

# N

## Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana

### Julio César Flores Lázaro

Laboratorio de Psicofisiología y Neuropsicología, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México y División Académica de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México.

### Feggy Ostrosky-Solís

Jefa del Laboratorio de Psicofisiología y Neuropsicología, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.

Correspondencia: Feggy Ostrosky-Solís. Rivera de Cupia 110-71., Col. Lomas de Reforma. México, D. F., C.P. 11900. Correo electrónico: [feggy@servidor.unam.mx](mailto:feggy@servidor.unam.mx)

#### Agradecimiento

Proyecto parcialmente financiado con el apoyo otorgado a la Dra. Feggy Ostrosky por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (49127-H) y por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (IN31260).

### Resumen

El objetivo de este artículo es proporcionar una visión integrativa de la neuropsicología de los lóbulos frontales, su organización funcional básica y las funciones cognitivas y conductuales que soporta, entre ellas las funciones ejecutivas. Los lóbulos frontales son las estructuras cerebrales de más reciente evolución en la especie humana, presentan la organización funcional más compleja y diversa del cerebro humano. Se dividen funcionalmente en tres grandes áreas: orbital, medial y dorsolateral, en éste artículo se presenta un revisión básica de las funciones neuropsicológicas soportadas por cada una de estas áreas. Esta revisión pretende aportar al lector una comprensión básica de la neuropsicología de los lóbulos frontales y de su aportación heterogénea a la conducta humana.

*Palabras clave:* Lóbulos frontales, neuropsicología, funciones ejecutivas, conducta humana.

### Summary

The article objective is to bring an integrative perspective on frontal lobe neuropsychology, the basics concepts in frontal lobes functional organization and the behavioural and cognitive functions supported by these brain areas. The frontal lobes are the most recent developed brain areas in the human specie; they present the most complex and diverse functional organization of the human brain. They are functional divided in three large areas: orbital, medial and dorsolateral, a basic review of the neuropsychological functions supported by each one of these areas is presented in this article. This review pretends to provide a basic understanding of frontal lobe neuropsychology and its

heterogeneous influence in human behaviour.

*Key words:* Frontal lobe, neuropsychology, executive functions, human behaviour.

## Introducción

El objetivo de este artículo es proporcionar una visión integrativa de las propiedades neuropsicológicas de los lóbulos frontales, las funciones que soporta, entre ellas las funciones ejecutivas, y su aporte heterogéneo a los distintos aspectos de la conducta humana.

Los lóbulos frontales son las estructuras cerebrales de más reciente desarrollo y evolución en el cerebro humano, su perfeccionamiento en los primates se relaciona con la necesidad de un control y coordinación más compleja de los procesos cognitivos y conductuales que emergieron a través de la filogénesis de estas especies (Fuster, 2002).

Desde un punto de vista neuropsicológico los lóbulos frontales representan un sistema de planeación, regulación y control de los procesos psicológicos (Luria, 1986); permiten la coordinación y selección de múltiples procesos y de las diversas opciones de conducta y estrategias con que cuenta el humano; organizan las conductas basadas en motivaciones e intereses, hacia la obtención de metas que sólo se pueden conseguir por medio de procedimientos o reglas (Miller & Cohen, 2001). También participan de forma decisiva en la formación de intenciones y programas, así como en la regulación y verificación de las formas más complejas de la conducta humana (Luria, 1989).

Debido a esta capacidad de regular, planear y supervisar los procesos

psicológicos más complejos del humano, se considera que los lóbulos frontales representan el “centro ejecutivo del cerebro” (Goldberg, 2001).

El daño o la afectación funcional de los lóbulos frontales tienen consecuencias muy heterogéneas e importantes en las conductas más complejas del humano, desde alteraciones en la regulación de las emociones y la conducta social, hasta alteraciones en el pensamiento abstracto y la metacognición (Stuss & Levine, 2000). Por lo que es necesario contar con un conocimiento lo más completo posible sobre sus propiedades neuropsicológicas.

## Neuroanatomía funcional de los lóbulos frontales

Los lóbulos frontales son las estructuras más anteriores de la corteza cerebral, se encuentran situadas por delante de la cisura central y por encima de la cisura lateral. Se dividen en tres grandes regiones: la región orbital, la región medial y la región dorsolateral; cada una de ellas están subdividida en diversas áreas. A continuación se revisan de forma breve las características funcionales y anatómicas de estas áreas.

