin embargo, la neuropsicología ofrece enormes ventajas frente a la neuroimagen funcional. Las podemos resumir en los siguientes aspectos:

- Bajo costo, frente al altísimo costo económico de las pruebas de neuroimagen.
- Versatilidad y flexibilidad de la evaluación neuropsicológica, que puede modificar sus procedimientos para investigar cualitativamente los motivos por los que un sujeto realiza incorrectamente una tarea propuesta, frente a la rigidez de los procedimientos y protocolos de neuroimagen funcional, que difícilmente puede variarse *in situ* en función del rendimiento del paciente.
- Posibilidad de realizar la evaluación neuropsicológica en contextos lo más familiares y cómodos para el paciente, frente a la situación poco natural en la que se hallan los sujetos en cualquiera de las técnicas de neuroimagen existentes.
- El bagaje de conocimientos, con una posible aplicación clínica, que hoy por hoy se tiene en neuropsicología es todavía superior a los conocimientos que se obtienen mediante neuroimagen funcional.

DIFICULTADES DE DISEÑO E INTERPRETACIÓN

En ocasiones, los estudios de neuroimagen funcional de las últimas dos décadas han presentado, desde el punto de vista que se expresa en este trabajo, una serie de problemas, tanto en el diseño como en la interpretación de los resultados, que han dificultado la integración y creación de nuevos modelos cognitivos [10].

Problemas de diseño

- Pretender estudiar procesos aislados o aislar procesos es una utopía que carece de sentido desde la comprensión de la actividad cerebral basada en redes neurales [11]. De esta manera, se han intentado establecer procedimientos de sustracción de la actividad cerebral con el objetivo de aislar componentes específicos de procesos cognitivos más amplios. En nuestra opinión, la cognición no puede explicarse restando la actividad en una región menos la de otra; muy al contrario, es la suma de actividades en diferentes regiones y, por tanto, de diferentes procesos cognitivos activados paralelamente, lo que nos permite desarrollar conductas complejas y adaptativas.
- Falta de un marco teórico en el que basar los estudios. Se pretende conocer la actividad que subyace a una determinada tarea o test neuropsicológico sin un marco teórico que sustente los resultados y que nos permita integrarlos en una comprensión de la función cerebral más global.

Problemas de interpretación

- La activación regional nos dice poco acerca de la necesidad de esa área para la función que se estudia (necesidad de una tarea control).

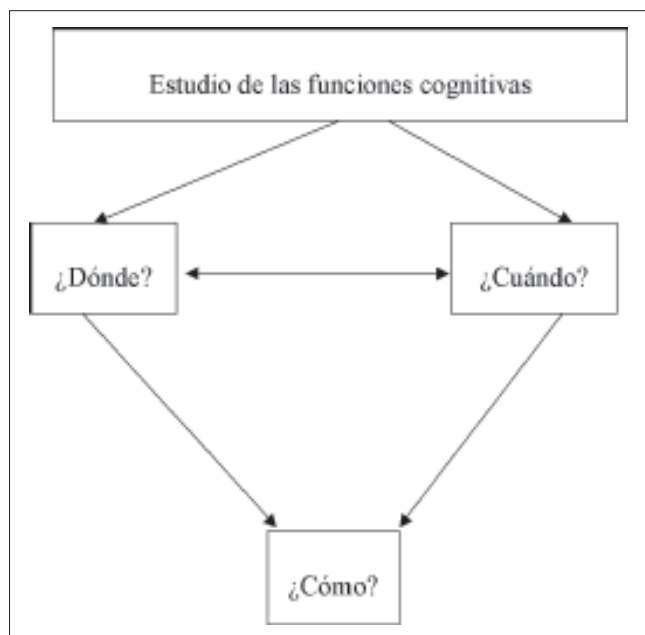


Figura 1. Esquema de la preguntas básicas en un estudio de funciones cognitivas mediante neuroimagen funcional.

