

FUNCIONES EJECUTIVAS: CONTROL, PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

J.M. BARROSO Y MARTÍN Y J. LEÓN-CARRIÓN

Departamento de Psicología Experimental. Facultad de Psicología.
Universidad de Sevilla.

Resumen

En este trabajo se delimita el concepto de *Función ejecutiva*, se analiza su relación con el *córtex frontal* del cerebro, se explora su *organización evolutiva*, se detalla su *arquitectura neural*, se contemplan sus *implicaciones sobre aspectos básicos y otros más elaborados del funcionamiento cognitivo/comportamental humano*, se aborda su *evaluación neuropsicológica comprensiva*, y se estudian los *síndromes neurocognitivos* más usuales cuando se lesiona la zona prefrontal del cerebro.

Palabras clave: *Neuropsicología, Funcionamiento Ejecutivo, Lóbulo Frontal, Síndromes Frontales.*

Abstract

In this work we define the concept of executive functioning and analyze how it relates to the frontal cerebral cortex. We explore the developmental organization and elaborate on the neural architecture and its implications on certain basic and other more complex aspects of human cognitive/behavioral functioning. We also offer an in-depth view on neuropsychological evaluation and review the most frequent neurocognitive syndromes displayed in cerebral prefrontal lesions.

Key words: *Neuropsychology, Executive Functioning, Frontal lobes, frontal syndromes.*

Introducción

Durante más de cien años muchas zonas cerebrales han sido consideradas un enigma para los especialistas. Entre ellas, el papel y la función de los lóbulos frontales ha pasado de ser "casi inútil" a convertirse en la clave para realizar los "más altos niveles de organización en el comportamiento" mediante lo que se ha denominado el *funcionamiento ejecutivo*. En la actualidad, la neuropsicología contemporánea ha contribuido para facilitar el avance en la comprensión de cómo funcionan los mecanismos asociados a la zona frontal del cerebro, y de cómo los lóbulos frontales son capaces de lograr una organización planificada de la conducta humana. De igual modo, también ha contribuido al estudio y tratamiento de los diferentes aspectos de conducta que se alteran como consecuencia del daño producido en esa zona del córtex, y por consiguiente en esa forma de funcionamiento.

Harlow en 1868, (Walsh, 1986), describe uno de los primeros casos sobre los cambios producidos en la conducta humana después de sufrir una lesión en la parte anterior del cerebro, que ejemplifica claramente la relación existente entre los lóbulos frontales y lo que con posterioridad se denominará funcionamiento ejecutivo.

Los cambios más significativos observados tras esta descripción son resumidos por Klimbe, (1963):

«Phineas Gage, capataz «eficiente y capaz» sufrió una herida el 13 de Septiembre de 1848 cuando un hierro lanzado por una explosión se introdujo en la región frontal

de su cerebro. Según el médico J.M. Harlow, que le asistió, sufrió los siguientes cambios de personalidad «es caprichoso, irreverente y a veces incurre en las mayores obscenidades (lo que no era su costumbre anteriormente), manifestando casi ninguna deferencia con sus semejantes, incapaz de controlarse y de aceptar consejos cuando estos están en conflicto con sus deseos, a veces pertinazmente obstinado, aunque caprichoso y vacilante, proyectando muchas actuaciones futuras que en cuanto se organizaban eran abandonadas y sustituidas por otras que le parecían más factibles. Su mente había cambiado tanto que sus amigos decían que ese ya no era Gage».

Pero es a finales del siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX, con autores como Goldstein, Kleist, y otros, cuando se retoma la importancia de los lóbulos frontales del cerebro al describir que las lesiones de localización frontal pueden causar euforia con tendencia a las bromas fáciles, pérdida de la capacidad de autocrítica, alteraciones en las formas complejas de conducta racional activa, alteraciones en las relaciones abstractas, en el pensamiento categorial, en la permanencia temporal de los objetivos prefijados, en la autoconciencia, o en la prospectiva de nuestros propios actos, (Estevez et al., 2000), que van a formar parte del sistema ejecutivo.

La importancia de esta zona anterior del cerebro ha legado hasta nuestros días, y aun hoy es difícil explicar con claridad su funcionamiento dada la complejidad del sistema neuroanatómico, y neurofuncional que representa. Por sus implicaciones e importancia, esto ha determinado en la actualidad un incremento en la profundidad y en el número de estudios para comprender el funcionamiento ejecutivo y su relación con la zona frontal del córtex.

El concepto de Función Ejecutiva: La perspectiva Europea

El funcionamiento ejecutivo ha sido estudiado y definido por diferentes autores. (Luria, 1977; Fuster, 1980; Stuss y Benson, 1984; 1986; Welsh, et al., 1991; Willis y Mateer, 1992; Lezak, 1995; León-Carrión y Barroso, 1997). Aunque este concepto es atribuido por Stuss y Benson, (op. cit.), a Fuster, (op. cit.), la introducción del mismo se debe a Luria en 1966.

Así, por funcionamiento ejecutivo se puede caracterizar el conjunto de capacidades que hacen que el pensamiento se transforme en las diferentes acciones necesarias para funcionar de forma organizada, flexible, y eficaz, encargándose de adaptar al individuo a las diferentes situaciones nuevas que le acontecen. Además, es un sistema *supraordenado* que dirige la iniciación de conductas, controlando la planificación, secuenciación, dirección, pertinencia y eficacia en la ejecución de cualquier intención, conducta, y/o tarea.