- *Corteza frontal dorsolateral*

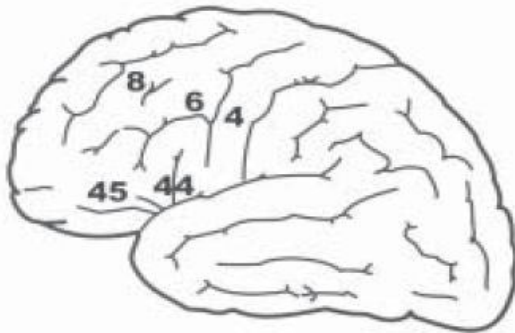
La corteza frontal dorsolateral es la región más grande y filogenéticamente más nueva de la corteza frontal, principalmente su región media y anterior (Stuss & Levine, 2000). Se divide en cuatro áreas principales: corteza motora, premotora, dorsolateral y anterior.

- *Corteza motora y premotora*

La corteza motora (ver figura 1) participa en el movimiento específico de los músculos estriados de las diferentes partes del

cuerpo. Por su parte la corteza premotora permite la planeación, organización y ejecución secuencial de movimientos y acciones complejas. La región más anterior de la corteza motora suplementaria se relaciona con la selección y preparación de los movimientos, mientras que su porción posterior se relaciona principalmente con la ejecución de los mismos. Tres áreas que involucran regiones premotoras y motoras suplementarias se encuentran particularmente muy desarrolladas en el humano: 1) el campo oculomotor (área de Brodmann [AB] 8), involucrado en la percepción y síntesis de información visual compleja; 2) el área de Broca (AB 44 y 45), relacionada con los aspectos más complejos del lenguaje como la sintaxis; y 3) el área de control del movimiento complejo de las manos y dedos (AB 6 y 4) (corteza premotora lateral) (Passingham, 1995).

Corteza motora y premotora.



Nota: las coordenadas sólo son ilustrativas.

*Figura 1.* Representación esquemática de una vista lateral en donde se señalan las distintas áreas de la corteza motora y premotora. La numeración señala las áreas de acuerdo al mapa de Brodmann (Brodmann, 1908).

- *Corteza prefrontal dorsolateral*

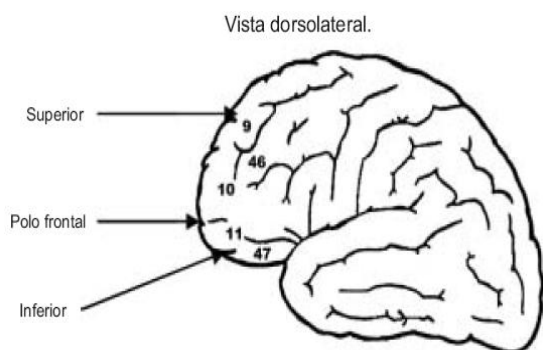
La región anterior a la corteza motora y premotora se denomina corteza prefrontal (CPF) (ver figura 2) y, en comparación con los primates más cercanos, representa la

estructura neo-cortical más desarrollada (Ongur, Ferry, & Price, 2003), particularmente su porción más anterior (AB 10), presenta un desarrollo y organización funcional exclusivos de la especie humana (Stuss & Levine, 2000). Estas zonas se consideran regiones de asociación supramodal o cognitivas ya que no procesan estímulos sensoriales directos (Fuster, 2002). Se ha encontrado una mayor relación de sustancia blanca/sustancia gris en la CPF en el humano en comparación con otros primates no-humanos, destacando la importancia que esto tiene para las conexiones funcionales entre las diversas zonas de la CPF, así como de sus conexiones con la corteza posterior y subcortical (Schoenemann, Seehan, & Glotzer, 2005).

La región dorsolateral de la CPF se denomina corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL). Se divide funcionalmente en dos porciones: dorsolateral y anterior, y presentan tres regiones: superior, inferior y polo frontal.