- La atención se focaliza sobre las regiones de interés, o que confirman las hipótesis, y se obvian otras activaciones.
- Se sobreinterpretan los resultados, en ocasiones basándose en epifenómenos de activación no siempre relacionados con la tarea que se aplica.
- Hipersensibilidad de la técnica de medida empleada para la captación de actividad en regiones cerebrales concretas, como áreas más vascularizadas o con una disposición morfológica propicia, libre de posibles artefactos.
- La falta de actividad se interpreta como la no aparición del proceso en una región determinada, en vez de falta de sensibilidad de la técnica para el registro de esa actividad.

NUEVA FRENOLOGÍA O ESTUDIO DE REDES NEURALES

Desde una perspectiva cognitiva global hay que preguntarse si los datos obtenidos mediante neuroimagen funcional realmente han aportado nuevos modelos que expliquen de manera más adecuada la organización de las funciones cognitivas, o al menos hayan desafiado la veracidad de los modelos construidos con pruebas de lápiz y papel. Probablemente, la respuesta, para la mayor parte de las funciones cognitivas, sea negativa. Los modelos tradicionales de memoria, atención y lenguaje no han variado sustancialmente debido a los datos que aporta la neuroimagen; incluso han seguido evolucionando basándose en el modelo lesional tradicional. Se podría decir que la neuroimagen ha ido a la zaga, y se ha limitado a ofrecer un sustrato fisiológico localizacionista de las teorías cognitivas tradicionales.

Si nos planteáramos cuáles son las preguntas que un estudio de neuroimagen funcional puede contestar, básicamente, se podrían reducir a tres [12]:

- *Dónde*: en qué área o áreas aparece la actividad cerebral.
- *Cuándo*: en qué momento temporal se activa una determinada área, y si la actividad se produce en serie o en paralelo.
- *Cómo*: cómo se organiza la actividad cerebral tras provocar un determinado proceso cognitivo (Fig. 1).

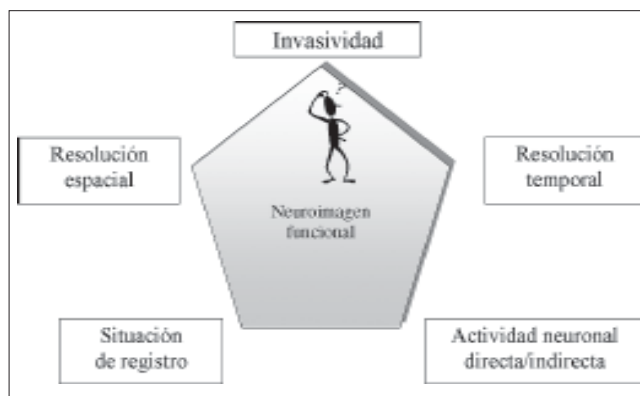


Figura 2. Factores a tener en cuenta en un registro mediante neuroimagen funcional.

Probablemente hemos pasado más de dos décadas concentrándonos en una sola de estas preguntas: ¿dónde se produce la actividad cerebral?, considerando en muchas ocasiones planteamientos localizacionistas que podríamos denominar como ‘nueva frenología’ [11]. Indicar que un fusible pertenece a una radio nos dice poco acerca de su importancia y papel dentro del sistema. Una radio es la suma de unos componentes específicos, y todos ellos son necesarios para que la radio pueda llevar a cabo su función. Con este ejemplo, muy utilizado en neurociencia básica, se plantea que el hecho de localizar una función o subproceso en un área no es más que una solución reduccionista-parcial, y es muy probable que la función cognitiva se sustente sobre una red neuronal distribuida, más que en una región específica [13]. Es difícil pensar que el subcomponente de la función ejecutiva ‘planificación de la conducta’ se sustente sobre la región prefrontal dorsolateral o dorso-medial, o incluso en el polo frontal [14]. Lo que realmente indica esta disparidad de resultados es que ese subcomponente no puede explicarse por la activación singular de una de esas regiones, sino más bien por la activación en serie o en paralelo de todas ellas (en una secuencia y tiempo específicos), y seguramente por otras áreas corticales y subcorticales, lo que define así una red neural. Este complejo entramado neural quedaría entonces conformado por la aportación de una cualidad singular de cada una de las diferentes áreas cerebrales activadas, tomando una distribución espaciotemporal específica para esa red y ese sujeto, en la que es muy probable que el momento de activación de cada área aporte una información relevante al resultado final.