La complejidad de actividades que se ponen en marcha para cualquier función psicológica hace que se deba hablar de un *sistema ejecutivo* que se encarga de que los diferentes subsistemas y/o capacidades que facilitan dicha función actúen coordinadamente activando o desactivando los circuitos cerebrales funcionales necesarios para realizar cada uno de sus procesos. Este *sistema* actúa como una "junta de gobierno" controlando y regulando las cogniciones y los comportamientos; analizando la información previamente elaborada para decidir cómo, sobre qué y cuándo utilizarla; analizando cómo y de qué forma es más eficiente conseguir las metas prefijadas; activando y desactivando cada uno de los canales utilizados para conseguir el máximo de efectividad. (León-Carrión, 1995) El sistema ejecutivo es el que dirige todos y cada uno de estos procesos.

El sistema ejecutivo estará compuesto de dos bloques, aunque esta división sea meramente didáctica. En el primero de ellos, estarían las subfunciones de iniciación, anticipación, planificación y establecimiento de metas, monitorización de la conducta, prospectiva de las consecuencias, flexibilidad mental mediante feedback, y la secuenciación temporal. En el segundo bloque estarían las que involucran a las capacidades que tienen un funcionamiento independiente, o bien funcionan en conjunto con las anteriores, como por ejemplo, aquellas que modulan, activan o inhiben la

capacidad atencional, algunos aspectos del aprendizaje procedimental (mediante la cronología de la conducta y la estructuración temporal de la misma, Fuster, 1989), la influencia de orden temporal en la memoria de tipo no declarativo (Gómez et al., 1999); el mantenimiento de la información en la memoria de trabajo (Graffman et al. 1995); o la capacidad para ser consciente de uno mismo ("awareness"). (Prigatano, 1997), entre otras.

Como principio básico general, se puede decir que cuando se produce un déficit cognitivo específico se altera una función o cadena funcional determinada, pero cuando la alteración atañe al *funcionamiento ejecutivo*, la afectación se muestra de una forma más general afectando a los aspectos organizativos y de control de la conducta.

Diferentes marcos teórico tratan de explicar las funciones ejecutivas. A. R. Luria, (1973, 1975), propone el funcionamiento ejecutivo y se refiere a este grupo de funciones reguladoras del comportamiento humano cuando: *"cada actividad humana comienza con una intención definida, dirigida a una meta y regulada por un programa específico que necesita de un tono cortical constante"*. Además, es el primero que plantea los postulados más innovadores relacionando las funciones ejecutivas con las funciones intelectuales. Para él, las funciones intelectuales tienen un primer componente que denomina *intelecto estático o formal*, que forma parte de aquellas capacidades que intervienen en actividades como la *conceptualización, el juicio, o el razonamiento*. El segundo componente es el *intelecto dinámico*, que abarca todas aquellas capacidades necesarias para solucionar cualquier tipo de problema intelectual, que a su vez descompone en capacidades como: *planteamiento del problema, construcción de la hipótesis resolutive, ideación de estrategias para confirmar o desechar la hipótesis, y la elección de las tácticas adecuadas*. Todas las funciones de este intelecto dinámico las resume como *"la ejecución de un programa de acción orientado hacia el futuro"*.

Para detectar las alteraciones que se pueden observar en el intelecto dinámico descrito por Luria es necesario hacer un detallado análisis de los errores que cometen los sujetos cuando tienen que resolver un problema. Estos errores se caracterizan por alteraciones en la *capacidad selectiva*: los sujetos cometen errores importantes para explorar la tarea a realizar; sustituyen el análisis detallado por conclusiones impulsivas basadas en el análisis de fragmentos desconectados entre sí; por alteraciones en el *mantenimiento de actividades*: al analizar material complejo cometen fallos al hacer una síntesis de todos sus detalles para establecer una hipótesis provisional correcta de acuerdo con todo el material presentado; por déficits en la *capacidad para formar asociaciones, formar conceptos, y clasificar*: existe una alteración de los procesos asociativos, se pierde la capacidad de selección y se incrementan las asociaciones irrelevantes; aunque se puedan realizar elecciones y clasificaciones adecuadas, éstas son inconsistentes y rápidamente sustituidas por elecciones que son el resultado de asociaciones fortuitas. Los fallos en la *capacidad de clasificación* implican *fallos en la resolución de problemas*, porque no se analizan los elementos de la tarea problema, ni se establecen relaciones asociativas apropiadas entre ellos; las operaciones que realizan no tienen nada que ver ni con el objetivo resolutive del problema, ni con las condiciones generales del mismo. no analizan el espacio-problema ni establecen vías para solucionarlo adecuadamente; realizan acciones impulsivas sin tener en cuenta las consecuencias de las mismas.

Estas características se resumen en las propias palabras de Luria cuando escribe sobre las consecuencias de las alteraciones del intelecto dinámico sobre la conducta: *"estas personas no analizan las condiciones del problema, ni se percatan de las condiciones importantes del mismo; incluso si llegan a ello, las conexiones no controlan el curso subsiguiente de las operaciones intelectuales. El sistema de operaciones que normalmente conduce a la solución de un problema se desintegra y es reemplazado por una serie de conexiones fragmentarias sin una estructura jerárquica claramente definida... ...la ausencia de un plan para resolver el problema, la omisión de la fase de investigación previa y la sustitución de verdaderas operaciones intelectuales por actos impulsivos y fragmentarios son signos típicos de este tipo de alteraciones"* (Luria, op. cit.)

El concepto de Función Ejecutiva: la perspectiva Americana

Stuss y Benson, (1986), publican el organigrama por el que se rigen estas funciones ejecutivas. Para estos autores existe un grupo de sistemas *funcionales, fijos, integrados y organizados* que se asientan en las partes posterobasales del cerebro. Entre estos sistemas funcionales posterobasales se encuentran la sensación, la emoción, la alerta, etc, entre otros. Por encima de estos sistemas funcionales sitúan dos funciones directamente relacionadas con el lóbulo frontal y de orden superior a las posterobasales, la capacidad de iniciación y la de secuenciación. A su vez, y por encima de las anteriores, sobre las que predominan, están las funciones de: *anticipación, selección de metas, planificación y monitorización*. Estas cuatro últimas funciones son las que reciben el nombre de funciones ejecutivas y van a mantener el control último sobre la conducta.