La porción dorsal se encuentra estrechamente relacionada con los procesos de planeación, memoria de trabajo, fluidez (diseño y verbal), solución de problemas complejos, flexibilidad mental, generación de hipótesis, estrategias de trabajo, seriación y secuenciación (Stuss & Alexander, 2000); procesos que en su mayoría se consideran *funciones ejecutivas* (FE). Las porciones más anteriores (polares) de la corteza prefrontal dorsolateral (AB 10) se encuentran relacionadas con los procesos de mayor jerarquía cognitiva como la metacognición, permitiendo la auto-evaluación (monitoreo) y el ajuste (control) de la actividad en base al desempeño continuo (Fernandez-Duque, Baird, & Posner, 2000; Kikyo, Ohki, &

Miyashita, 2002; Maril, Simons, Mitchell, & Schwartz, 2003) y en los aspectos psicológicos evolutivos más recientes del humano, como la cognición social y la conciencia autooética o auto-conocimiento (integración entre la conciencia de sí mismo y el conocimiento autobiográfico), logrando una completa integración de las experiencias emocionales y cognitivas de los individuos (Stuss & Levine, 2000).



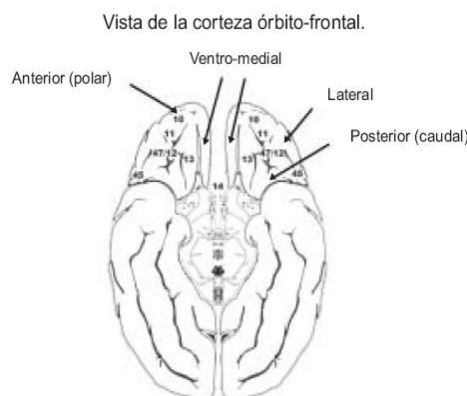
Numeración de acuerdo a Petrides y Pandya (2002).  
Nota: las coordenadas sólo son ilustrativas.

Figura 2. Visión esquemática de las distintas áreas de la CPF DL.

- **Corteza orbitofrontal**

La corteza orbitofrontal (COF) es parte del manto arquicortical que proviene de la corteza olfatoria caudal-orbital (ver figura 3) (Stuss & Levine, 2000). Se encuentra estrechamente relacionada con el sistema límbico, y su función principal es el procesamiento y regulación de emociones y estados afectivos, así como la regulación y el control de la conducta (Damasio, 1998). Además, está involucrada en la detección de cambios en las condiciones ambientales tanto negativas como positivas (de riesgo o de beneficio para el sujeto), lo que permite realizar ajustes a los patrones de comportamiento en relación a cambios que ocurren de forma rápida y/o repentina en el ambiente o la situación en que los sujetos se desenvuelven (Rolls, 2000). Participa de

forma muy importante en la toma de decisiones basadas en la estimación del riesgo-beneficio de las mismas (Bechara, Damasio, & Damasio, 2000). La COF se involucra aun más en la toma de decisiones ante situaciones inciertas, poco especificadas o impredecibles, se plantea que su papel es la marcación de la relevancia (emocional) de un esquema particular de acción entre muchas opciones más que se encuentran disponibles para la situación dada (Elliot, Dolan, & Frith, 2000). En particular su región ventro-medial (AB 13) se ha relacionado con la detección de situaciones y condiciones de riesgo, en tanto que la región lateral (AB 47 y 12) se ha relacionado con el procesamiento de los matices negativo-positivo de las emociones (Bechara et al., 2000).



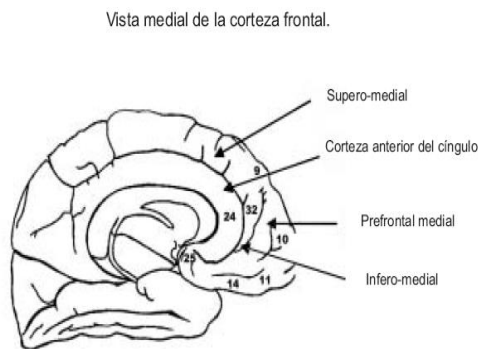
Numeración de acuerdo a Petrides y Pandya (2002) y Ongur y cols. (2003).  
Nota: Las coordenadas sólo son ilustrativas.

Figura 3. Representación esquemática de las distintas áreas de la COF.