Bajo este planteamiento, ¿cuál sería la técnica de neuroimagen ideal para medir la función cognitiva? Siguiendo el esquema de la figura 2, estos factores definen la técnica de neuroimagen ideal:

- *Resolución espacial*: debe ser una técnica que nos permita localizar la activación cerebral con un error máximo de milímetros.
- *Resolución temporal*: que sea capaz de medir la actividad cerebral en tiempo real, es decir, en milisegundos.
- *Situación de registro*: que la situación de captación de la actividad sea lo más cómoda, poco estresante y realista posible.
- *Tipo de actividad*: unos procedimientos registran el flujo sanguíneo necesario para aportar los recursos energéticos al área cerebral que presenta una actividad, lo que constituye una medida indirecta de la actividad neuronal. Otras técnicas medirían la actividad eléctrica o magnética, que es la que genera directamente la actividad neuronal.
- Pero, probablemente, por encima de todo se debe considerar el *grado de invasividad*. Si pretendemos realizar estudios tanto

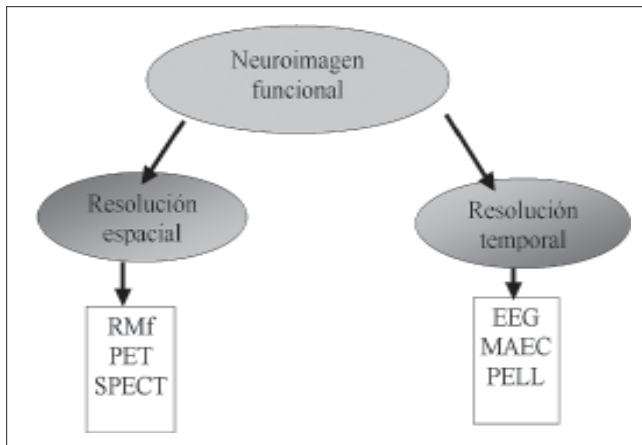


Figura 3. Agrupación de las técnicas de neuroimagen funcional según sus características de resolución espacial y temporal. RMf: resonancia magnética funcional; PET: tomografía por emisión de positrones; SPECT: tomografía estandarizada por emisión de fotón único; EEG: electroencefalografía; MAEC: magnetoencefalografía; PELL: potenciales evocados de larga latencia.

con sujetos normales como con pacientes con diversas patologías, debemos utilizar técnicas de registro que presenten una invasividad nula o, al menos, que sean mínimamente invasivas.

Basándonos en este esquema, podríamos dividir las técnicas de neuroimagen funcional en dos grandes subgrupos (Fig. 3), las que presentan una gran resolución espacial y las que presentan una gran resolución temporal. El primer grupo lo formarían, entre otras, la resonancia magnética funcional (RMf), la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía por emisión de fotón único (SPECT). Quizá la técnica que en este grupo presenta una mayor precisión espacial sea la RMf. El segundo gran grupo lo formarían aquellos procedimientos que pueden medir la actividad neuronal en milisegundos, es decir, en tiempo real; son esencialmente todos los que derivan de la electroencefalografía (EEG), como los potenciales relacionados con eventos discretos (PRED), también incorrectamente denominados [15] potenciales evocados de larga latencia (PELL).

El primer grupo presenta la ventaja de ofrecer una gran resolución espacial, pero plantea el inconveniente de obtener una pobre resolución temporal; el flujo sanguíneo comienza casi 5 s después del inicio de la actividad neuronal [16]. Por otro lado, el segundo grupo puede medir la actividad en milisegundos, pero su resolución espacial es menor, con lo que se obtiene un error del orden del centímetro en las actividades que se generan en superficie, pero puede ser aun mayor en zonas profundas. Si bien esta dificultad de los PRED se está limando con la implementación de nuevos paquetes de análisis (como BESA), estos procedimientos todavía no han demostrado una total eficacia.