Una de las conceptualizaciones de las funciones ejecutivas que más impacto, influencia, y difusión ha tenido dentro del ámbito de la Neuropsicología, además de aportar una clara definición de las mismas, ha sido la realizada por Lezak: (1995, pg. 38) *“las funciones ejecutivas consisten en aquellas capacidades que permiten a una persona funcionar con independencia, con un propósito determinado, con conductas autosuficientes y de una manera satisfactoria..... mientras las funciones ejecutivas permanezcan intactas, una persona puede sufrir pérdidas cognitvas considerables y continuar siendo independiente, constructivamente autosuficiente y productiva. Cuando se alteran las funciones ejecutivas el sujeto no es capaz de autocuidarse, de realizar trabajos para otros, ni de mantener relaciones sociales normales, independientemente de cómo conserve sus capacidades cognitvas”*.

El funcionamiento ejecutivo tiene cuatro componentes, que son: *formulación de metas* (proceso complejo de determinar necesidades; conocer qué se quiere y qué se es capaz de hacer); *planificación* (organización de la secuencia de pasos necesarios para llevar a cabo una acción con un fin determinado; ser capaz de conceptualizar cambios en las circunstancias y de concebir alternativas posibles; realizar elecciones; capacidad de prospectiva o de prever las consecuencias de las decisiones y elecciones que se toman y cómo esto modificará nuestra conducta); *implementación de planes* (acciones de iniciar, mantener, cambiar, activar-desactivar, etc... las diferentes secuencias de conductas complejas que forman el plan de forma ordenada y secuenciada); y por último, *ejecución efectiva de los planes*. (habilidad para dirigir, auto-corriger, regular la intensidad, el tiempo y todos los aspectos cualitativos/cuantitativos de su acción; valoración del cumplimiento de objetivos/metast alcanzados y del costo energético empleado; valoración del resultado conseguido y del proceso empleado; secuenciación temporal (*“timing”*) empleado en la implementación.

Evolución del funcionamiento ejecutivo

El desarrollo de las funciones ejecutivas ocurre en diferentes fases, con el periodo de desarrollo más importante desde los seis a los ocho años, alcanzando el desarrollo más completo a los doce años cuando el niño tiene una organización cognitiva muy cercana a la que poseen los adultos. Pero no será hasta los 16 años cuando se consiga el desarrollo completo de esta función. Estas afirmaciones correlacionan con los diferentes subestadios madurativos que van a depender tanto del desarrollo de la función reguladora del lenguaje o *lenguaje interior*, como de la entrada en la etapa de las *operaciones formales*, y también de la subsiguiente madurez de la zona frontal del cerebro. Los efectos de las lesiones, o disfunciones, que afectan al sistema ejecutivo pueden no ser evidentes hasta que el niño se encuentre en la edad en la que las habilidades afectadas se espera que aparezcan en otros periodos de su desarrollo más tardíos. (Hooper y Boyd, 1986; Pineda, 2000)

Otros autores (Welsh y Pennington, 1988), encuentran que el funcionamiento ejecutivo mediatizado

y modulado por el lóbulo frontal emerge en el primer año de vida, y va a continuar con su desarrollo posterior hasta la pubertad, e incluso algunos años más. Esta idea es ya apuntada por Luria, (1973), cuando propone la secuencia del desarrollo de las funciones psicológicas, especificando los substratos neurológicos sobre los que las unidades funcionales y sus niveles se van a sustentar. Para Luria, existen lo que llama "*áreas terciarias de la unidad de salida/planificación*" que se van a desarrollar durante el estadio final y se localizará en zonas frontales "*siendo la unidad más integradora y reguladora del cerebro*". Esta unidad "*no es operativa hasta que el niño no está en un margen de edad comprendido entre los cuatro a siete años de edad y continuando su desarrollo hasta la juventud*". Estas "*áreas terciarias de la unidad de salida/planificación permiten la capacidad de programar, reglar y controlar programas con un propósito determinado. Allí es donde se regulan y programan las formas más complejas de actividad humana*".

Willis y Mateer, (1992), mantienen que la función ejecutiva posee dos características importantes: es adaptativa; y está dirigida a una meta. De esta forma, las alteraciones que se producen en esta función a edades tempranas pueden ser predictivas del impacto en el desarrollo cognitivo, social y/o comportamental posterior del que las padece. Grattan y Eslinger, (1993), concluyen que las lesiones en la función ejecutiva tendrá un efecto muy profundo sobre el desarrollo social, ya que es la encargada de proporcionar el substrato neural para que se desarrolle esta madurez social. Diferentes estudios realizados con niños que presentan lesiones frontales pre y perinatales han encontrado que la sintomatología observada entre los aspectos clínicos que manifiestan son análogos a los de adultos con lesiones estructurales en el lóbulo frontal, incluyendo desinhibición, dificultades en la secuenciación, inatención, problemas de conducta, de hiperactividad, y precocidad en la presencia de todos estos síntomas (antes de los 3 años). La hipótesis que se plantea es la de hipoactividad fronto-estriatal por déficit monoaminérgico. (Rapin, 1997; Aicardi, 1998; Landau et al., 1999).

Arquitectura neural de las funciones ejecutivas

Los diferentes especialistas que han tratado de estudiar el *funcionamiento ejecutivo* han concluido que existe una relación muy estrecha entre este y las alteraciones que presentan los pacientes con lesiones que se localizan en la *zona del lóbulo frontal* cerebral. Teuber, (1964), fué uno de los primeros autores que enfatiza la influencia y control que ejerce la parte anterior del cerebro sobre la parte posterior del mismo para coordinar a todo este órgano en funciones como la anticipación, la iniciación, e incluso la toma de decisiones. Con posterioridad todas estas funciones se englobaran como parte de lo que será el funcionamiento ejecutivo.