- **Corteza frontomedial**

La corteza frontomedial (CFM) participa activamente en los procesos de inhibición, en la detección y solución de conflictos, así como también en la regulación y esfuerzo atencional (Badgaiyan & Posner, 1997). Además, participa en la regulación de la agresión y de los estados motivacionales (Fuster, 2002). Se considera que la corteza del cíngulo anterior (AB 24) funciona de

forma integrada con esta región (Miller & Cohen, 2001). Su porción inferior (infero-medial: AB 32) está estrechamente relacionada con el control autonómico, las respuestas viscerales, las reacciones motoras y los cambios de conductancia de la piel, ante estímulos afectivos (Ongur et al., 2003); mientras que la porción superior (supero-medial) se relaciona más con los procesos cognitivos (Burgess, 2000). Las porciones más anteriores de la corteza frontomedial (prefrontal medial: AB 10), se encuentran involucradas en los procesos de mentalización (teoría de la mente) (Shallice, 2001).



Numeración de acuerdo a Petrides y Pandya (2002) y Ongur y cols. (2003).  
Nota: las coordenadas sólo son ilustrativas.

**Figura 4.** Se observa de forma esquemática las zonas de la corteza frontomedial.

- *Diferencias hemisféricas*

Existen importantes diferencias entre el funcionamiento de la CPF izquierda y la CPF derecha. La CPF izquierda, está más relacionada con los procesos de planeación secuencial, flexibilidad mental, fluidez verbal, memoria de trabajo (información verbal), estrategias de memoria (material verbal), codificación de memoria semántica y secuencias inversas (Morris, Ahmed, Syed, & Toone, 1993); así como en el establecimiento y consolidación de rutinas o esquemas de acción que son utilizados con frecuencia (Goldberg, 2001). La CPF

derecha se relaciona más con la construcción y diseño de objetos y figuras, la memoria de trabajo para material visual, la apreciación del humor (Geschwind & Iacoboni, 1999), la memoria episódica, la conducta y la cognición social (Shammi & Stuss, 1999), así como en la detección y el procesamiento de información y situaciones nuevas (Goldberg, 2001).

La CPF izquierda se relaciona más con decisiones que tienen una lógica, condiciones determinadas y un espacio de decisión conocido; a este tipo de decisiones se le ha denominado “verídicas”, ya que con independencia del sujeto que las haga el resultado es prácticamente el mismo, por ejemplo, ante la situación: ¿qué línea de metro tomo para ir a la universidad? únicamente hay una respuesta correcta y esta decisión se realizará con relativa independencia del sujeto que la haga.

En cambio la CPF derecha se relaciona más con decisiones subjetivas y adaptativas que no son lógicas, son relativas al momento y espacio de un sujeto en particular, sus condiciones no son claras ni el espacio en donde se desarrollan son completamente conocidos (i.e., situaciones de la vida diaria como: ¿qué ropa me pondré hoy para ir al cine?, ¿qué película veo? ¿voy al cine ó al teatro?) (Goldberg & Podell, 1999).

A pesar de que la mayoría de las diferencias hemisféricas citadas se relacionan principalmente con la CPFDL, algunas de ellas dependen de otras regiones de la CPF ó incluso de toda la CPF en su conjunto.

### **Lóbulos frontales y funciones ejecutivas**

Las funciones más complejas del humano, entre ellas las *funciones ejecutivas* (FE) son soportadas principalmente por la corteza

prefrontal (Goldberg, 2001), participan en el control, la regulación y la planeación eficiente de la conducta humana, también permiten que los sujetos se involucren exitosamente en conductas independientes, productivas y útiles para sí mismos (Lezak, Howieson, & Loring, 2004).

Se definen como un proceso o una serie de procesos cuyo principal objetivo es facilitar la adaptación a situaciones nuevas, opera por medio de la modulación o el control de habilidades cognitivas más básicas; estas habilidades o rutinas son procesos sobreaprendidos por medio de la práctica o la repetición e incluyen habilidades motoras y cognitivas, como la lectura, la memoria o el lenguaje (Burgess, 1997). Representan un sistema cuyo desempeño es optimizado en situaciones que requieren la operación de diversos procedimientos cognitivos, este sistema se necesita aun más cuando se tienen que formular nuevos planes de acción, al igual que cuando se necesita seleccionar y programar secuencias apropiadas de respuesta (Robbins, 1998). Debido a que en la mayoría de las situaciones de la vida diaria es necesario hacer adaptaciones conductuales, también permiten la creación de patrones nuevos de procesamiento cuando no existen esquemas que puedan enfrentar la situación (Burgess, 1997).