Por tanto, parece que carecemos de una técnica que nos ofrezca una buena resolución espaciotemporal de la actividad cerebral. Sólo la combinación de diferentes técnicas está aportando nuevas alternativas para la solución de este problema. Un ejemplo de ello sería la combinación entre una técnica morfológica, como la resonancia magnética (RM) y la magnetoencefalografía (MEG), que mide los campos magnéticos generados por el flujo de corriente eléctrica intracelular a través de las dendritas de las neuronas piramidales [17]. Al ser la MEG un procedimiento que permite medir la actividad neuronal directa de forma completamente no invasiva y que presenta una resolución temporal de milisegundos [18], cuando

se fusionan sus datos con los de una RM anatómica, se consigue una precisión espacial del orden de los milímetros, con lo que se convierte en uno de los procedimientos más esperanzadores para el estudio de la función cognitiva [19].

Otras técnicas, como el EEG, la PET y las medidas que se basan en las propiedades magnéticas del flujo sanguíneo, como la RMf, también optaron por este procedimiento de fusión sobre una imagen de RM anatómica para alcanzar una mejor resolución espacial.

Sin embargo, lejos de creer que estas técnicas de neuroimagen son excluyentes, hemos de considerar que la riqueza de datos que se obtiene al combinar los diferentes procedimientos puede ser muy útil, ya que cada una de ellas muestra una perspectiva diferente de la actividad cerebral, metabólica, de flujo, eléctrica o magnética. Así, son múltiples los estudios [20] en los que tanto los pacientes como los sujetos control se someten a dos de estos procedimientos, como la MEG y la RMf, y se obtienen resultados complementarios [21,22]. De forma más reciente se están combinando MEG-PRED [23] o RMf-PRED [24], aunque todavía de manera puramente experimental.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha pretendido realizar un análisis crítico de las tendencias actuales en el estudio de la función cognitiva mediante técnicas de neuroimagen funcional. En esencia, aunque en la década de los ochenta se pensó que la neuroimagen funcional respondería a todas las cuestiones sin resolver en la neurociencia cognitiva, actualmente estamos ante una situación más realista y descriptiva [10].

Quizá uno de los grandes problemas en los estudios de neuroimagen funcional de las últimas dos décadas haya sido un planteamiento excesivamente localizacionista, en el que se han pretendido aislar subcomponentes de procesos en vez de intentar comprender la red neural que sustenta cada uno de ellos, así como la función cognitiva compleja. Seguramente, podemos establecer un paralelismo entre la búsqueda del área en el que se almacenan las memorias, que tanto debate provocó tras las primeras resecciones selectivas del hipocampo en los años cincuenta, y la actual obsesión por conocer el área única sobre la que se sustenta el sistema ejecutivo central. Incluso hoy [25], para el padre de esa teoría, el concepto de sistema ejecutivo central es multidimensional e implica la participación de diferentes procesos atencionales y de memoria. Este planteamiento nos podría dar una idea de lo relacionados que están los distintos subcomponentes de diferentes funciones, de tal manera que, desde el punto de vista fisiológico, nos es casi imposible disociar realmente 'la memoria verbal del lenguaje' o 'la atención de la memoria'. Por tanto, es probable que sea necesario un cambio de intención en el estudio de los procesos cognitivos mediante neuroimagen para comprender la compleja estructuración de los procesos cognitivos en el cerebro. Una aproximación podría ser el estudio de la función cognitiva desde la perspectiva de las redes neurales, para así valorar los patrones espaciotemporales de la actividad cerebral que se distribuye, sin establecer compartimentos estanco o un reduccionismo [19], que incluso puede tornarse equívoco en funciones como el lenguaje [26,27].

Aunque poseemos las herramientas para lograr en gran medida estos objetivos, no hemos sabido combinarlas, y hemos obtenido, desde cada perspectiva, soluciones inexactas a un problema común. Parece ser necesaria la combinación de varias técnicas de registro de la actividad cerebral para obtener una aproximación optimizada al proceso cognitivo básico y, por tanto, de la red o redes neurales que lo sustentan.