Con los trabajos de Luria, (1973, 1977), se presenta una nueva teoría sobre el funcionamiento del lóbulo frontal iniciando la conceptualización de las actividades del sistema ejecutivo. Este autor presenta la zona prefrontal como la *zona clave para la programación de la actividad mental* para la planificación de acciones, la regulación de ellas, y/o el cambio entre las mismas en función de los objetivos planeados.

El lóbulo frontal se *relaciona directamente con los niveles más altos de conductas dirigidas a una meta, incluyendo secuenciación compleja, creación de planes a corto y largo plazo, y la manipulación interna de los sistemas de representación*. (Perecman, 1987). El entramado conceptual expuesto en los trabajos publicados por Sohlberg y cols., (1993), relaciona las funciones que forman parte del sistema ejecutivo con los postulados teóricos de Stuss, (1991), que identifica las funciones asociadas al lóbulo frontal en tres tipos diferentes, las perceptuales y sensoriales (propias de otras localizaciones no frontales pero bajo su influencia directa), las *de control ejecutivo o funciones de supervisión*, y, las relacionadas con la autoreflexión y el *awareness*.

La porción que engloba la zona frontal del cerebro dista mucho de ser una unidad estructural o funcional. En contraste con otras partes del cerebro, el lóbulo frontal se activa independientemente

de la tarea a ejecutar; así, la función de esta zona de la corteza, y en especial las del área prefrontal, es la de servir como modulador excitando o inhibiendo a otras áreas cerebrales. Por tanto, parece posible que esta corteza no pueda desencadenar por sí sola ninguna respuesta motora, pero sí regular el comportamiento motor al iniciar o programar y guiar cualquier tipo de conducta en su tarea como sistema ejecutivo. Diferentes estudios de neuroimagen sugieren que al realizar labores rutinarias bien establecidas las zonas prefrontales permanecen inactivas, mientras que ante atareas novedosas que no se dominan se observa una activación frontal, especialmente intensa en la zona prefrontal del cerebro.

Los estudios clínicos y experimentales sobre el daño cerebral focal demuestran que las lesiones que se localizan en el córtex prefrontal humano afectan a la conducta social, distorsionan los afectos, merman la capacidad de iniciativa y la conducta espontánea si implican a la zona orbital de este córtex prefrontal; en cambio, las lesiones de localización dorso-laterales implican alteraciones de tipo "cognitivo", como son las alteraciones en la memoria de los acontecimientos secuenciados en el tiempo, la orientación espacial, y/o las alteraciones en el control de movimiento, como los cuadros caracterizados por adinamia, y los de apatía. (Milner, 1964, 1971; Peregman, op. Cit.)

Los pacientes con lesiones que se localizan en la zona basal de la porción orbital de ese córtex prefrontal van a presentar un primer grupo de conductas caracterizadas por desinhibición, agresividad y tendencia al enfrentamiento-lucha. Otro grupo de conductas que también observan son las que ellos agrupan caracterizadas por desinhibición, chistosidad desmesurada con bromas y euforia continuas sin motivo aparente (moria). (Strub y Black, 1981; León-Carrión, 2001).

Lezak, (1995), basándose en la revisión de la literatura especializada sobre los casos de sujetos que presentan alteraciones del funcionamiento ejecutivo, apoya que estas funciones están íntimamente relacionadas con los daños que se producen en el lóbulo frontal. Esta autora concluye que las alteraciones de las regiones prefrontales, particularmente cuando se afectan estructuras orbitales o mediales, van a producir cambios comportamentales y de personalidad producidos como consecuencia de los defectos en el funcionamiento ejecutivo.

Es importante resaltar que el lóbulo frontal posee un rico y basto entramado de conexiones, tanto a nivel cortical como subcortical, prueba del papel central que juega en el control de la conducta.

Para detallar mejor el funcionamiento ejecutivo y su localización en la zona frontal del córtex, primero se van a describir las conexiones que mantiene todo el lóbulo frontal en conjunto con el resto del cerebro, para en un segundo paso describir las que mantiene la corteza prefrontal.

Las conexiones *córtico-corticales*, están encaminadas a recibir información del resto de los otros lóbulos cerebrales para elaborar con ellas los planes ejecutivos que se van a realizar. Son las que se realizan con otras zonas del córtex y se rigen por el principio de procesamiento paralelo (Von Essen y Maunsell, 1983). La mayoría de ellas son recíprocas, significando que además de las funciones de control también puede ser moduladas por otras zonas posteriores y periféricas del cerebro vía tálamo.

Las conexiones *córtico-subcorticales*, se establecen con estructuras sub-corticales. En primer lugar están las conexiones *fronto-talámicas* que son de tres tipos: primero, los núcleos talámicos centrolaterales que conectan al córtex precentral; segundo, el núcleo talámico dorsomedial en conexión con la corteza prefrontal. (esta conexión es la más importante y está implicada en la memoria); tercero, las conexiones del núcleo talámico ventral anterior con el córtex frontal límbico (área cingulada). En segundo lugar, las conexiones *fronto-límbicas* que facilitan el componente emocional y afectivo para regular las cogniciones. La combinación de este procesamiento frontal-sistema límbico facilita la integración de la información externa e interna para dar una respuesta psicológica-emocional-afectiva adecuada

Por último, las conexiones *fronto-basales*, que están implicadas en la preparación y ejecución del movimiento.