Aunque se ha identificado y estudiado un número importante de ellas, no existe una función ejecutiva unitaria, existen diferentes procesos que convergen en un concepto general de las funciones ejecutivas (Fernandez-Duque et al., 2000). Entre todas las descritas destacan: la planeación, el control conductual, la flexibilidad mental, la memoria de trabajo y la fluidez.

- *Planeación*

La planeación es una de las capacidades más importantes de la conducta humana, se define como la capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr metas a corto, mediano o largo plazo (Tsukiura, Fujii, & Takahashi, 2001). En algunas ocasiones la planeación no sólo se realiza en una sola dirección, con frecuencia se realizan pasos indirectos o en sentido inverso (para lo cual también se requiere de flexibilidad mental, otra función ejecutiva importante) que al seriarse con los pasos directos, se consigue llegar a la meta planteada (Luria, 1986). Por medio de estudios de neuroimagen funcional se ha encontrado que las porciones dorsolaterales de la CPF, son las áreas que se encuentran principalmente involucradas en los procesos de planeación (Baker, Rogers, & Owen, 1996; Morris et al., 1993).

- *Control conductual*

Una de las funciones más importantes de la CPF es la capacidad de control sobre los demás procesos neuronales que se llevan a cabo dentro y fuera de la CPF (Cohen, 1994), el control inhibitorio ejercido por la CPF, en particular por la CFM, permite retrasar las tendencias a generar respuestas impulsivas, originadas en otras estructuras cerebrales, siendo esta función reguladora primordial para la conducta y la atención (Matthews, Simmons, Arce, & Paulus, 2005).

- *Flexibilidad mental*

La capacidad para cambiar un esquema de acción o pensamiento en relación a que la evaluación de sus resultados indica que no es eficiente, o a los cambios en las condiciones del medio y/o de las condiciones en que se realiza una tarea específica, requiere de la capacidad para

inhibir este patrón de respuestas y poder cambiar de estrategia (Robbins, 1998). También implica la generación y selección de nuevas estrategias de trabajo dentro de las múltiples opciones que existen para desarrollar una tarea (Miller & Cohen, 2001). Las situaciones de la vida diaria con frecuencia son altamente cambiantes y los parámetros y criterios de respuestas no dependen de una lógica inflexible y generalizable a todas las circunstancias, sino que dependen del momento y el lugar en donde se desarrollen; la excesiva fijación de un criterio, una hipótesis o una estrategia de acción, afectan de forma importante la solución de problemas (Robbins, 1998).

- *Memoria de trabajo*

La memoria de trabajo es la capacidad para mantener información de forma activa, por un breve periodo de tiempo, sin que el estímulo esté presente, para realizar una acción o resolver problemas utilizando información activamente (Baddeley, 1990), así como también para el curso de los procesos de pensamiento (Baddeley, 2003).

Ante diversas modalidades de información o tipo de procesamiento existe participación diferente de diversas estructuras de la CPF para el mantenimiento de la memoria de trabajo, lo cual se extiende más allá de la división verbal-visual (Goldman-Rakic, 1998).

- *Fluidez*

La velocidad y precisión en la búsqueda y actualización de la información, así como en la producción de elementos específicos en un tiempo eficiente, es un importante atributo de la CPF y se relaciona con la función ejecutiva de productividad (Lezak et al., 2004). La fluidez de lenguaje, en particular la fluidez de verbos o acciones,

se relaciona más con la actividad de la zona premotora y con el área de Broca (Weiss, Siedentopf, Hofer, & Deisenhammer, 2003). La fluidez de diseño (dibujos y figuras) se relaciona con la CPF derecha (Ruff, Allen, Farrow, Niemann, & Wylie, 1994).

Recientemente se ha hecho énfasis en capacidades psicológicas no incluidas dentro del concepto FE, sino capacidades de mayor jerarquía cognitiva, como la metacognición, la mentalización y la cognición social (Shimamura, 2000; Stuss & Levine, 2000).

- *Metacognición*

La metacognición es el proceso con mayor jerarquía cognitiva y no se considera una función ejecutiva sino un proceso de mayor nivel (van den Heuvel et al., 2003). Es definida como la capacidad para monitorear y controlar los propios procesos cognoscitivos (Shimamura, 2000).