BIBLIOGRAFÍA

- García-Albea E. Historia de la epilepsia. Barcelona: Masson; 1999.
- Gibson WC. Pioners of localization of function in the brain. JAMA 1962; 180: 944-51.
- Hebb D. The organization of behavior: a neuropsychology theory. New York: Wiley; 1949.
- Penfield J, Jasper H. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain. Boston: Little-Brown; 1954.
- Ojeman G. Mapping of neuropsychological language parameters at surgery. Int Anesthesiol Clin 1986; 24: 115-31.
- Broca P. Perte de la parole. Ramolissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. Bulletins de la Société Antropologique de Paris 1861; 2: 219.
- Scoville W, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1957; 20: 11-21.
- Ellis AW, Young AW. Neuropsicología cognitiva humana. Barcelona: Masson; 1992.
- Fletcher PC, Henson RN. Frontal lobes and human memory: insights from functional neuroimaging. Brain 2001; 124: 849-81.
- Silbersweig D, Stern E. Functional neuroimaging and neuropsychology: convergence, advances and new directions. J Clin Exp Neuropsychol 2001; 23: 1-2.
- Uttal WR. The new phrenology: the limits of localizing cognitive processes. London: MIT Press; 2001.
- Maestú F, Ortiz T, Fernández A, Amo C, Martín P, Fernández S, et al. Spanish language mapping using MEG: a validation study. Neuroimage 2002; 17: 1579-86.
- Nyberg L, McIntosh AR. Functional neuroimaging: network analyses. In Cabeza R, Kingstone A, eds. Handbook of functional neuroimaging of cognition. Cambridge: MIT Press; 2001.
- Manes F, Sahakian B, Clark L, Rogers R, Antoun N, Aitken M, et al. Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. Brain 2002; 125: 624-39.
- Carretie L, Iglesias J. Psicofisiología: fundamentos metodológicos. Madrid: Pirámide; 1995.
- Toga AW, Mazziotta JC. Brain mapping: the methods. San Diego: Academic Press; 1996.
- Ortiz A, Fernández A, Maestú F, Amo C, Sequeira C. Magnetoencefalografía. Madrid: Longares; 2001.
- Maestú F, Fernández A, Simos PG, Gil-Gregorio P, Amo C, Rodríguez R, et al. Spatio-temporal patterns of brain magnetic activity during a memory task in Alzheimer's disease. Neuroreport 2001; 12: 3917-21.
- Maestú F, Simos PG, Campo P, Fernández A, Paúl N, Amo C, et al. Modulation of brain magnetic activity by different verbal learning strategies. Neuroimage [in press].
- Maestú F, Arrazola J, Fernández A, Gil-Gregorio P, Amo C, Ortiz T. Do cognitive patterns of brain magnetic activity correlate with cerebral atrophy in Alzheimer's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2003; 74: 208-12.
- Muñoz-Céspedes JM, Ríos M, Paúl N, Maestú F, Álvarez-Linera J, Fernández A, et al. Attention and executive control process: a MEG, fMRI and neuropsychological study. J Int Neuropsychol Soc 2003; 9: 573.
- Paúl N, Maestú F, Muñoz-Céspedes JM, Ríos M, Álvarez-Linera J, Fernández A, et al. Correlates of episodic memory encoding: a MEG, fMRI and neuropsychological study. J Int Neuropsychol Soc 2003; 9: 579.
- Kasai K, Yamada H, Kamio S, Nakagome K, Iwanami A, Fukuda M, et al. Do high or low doses of anxiolytics and hypnotics affect mismatch negativity in schizophrenics subjects? An EEG and MEG study. Clin Neurophysiol 2002; 113: 141-50.
- Horovitz SG, Skudlarski P, Gore JC. Correlations and dissociations between BOLD signal and P300 amplitude in an auditory oddball task: a parametric approach to combining fMRI and ERP. Magn Reson Imaging 2002; 20: 319-25.
- Baddeley A. Is working memory still working? Am Psychol 2001; 85: 1-64.
- Maestú F, Saldaña C, Amo C, Hidalgo M, Fernández A, Mata P, et al. Can small lesions induce cortical reorganization as large lesions do? Brain Lang [in press].
- Simos PG, Castillo EM, Fletcher M, Francis DJ, Maestú F, Breier JJ, et al. Mapping of receptive language cortex in bilingual volunteers by using magnetic source imaging. J Neurosurg 2001; 95: 76-81.