Implicaciones de las funciones ejecutivas en los procesos de memoria y atención

Es importante resaltar la implicación que la actividad prefrontal tiene sobre los mecanismos de memoria y atención. (Hécaen, 1964; Luria, 1973; Stuss y Benson, 1986; Shallice et al., 1994; Schachter et al., 1996) Los procesos de memoria han sido localizados en zonas temporales mientras que los atencionales van a depender de la formación reticular fundamentalmente. Existen algunos aspectos relacionados con la memoria y con el control de la atención asociados a zonas prefrontales. De este modo es posible hablar de alteraciones en cuanto al papel funcional de la memoria y de la atención derivado de las alteraciones que provocan daño en la zona prefrontal cortical.

Uno de los aspectos que más se daña con las alteraciones prefrontales es el relacionado con las tareas de recuerdo libre más que la memoria de reconocimiento que permanece relativamente estable. El papel prefrontal se centra en el uso de las diferentes estrategias para la codificación elaborada y activa que van a potenciar los diferentes procesos de memoria. (Keley et al. 1998; Eichembbaum et al. 1999) Estas alteraciones en el recuerdo libre pueden ser explicadas por la incapacidad observada en estos pacientes en las estrategias internas de búsqueda de información que ellos pueden generar por sí mismos al realizar este tipo de recuerdo. (Allegri, 2001). Así ese deterioro sugiere que la región prefrontal está asociada al uso de estrategias de memoria. Cuando se le proporcionan claves externas la tarea se ejecuta sin problemas.

En el proceso de evocación la corteza prefrontal juega un papel muy relevante. Para que una memoria sea evocada es necesario mantener la atención concentrada e ignorar las interferencias internas o externas que puedan producirse. Esto es igual para nuevos aprendizajes ya que el paciente con lesión prefrontal es capaz de recibir pero no de mantener la información el tiempo suficiente, ni de evitar los distractores. Si a esto le sumamos que tampoco será capaz de garantizar el control de las secuencias temporales de información, ni el orden en la misma, el aprendizaje estará entorpecido y seriamente impedido.

En tareas en las que es necesario involucrar el funcionamiento de la memoria de trabajo, definida como la capacidad para mantener activa y manejar información mientras se trabaja con ella, se observan importantes alteraciones. Los pacientes con estas lesiones muestran conductas no guiadas por representaciones internas, son impulsivos y se distraen con facilidad. Existe una importante relación entre este tipo de memoria y los aspectos atencionales y de concentración dependientes de zonas prefrontales. Cuando se introducen elementos distractores o se requiere el control de interferencias el rendimiento es muy bajo. De igual forma que cuando se requiere la activación/inhibición de determinadas capacidades en la ejecución de una tarea. (Goldman-Rakic, 1987, 1992). En el modelo, ya clásico, propuesto por Baddeley y Hitch, (1974), esta memoria operativa se compone de diferentes *buffers*, uno *articulatorio* y otro *espacial*, bajo la dirección del "*administrador o ejecutivo central*" que es un sistema de control atencional que supervisa y además ordena la información que proviene de esos dos *buffers* para seleccionar la que es relevante y así operar con ella. Por ello, aunque las lesiones prefrontales correlacionan con un pobre rendimiento en la memoria a corto plazo, este déficit no interfiere con la capacidad para establecer nuevos aprendizajes que sí se observa a su vez en algunas alteraciones diencefálicas y temporales.

La memoria prospectiva, definida como la capacidad para llevar a cabo una acción intencionada que se ha decidido con anterioridad, también se presenta alterada en las lesiones que involucran zonas prefrontales, (Mateer, 1999), debido fundamentalmente a la incapacidad de realizar tareas con una base temporal de la que dependen y que se altera en este tipo de lesiones. También esa capacidad de prospectiva debe tener en cuenta todas las características descritas para el sistema ejecutivo (formulación de planes, secuenciación, evaluación...etc), del que dependen, que

ya sabemos se altera en las lesiones prefrontales. (León-Carrión, 2001-b)

Los aspectos de metamemoria, o conocimiento subjetivo sobre nuestra propia memoria, también se encuentra alterado en sujetos con daño prefrontal fundamentalmente en los aspectos de manipulación y organización de dichos conocimientos (Metcalf et al., 1994).

Todos estos aspectos hacen pensar en el trascendental e importante papel que la corteza prefrontal desempeña en el control atencional y en la capacidad mnésica, ambos componentes básicos de la cognición humana.

La evaluación del funcionamiento ejecutivo

Dada la complejidad y características asociadas al funcionamiento ejecutivo la evaluación del mismo va a demandar una gran experiencia clínica, una buena base teórica y funcional sobre anatomía cerebral, conocimientos detallados sobre los diferentes síndromes derivados de las lesiones prefrontales, y por último, saber interpretar e integrar los resultados obtenidos en las pruebas utilizadas para la evaluación de los mismos.

Diferentes autores proponen la evaluación de este funcionamiento atendiendo a una doble vertiente. (Lezak, 1995; Harris, 1995; Boone, 1999). De un lado, mediante la *evaluación clínica cualitativa*, que utiliza como instrumento específico para la recogida de información la entrevista clínica con el paciente, y con los familiares del mismo. En ella es importante atender a los aspectos comportamentales y/o conductuales que pudieran corresponder con los diferentes síntomas relacionados con las alteraciones del sistema ejecutivo. Entre estos aspectos comportamentales se pueden detallar: *alteraciones en la planificación, programación y regulación del comportamiento; alteraciones en el lenguaje*, que pueden variar desde pérdidas en el desarrollo argumental de la idea que se expresa, vocabulario muy pobre, soez, ideas perseverantes y repetitivas, neologismos, la interacción con ellos parece más bien un monólogo, ecolalias, hasta confusión mental; *impulsividad*, el paciente no puede inhibir y/o dirigir sus necesidades internas; *alteraciones en la atención*, que se manifiestan por una fácil distraibilidad, incluso ante estímulos internos y externos altamente irrelevantes; *carencia total de capacidad de prospectiva*, no tienen en cuenta las consecuencias de sus conductas, no evalúan las cosas que hacen o dicen; *perseveraciones* conductuales, ideatorias, y de todo tipo; carecen de *flexibilidad mental* por lo que son muy rígidos de pensamiento, no aprenden de sus propios errores; *concretismo*, abstrayéndose sólo a lo que tienen delante, no generalizan; *ecopraxias* e imitación de todas las actividades que observan a su alrededor sin un fin determinado; *labilidad emocional* con cambios bruscos en los afectos; *humor y chiste fácil*, infantilismo, jocosidad, risa continua, moria; *alteración en el control de los impulsos*, que puede cursar con agresividad hacia ellos, hacia los demás, o hacia las cosas. (León-Carrión y Barroso, 1997).