- *Mentalización*

La capacidad de pensar lo que otra persona puede estar pensando, pensará y/o reaccionará en relación a una situación o evento particular, se ha denominado *mentalización* y es una de las capacidades humanas más importantes para las relaciones interpersonales y sociales (Shallice, 2001).

Se ha encontrado que en sujetos con autismo la capacidad de mentalización se encuentra afectada y se ha propuesto que esta situación es una de las características más importantes de este trastorno (Baron-Cohen & Belmonte, 2005). Los sujetos con alteraciones en la capacidad de mentalización no pueden estimar ni comprender el proceso de pensamiento de otras personas y no pueden estimar las experiencias psicológicas desde la perspectiva de los demás (Frith & Frith,

2003). Por medio de estudios de neuroimagen funcional se ha encontrado que la CPFM es la región de la CPF más relacionada con la capacidad de mentalización (Shallice, 2001).

- *Conducta social*

Durante el desarrollo, los niños tienen que asimilar, aprender y desarrollar diversos sistemas de reglas cognitivas y sociales, las cuales cuando adultos, les permitan interactuar propositivamente con su medio. Esta serie de capacidades se ha denominado: *implementación de reglas*, permitiendo que de forma flexible se alterne, seleccione, actualice y se ejecuten procedimientos efectivos de conducta en base a situaciones sociales determinadas (Bunge, 2004). Se ha encontrado que el daño frontal perinatal y en la infancia temprana, particularmente el daño en la COF y CFM, produce una alteración denominada: *discapacidad de aprendizaje social y conductual* (Price, Daffner, Stowe, & Mesulam, 1990) que se caracteriza porque a partir de la adolescencia se presentan conductas antisociales que van desde robo, violencia y adicción a drogas, y con frecuencia este tipo de pacientes terminan en prisión (Anderson, Damasio, Tranel, & Damasio, 2000). Se ha propuesto que esta dificultad se debe a que el daño en la COF no permite crear y/o adjudicar redes neuronales que representen marcadores afectivos de lo correcto o incorrecto (desde un punto de vista social) de las conductas que presentan en los niños durante su desarrollo (Damasio, 1998).

- *Cognición social*

La capacidad de cognición social se ha propuesto para definir los procesos cognitivos que incluyen al sujeto (con sus motivaciones y valores) en un contexto

social en donde hay que tomar decisiones personales (Stuss & Levine, 2000). Cada sujeto tiene intereses personales, profesionales y sociales los cuales intenta desarrollar en dependencia de la evaluación de su pertinencia social-ambiental. Se plantea que la cognición social requiere de un modelo mental del sujeto (auto-conocimiento) que le permita identificar su papel particular dentro de un contexto familiar, laboral y social; de forma que pueda estimar, regular y planear cómo puede lograr satisfacer sus intereses en un ambiente social complejo (Stuss & Levine, 2002). Se ha identificado que la CPF derecha, en particular el polo frontal, puede ser el nodo más importante en el soporte de estas capacidades (Shammi & Stuss, 1999).

Las regiones polares de la CPF (particularmente el polo frontal derecho) son primordiales para algunas capacidades incluidas dentro de la cognición social, como son la interpretación del humor y la interpretación no literal de mensajes verbales como los refranes (Ferreti, Schwint & Katz, 2006; Thoma & Daum, 2006), debido a que para su comprensión se requieren de la actualización e integración de elementos autobiográficos (Shammi & Stuss, 1999).

### **Neuropsicología del daño frontal**

El análisis neuropsicológico del daño frontal se complica por la variabilidad del tamaño de la lesión, el tipo de patología, el daño cortical versus el subcortical (o ambos), la región de la corteza afectada, el tiempo de desarrollo de la lesión y el impacto de la desconexión funcional con otras áreas corticales; debido a todos estos factores es que las definiciones del “daño frontal” varían considerablemente, se ha advertido que no existe una entidad única y simple



como “síndrome frontal”, agrupar como una sola todas sus variantes es un error (Kertesz, 1994).

El daño frontal produce muy diversas características cognitivas y conductuales, en dependencia de la(s) zona(s) que se lesionen. Por ejemplo, el daño en la COF producirá alteraciones en la regulación afectiva y conductual, en tanto que el daño en la CPFDL, afectará principalmente funciones ejecutivas. Las lesiones de la CFM prefrontal medial producirán alteraciones del control atencional y de mentalización. Las lesiones más polares producirán alteraciones en las capacidades de cognición social y metacognición.