COGNICIÓN Y REDES NEURALES: UNA NUEVA PERSPECTIVA DESDE LA NEUROIMAGEN FUNCIONAL

Resumen. Objetivo. Realizar una revisión crítica del estado actual de los estudios por neuroimagen de la cognición. También exponemos nuestras razones que explican por qué el empleo de una perspectiva de red neuronal podría llevarnos a una mejor comprensión de la cognición que un enfoque basado en el localizacionismo. Desarrollo. La cuestión de cómo se organizan las funciones cognitivas en el cerebro se remonta a los primeros estudios de lesiones. El uso combinado de la estimulación electrocortical y el test de amital intracarotídeo con los estudios de lesiones permite profundizar en el conocimiento de la organización de las funciones cognitivas en el cerebro. En este sentido, la resonancia magnética funcional podría ayudarnos a encontrar respuestas a preguntas como: ¿dónde, cuándo y cómo se produce la actividad en el cerebro? Numerosos estudios de resonancia magnética funcional han abordado la pregunta de la localización de la actividad. Sin embargo, muy pocos se han centrado en la descripción de los perfiles espaciotemporales de la actividad cerebral, y posterior explicación de cómo se organizan las redes neuronales que sostienen la cognición. Si consideramos sólo uno de estos enfoques (dónde o cuándo), podríamos alcanzar una perspectiva reduccionista del problema. Conclusiones. El funcionamiento ejecutivo, la memoria o el lenguaje se encuentran repartidos por el cerebro en vez de estar localizados en una sola región, y los distintos subprocesos que pueden estar incluidos en cada una de estas funciones también cuentan con el apoyo de una red, en vez de estar limitados a una zona concreta. Analizamos las técnicas de resonancia magnética funcional actualmente disponibles bajo esta perspectiva y las posibilidades que ofrecen para la descripción de las redes neuronales que sostienen la cognición. [REV NEUROL 2003; 37: 962-6]

Palabras clave. ERP. MEG. Neuroimagen funcional. PET. Redes neuronales. RMf.

COGNIÇÃO E REDES NEURAIIS: UMA NOVA PERSPECTIVA DESDE A NEUROIMAGEM FUNCIONAL

Resumo. Objectivo. Realizar uma revisão crítica do estado actual dos estudos por neuroimagem da cognição. Também expomos as nossas razões que explicam por que razão a utilização de uma perspectiva de rede neuronal poderia levar-nos a uma melhor compreensão da cognição que um critério baseado no localizacionismo. Método. A questão de como se organizam as funções cognitivas no cérebro remonta aos primeiros estudos de lesões. O uso combinado da estimulação electrocortical e o teste de amital intra-carotídeo com os estudos de lesões permite aprofundar o conhecimento da organização das funções cognitivas no cérebro. Neste sentido, a ressonância magnética funcional poderia ajudar-nos a encontrar respostas a perguntas como: onde, quando e como se produz a actividade no cérebro? Numerosos estudos de ressonância magnética funcional abordaram a pergunta da localização da actividade. Contudo, muito poucos concentraram-se na descrição dos perfis espaço-temporais da actividade cerebral, e posterior explicação de como se organizam as redes neuronais que sustentam a cognição. Se considerarmos apenas uma destas abordagens, (onde e quando), poderíamos alcançar uma perspectiva reducionista do problema. Conclusões. O funcionamento executivo, a memória ou a linguagem encontram-se repartidos pelo cérebro em vez de estarem localizados numa só região, e os distintos sub-processos que podem estar incluídos em cada uma destas funções também contam com o apoio de uma rede em vez de estarem limitados a uma zona concreta. Analisamos as técnicas de ressonância magnética funcional actualmente disponíveis sob esta perspectiva, e as possibilidades que oferecem para a descrição das redes neuronais que sustentam a cognição. [REV NEUROL 2003; 37: 962-6]

Palavras chave. ERP. MEG. Neuroimagem funcional. PET. Redes neuronais. RMf.