También es importante realizar un *análisis cualitativo de la ejecución de las pruebas utilizadas* para detectar errores del tipo de los mencionados con anterioridad y para delimitar con mayor precisión el tipo de síndrome sufrido.

La *evaluación clínica cuantitativa* utiliza pruebas neuropsicológicas estandarizadas con una fiabilidad estadística probada. Este tipo de evaluación tiene su base, primero, en el *análisis de las puntuaciones* obtenidas para observar si están dentro de un determinado nivel o intervalo que se va a considerar como normal/deficitario. Segundo, en su *relación con otros factores* necesarios para realizar la tarea específica que estamos valorando. Y, tercero, en el *análisis del tipo de errores* cometidos al realizar dicha tarea.

Muchas han sido las pruebas utilizadas para evaluar los componentes del sistema ejecutivo, si bien no todas ellas han sido eficaces para este fin. Hasta la fecha, dada la complejidad del sistema que se trata de valorar, no existe una prueba que de forma aislada y unitaria sea capaz de realizar esta tarea. Por el contrario, el planteamiento ideal parte de concebir una batería de pruebas que de forma conjunta facilite la tarea y aporte suficientes datos y resultados objetivos

para evaluar el sistema.

De entre las pruebas más extendidas y estudiadas que de alguna forma parecen estar relacionadas con el funcionamiento ejecutivo o algún aspecto de este, se suelen utilizar:

— Prueba de *Clasificación de Tarjetas de Wisconsin*, (*Wisconsin Card Sorting Test*, *WCST*, Berg, 1948; Grant y Berg, 1948) originariamente diseñada para evaluar el razonamiento abstracto entre una población normal adulta (Berg, op. cit.). Esta prueba provee una medida neurocognitiva usada ampliamente en la práctica clínica, (Crocket, et al., 1986; Perrine, 1986; Hermann et al., 1988; Heinrichs, 1990; Anderson et al., 1991; Lezak, 1995). Los diferentes investigadores que la han utilizado han encontrado que es un buen instrumento para el estudio de los déficits cognitivos que siguen a un daño cerebral (Chelune y Baer, 1986). Además de estar también ampliamente aceptada su sensibilidad para evaluar los efectos de las lesiones producidas en el lóbulo frontal. (Milner, 1963; Heaton, 1981; Chelune y Baer, op. cit.; Sullivan y Delaney, 1990). En los trabajos pioneros de Weigl, (1945), se demostró que la habilidad para clasificar estímulos de acuerdo con dimensiones como las de color o forma se presentaba alterada cuando se administraban pruebas como el WCST a sujetos con daño cerebral frontal.

Desde un punto de vista teórico, el WCST se relaciona directamente con la formación de conceptos, y especialmente con las dificultades en la formación de conceptos iniciales; mantenimiento de los mismos una vez que estos se han alcanzado; reconocimiento de los cambios de categorías; y cambios de hipótesis mientras se da al sujeto un feedback negativo. (Milner, 1963; King y Snow, 1981; Bond y Buchtel, 1984; Goldstein 1990).

Heaton, (1981), propone como razones para justificar el creciente uso del WCST por los neuropsicólogos clínicos: *primero*, que la prueba proporciona información sobre varios aspectos de la habilidad de abstracción y de la ejecución en resolución de problemas, además de algunos índices básicos como pueden ser los aciertos y los errores cometidos por los sujetos, número de respuestas perseveradas, fallos en el mantenimiento de la respuesta, categorías conseguidas, etc; y *segundo*, quizás más importante que la anterior, esta prueba parece mostrar una sensibilidad especial para las lesiones cerebrales que se localizan en el lóbulo frontal. (Heaton, op. cit.).

Milner, (op. cit.) demostró, utilizando esta prueba, que la variable que mejor discrimina los sujetos con lesiones en el cortex prefrontal dorsolateral es el número de *errores cometidos por perseveraciones*. Con técnicas de neuroimagen, (rCBF), Weinberger et al., (1986), han encontrado un incremento significativo en áreas prefrontales dorsolaterales durante la ejecución del WCST, especialmente un aumento de localización derecha. Esta afirmación está en relación con la publicación de algunos investigadores de que existen muchos más errores de perseveración en sujetos con daño en el lóbulo frontal derecho al ser comparados con sujetos con daño en la misma área del lóbulo izquierdo. (Heaton, op. cit.). Adams et al., (1995), mediante resonancia magnética funcional (fMRI) encuentran también activación en zonas mediales prefrontales. De la misma forma Marengo, Coppola, Dawid, Zigun et al, (1993), utilizando la misma técnica rCBF y la tomografía computarizada SPECT observan incrementos significativos de flujo sanguíneo en estas mismas áreas corticales.

En cuanto a la variable número de categorías medida por esta prueba, como señalan Glosser y Goodlass, (1990), las puntuaciones obtenidas pueden utilizarse para indicar déficits en la flexibilidad de la respuesta, falta de atención y autorregulación, y como también señala Milner, (1964; 1982), están específicamente asociadas a lesiones prefrontales dorsolaterales.