También se ha propuesto agrupar a los pacientes por medio del criterio funcional (Stuss & Levine, 2000), debido a la gran variabilidad en el tipo, la magnitud e imprecisión anatómica de las lesiones frontales; de esta forma el “síndrome disejecutivo”, describe un amplio espectro de alteraciones frontales y ejecutivas sin precisar sus correlatos anatómicos. Lo que admite describir en el nivel cognitivo y funcional las alteraciones presentadas, permitiendo enfocarse más en procesos y mecanismos cognitivos que en zonas del cerebro. Esto permite implementar y utilizar métodos de evaluación y rehabilitación provenientes de la psicología cognitiva tanto en la evaluación como en la rehabilitación de las muy diversas consecuencias neuropsicológicas del daño frontal.

### Conclusiones

Los lóbulos frontales presentan una organización neuropsicológica muy heterogénea; debido a esto, su aporte a la conducta y la cognición humana es

complejo y diverso. De la misma forma el daño o compromiso funcional a sus distintas áreas y zonas puede presentar una sintomatología muy distinta, en dependencia del tipo de lesión y de la(s) zona(s) dañada(s).

Las regiones menos evolucionadas desde el punto de vista filogenético: la COF y la CFM, se relacionan con el control conductual y afectivo; en tanto que la región con mayor evolución filogenético: la CPFDL, se relaciona principalmente con el control de procesos cognitivos complejos, como el pensamiento, el lenguaje, el control ejecutivo, entre otros más. Por último, las regiones más anteriores de la CPF soportan los procesos más desarrollados y exclusivamente humanos: la cognición social, la mentalización, el auto-conocimiento y la metacognición.

El desarrollo en el conocimiento de la neuropsicología de los lóbulos frontales permitirá avanzar en la comprensión de las zonas del cerebro más importantes para la conducta y la cognición humana. Lo que eventualmente permitirá un abordaje clínico más acorde a esta complejidad.

### Referencias

- Anderson, S. W., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2000). Long-term sequelae of prefrontal cortex damage acquired in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 18, 281-296.
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Review. Neuroscience*, 4, 829-839.

- Badgaiyan, R. D., & Posner, M. I. (1997). Time course activations in implicit and explicit recall. *Journal of Neuroscience*, *17*, 4904-4913.
- Baker, S. C., Rogers, R. D., & Owen, A. M. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the tower of London task. *Neuropsychologia*, *34*, 515-526.
- Baron-Cohen, S., & Belmonte, M. K. (2005). Autism: a window onto the development of the social and the analytic brain. *Annual Review of Neuroscience*, *28*, 109-126.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *10*, 295-307.
- Brodmann, K. (1908). Beitrage zur histologischen lokalization der Grosshirnrinden. VI Die Cortexgliederung des Menschen. *Journal für Psychologie und Neurology*, *10*, 231-246.
- Bunge, S.A. (2004). How we use rules to select actions: a review of evidence from cognitive neuroscience. *Cognitive and Affective Behavioural Neuroscience*, *4*, 564-79.
- Burgess, P. W. (1997). Theory and methodology in executive functions research. En P. Rabbit (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 81-111). Londres: Psychology Press.
- Burgess, P. W. (2000). Strategy application disorder: the role of the frontal lobes in human multitasking. *Psychological Research*, *63*(3-4), 279-288.
- Cohen, R. D. (1993). *The Neuropsychology of attention*. E.U.A: Plenum Press.
- Damasio, A. R. (1998). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex, executive and cognitive functions* (pp. 36-50). Nueva York: Oxford University Press.
- Elliot, R., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, *10*, 308-317.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A.; & Posner, M. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness and Cognition*, *9*, 288-307.
- Ferretti, T. R., Schwint, C. A., & Katz, A. N. (2006). Electrophysiological and behavioral measures of the influence of literal and figurative contextual constraints on proverb comprehension. *Brain and Language*, *1*, 38-49.
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *29*, 459-473.
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, *31*, 373-285.
- Geschwind, D. H., & Iacoboni, M. (1999). Structural and functional asymmetries of the human frontal lobes. En B. L. Miller & J. L. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes, functions and disorders* (pp. 45-70). Nueva York: The Guilford Press.