- Prueba de *Categorías de Halstead*, (*Halstead Category Test*, Halstead, 1947), forma parte de la Bateria Neuropsicológica de Halstead-Reitan demostrando ser muy sensible al daño cerebral en general, (Moses y Maruishi, 1990), y al daño frontal en particular (Golden, 1979). Esta prueba se construyó para evaluar las habilidades de hacer categorías mediante semejanzas y/o diferencias, y para evaluar también la capacidad de adquirir experiencia nueva en contra de la que ya se había aprendido previamente. En ella se requiere que el paciente abandone «sets» cognitivos desde las características perceptivas de los cambios de los estímulos. (Bond y Buchtel, 1984).

Para Sohlberg y Mateer, (1989), la tarea que se les pide a los sujetos en esta prueba, requiere que estos posean una buena habilidad para la abstracción, de análisis visuo-espacial, aprendizaje, y para beneficiarse con el feedback que les proporciona el ordenador. Los fallos que cometen los sujetos con lesiones frontales al organizar la información recibida son los responsables del consumo desmedido de tiempo que presentan al ejecutar esta tarea. Del mismo modo, esos fallos de organización de la información deben ser los responsables también de la formación equivocada de las diferentes categorías, permitiendo que cometan un elevado número de errores y a su vez, que estos sean cometidos al perseverar las respuestas de anteriores elecciones erróneas. Es también importante resaltar que estos errores pueden ser debidos a problemas de memoria observados en los sujetos a lo largo de la ejecución de la prueba, al detectar que los sujetos con alteraciones frontales no recuerdan la localización de muchos de los estímulos en la pantalla, ni su ubicación espacial, debido principalmente a su incapacidad para elaborar y codificar estos procesos complejos (Barroso, 1997).

-*Torre de Hanoi/Sevilla*. (León-Carrión, 1997), Esta prueba se puede encontrar en versión informatizada dentro de la Bateria Neuropsicológica Sevilla (León-Carrión, op. Cit.). En ella, además de evaluar la habilidad para conseguir una meta, también se evalúa la capacidad para descomponer el problema global en sub-metas que serán más fácilmente solucionables, y también para ir descubriendo sus reglas de transformación. Para realizarla correctamente es necesaria la búsqueda activa de soluciones posibles al problema planteado, que requiere generar y ejecutar secuencias de movimientos espaciales no rutinarios para llegar a la solución satisfactoriamente. La búsqueda de soluciones posibles consume una porción importante dentro de la memoria de trabajo; la solución debe mantenerse en la memoria espacial a corto plazo para pasarse a la secuencia motora adecuada antes de ser ejecutada. Este es el procedimiento necesario para evaluar la complejidad del sistema.

Se trata de un antiguo juego chino adaptado a la evaluación psicológica, (Cagné y Smith, 1963; Hormann, 1965). La tarea consiste en un problema de transformación en el que hay que conseguir un estado meta final a partir de la ejecución de una serie de movimientos no rutinarios en los que es necesario aplicar estrategias de planificación ordenadas y habilidades complejas de resolución de problemas. Los sujetos deben establecer un plan para después ejecutarlo y llegar a la solución correcta. Este plan debe incluir una solución global que a su vez se descompone en varias sub-soluciones que deben estar secuenciadas en el tiempo para conseguir la meta global.

La prueba consta de tres varillas paralelas entre sí y numeradas de izquierda a derecha del 1 al 3. En la varilla número 1 hay diferentes discos de diferente tamaño y color (de 3 a 5 a elección del experimentador) formando una torre con el disco mayor en la base y el menor en la parte superior. El objetivo planteado en esta tarea es el de desplazar los diferentes discos utilizando las tres varillas sobre la que se insertan, hasta conseguir formar una torre igual a la inicial en la varilla número 3. En la versión Sevilla de la Torre de Hanoi (León-Carrión, 1991) se pueden utilizar dos tipos diferentes de administración que se diferencian entre sí al permitir o no que el sujeto conozca los principios o reglas que rigen la tarea.

Para valorar y evaluar los resultados se analizarán los valores obtenidos en las variables tiempo total empleado, número de movimientos correctos realizados; y número y tipo de errores cometidos.

La habilidad para solucionar la THS requiere la modulación y control de las habilidades cognitivas más fundamentales. Así, las habilidades para solucionar un problema se ponen en funcionamiento, se activan, cuando iniciamos un patrón de conducta inusual o novedoso el cual necesita de la organización de «sets» de habilidades cognitivas establecidas o cuando necesitamos cambiar nuestros hábitos. Para solucionar la THS, la decisión del movimiento inicial depende de las consecuencias de este movimiento y las de cada movimiento sucesivo, de forma que al tomar la decisión de ejecutar un movimiento considerado como correcto, el solucionador debe tener en mente la localización de cada uno de los discos. Así los sujetos deben de buscar a través de estadios interrelacionados, decisiones y puntos de prueba.

Como señalan Owen, et al., (1990), una posible explicación a los fallos observados en estos pacientes es que los sujetos afectados de lesiones frontales son incapaces de generar, evaluar, refinar y/o revisar una solución al problema que se les plantea antes de hacer cualquier movimiento; de esta forma el plan inadecuado que siguen les lleva a una solución no válida que les hace generar un mayor número de errores y consumir mucho más tiempo en su realización. Además, estos pacientes tienen alterada la capacidad de retener la secuencia de movimientos espaciales en la memoria a corto plazo durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para que les permita ejecutarlo adecuadamente. Finalmente concluyen que estos fallos también pueden ser explicados al mantener que estos pacientes son incapaces de transportar un plan cognitivo determinado a la secuencia motora adecuada o simplemente porque son incapaces de ejecutar esa secuencia motora.

- *Trail Making Test*, (TMT, Armitage, 1945, Reitan, 1958), procedente de la Batería Neuropsicológica de Halstead-Reitan (Halstead, 1947).