- Goldberg, E., & Podell, K. (1999). Adaptive versus veridical decision making and the frontal lobes. *Consciousness and Cognition*, 8, 364-377.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain, frontal lobes and the civilized mind*. Nueva York: Oxford University Press.
- Goldman-Rakic, P. S. (1998). The prefrontal landscape implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex, executive and cognitive functions* (pp. 87-102). Nueva York: Oxford University Press.
- Kertesz, A. (1994). *Localization and neuroimaging in neuropsychology*. San Diego: Academic Press.
- Kikyo, H., Ohki, K., & Miyashita, Y. (2002). Neural correlates for-felling-of-Knowing: an fMRI parametric analysis. *Neuron*, 36, 177-186.
- Lezak, M. D., Howieson, D.B., Loring D.W. (2004). *Neuropsychological assessment*. Nueva York: Oxford University Press.
- Luria, A. R. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.
- Luria, A. R. (1989). *El cerebro en acción*. Barcelona: Fontanella.
- Maril, A., Simons, J. S., Mitchell, J. P., & Schwartz, B. L. (2003). Feeling of knowing in episodic memory: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, 18, 827-836.
- Matthews, S. C., Simmons, A. N., Arce, E., & Paulus, M. P. (2005). Dissociation of inhibition from error processing using a parametric inhibitory task during functional magnetic resonance imaging. *Neuroreport*, 16, 755-760.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 67-202.
- Morris, R. G., Ahmed, S., Syed, M., & Toone, B.K. (1993). Neural correlates of planning ability: frontal lobe activation during the tower of London test. *Neuropsychologia*, 31, 1367-1378.
- Ongur, D., Ferry, A. T., & Price, J. L. (2003). Architectonic subdivision of the human orbital and medial prefrontal cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 460, 425-449.
- Passingham, R. (1995). *The frontal lobes and voluntary action*. Oxford: Oxford University Press.
- Price, B. H., Daffner, K. R., Stowe, R. M., & Mesulam, M. M. (1990). The comportamental learning disabilities of early frontal lobe damage. *Brain*, 113,1383-1393.
- Robbins, T. W. (1998). Dissociating executive functions of the prefrontal cortex. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex* (pp. 117-130). Londres: Oxford University Press.
- Rolls, E. T. (2000). The orbitofrontal cortex and reward. *Cerebral Cortex*, 10, 284-294.
- Ruff, R. M., Allen, C. C., Farrow, C. E., Niemann, H., & Wylie, T. (1994). Figural fluency impairment in patients with left versus right frontal lobes lesions. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 9, 41-55.

Schoenemann, P. T., Seehan, M. J., & Glotzer, L. D. (2005). Prefrontal white matter volume is disproportionately larger in humans than in other primates. *Nature Neuroscience*, 8, 242-252.

Shallice, T. (2001). "Theory of mind" and the prefrontal cortex. *Brain*, 124, 247-248.

Shammi, P., & Stuss, D. T. (1999). Humour appreciation: a role of the right frontal lobe. *Brain*, 122, 657-666.

Shimamura, A. P. (2000). Toward a cognitive neuroscience of metacognition. *Consciousness and Cognition*, 9, 313-323.

Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.

Stuss, D. T., & Levine, B. (2000). Adult clinical neuropsychology, lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-403.

Thoma, P., & Daum, I. (2006). Neurocognitive mechanisms of figurative language processing. Evidence from clinical dysfunctions. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 8, 1182-1205.

Tsukiura, T., Fujii, T., & Takahashi, T. (2001). Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory: a functional MRI study. *Cognitive Brain Research*, 11, 13-21.

van den Heuvel, O. A., Groenewegen, H. J., Barkhof, F., Lazeron, R., van Dyck, R., & Veltman D. J. (2003). Frontostriatal system in planning complexity: a parametric functional magnetic resonance version of Tower of London task. *Neuroimage*, 18, 367-374.

Weiss, E. M., Siedentopf, C., Hofer, A., & Deisenhammer, E. A. (2003). Brain activation patterns during a verbal fluency test in healthy male and female volunteers: a functional magnetic imaging study. *Neuroscience Letters*, 352, 191-194.