Como se ha puesto de manifiesto por diferentes investigadores, la parte A del TMT, es una prueba con un gran componente espacial que parece ser una función directamente relacionada con el hemisferio derecho (Osmond, 1983), mientras que la parte B se asocia con un componente también espacial pero que requiere del pensamiento lógico y secuencial en mayor medida que el anterior, relacionado con el hemisferio izquierdo. Esta parte también está relacionada con la capacidad para activar/inhibir determinadas respuestas. Ambas partes, (A y B), requieren rapidez perceptiva y visomotora, si bien la parte B además requiere eficacia en los cambios conceptuales al alternar números y letras. (León-Carrión, 1986, 1989). Para Mittelmeier et al., (1989), el TMT se usa normalmente para evaluar la velocidad viso-motora, capacidad de exploración, y habilidades de planificación. Bayles et al., (1989), encuentran que una buena ejecución en la parte B del TMT correlaciona con una buena ejecución en pruebas de establecimiento de categorías verbales.

En el estudio realizado por Barroso, (op. cit.), con pacientes afectados de daño frontal, los sujetos del grupo con lesiones frontales emplean casi el doble de tiempo en ejecutar ambas partes de la prueba que los sujetos del grupo no frontal. En la parte A, obtiene la misma media de errores en ambos grupos, pero en la parte B obtiene más del doble de errores que el grupo control. Esto puede explicarse porque en tareas relativamente sencillas los sujetos con lesiones frontales son relativamente eficaces, mientras que a medida que se complejizan las mismas sus estrategias se tornan claramente ineficaces y fracasan. También se puede argumentar que los sujetos con daño frontal tienen mucha dificultad para poner en marcha y mantener sus habilidades perceptivas y relacionarlas con las perceptivo-motoras, si bien cuando se les pide a estos sujetos que efectúen cambios conceptuales fracasan en esta tarea cometiendo muchos errores.

— *Prueba de Stroop (Strop Test, Stroop, 1935)*. En ella se valora fundamentalmente el componente atencional mediatizado por el lóbulo frontal, valorando la interferencia que se produce cuando se pide una respuesta mientras se inhibe otra complementaria. Esta prueba discrimina muy bien a los paciente con alteraciones frontales de los normales. (Harris, 1995), e implica el uso del lóbulo frontal para inhibir estímulos interfirientes adaptando las conductas a situaciones poco usuales (Perret, 1974). Diferentes estudios con neuroimágenes funcionales han demostrado una activación frontal extensa cuando se trabaja en esta tarea, (Bench et al. 1993), especialmente la región orbitofrontal que juega un papel muy importante en la activación/inhibición de las tareas que se requieren en ella. La Batería Neuropsicológica Sevilla (León-Carrión, 1997) contiene una versión informatizada de esta prueba

- Pruebas con *actividades de la vida diaria*. (Hayes-Roth y Hayes-Roht, 1979; Bisiacchi y Sgaramella, 92). Estas tareas se agrupan bajo el nombre genérico de "*actividades de la vida diaria*", y son las necesarias para funcionar en el día a día con eficacia. Estas actividades van a definirse como "una simulación mental en la que se consideran las circunstancias y se recorren las posibles

acciones evaluando las consecuencias y seleccionado el orden óptimo de metas para después ejecutarlo». (Cohem, 1988)

Hayes-Roth y Hayes-Roth, (op. cit.), desarrollan un modelo general de planificación en el que se propone una tarea de encargo-planificación. A los sujetos se les provee de una lista de encargos para que la ejecuten en un plazo de tiempo limitado. Como ocurre en la vida real, los sujetos para poder organizar los encargos, deben primero adquirir información sobre ellos, priorizarlos y secuenciarlos, buscar acciones alternativas y tener en cuenta factores espacio-temporales.

En el estudio realizado por Shallice y Burgess, (1991), con este tipo de pruebas concluyen que todos los sujetos con lesiones frontales presentan dificultades al evaluar y/o articular sus metas. Los mismos hallazgos son encontrados por Sagaramella, Bisiacchi y Zettin, (1997). Los sujetos con lesiones frontales tienen dificultades relevantes al organizar el plan de acuerdo con las reglas lógicas y las obligaciones. Estos pacientes tienen dificultades para mantener activa toda la información requerida para ejecutar correctamente la tarea y para dirigir correctamente su propia ejecución. Los sujetos intentan producir grupos organizados de metas pero fracasan al organizar los grupos en un plan global eficiente.

Síndromes neurocognitivos frontales

Los síndromes neurocognitivos frontales son fundamentalmente de dos tipos. El primero se refiere a los cambios generales del comportamiento que se engloban en *cambios de personalidad*. Estos cambios pueden ser de dos tipos, de un lado, los que pueden agruparse como cambios relativos a la *activación para la acción*, donde los sujetos manifiestan adinamia y apatía total, carencia de toda iniciativa, pérdida de interés, falta de previsión para el futuro, y ausencia total de normas sociales. Por otro lado, se agrupan los *cambios en el tipo de respuesta*, estos sujetos no acomodan sus respuestas al estímulo, ni en cuanto a la cantidad de la misma, ni en cuanto a su calidad, son hiperreactivos, desinhibidos, responden incontroladamente a estímulos afectivos que situaciones normales no deben desencadenar estas respuestas.

Las lesiones en la zona prefrontal causan diferentes tipos de problemas neurocognitivos: problemas de codificación temporal; problemas de estimación (errores al estimar hechos poco conocidos comparados con hechos de primer orden); problemas de atención sostenida y mantenimiento de la focalización; problemas de exactitud al estimar intervalos temporales; problemas de formación de conceptos; problemas de funcionamiento verbal que influencia la memoria de trabajo; problemas de anticipación para respuestas verbales y motoras futuras; problemas para mantener la información almacenada durante largo tiempo; problemas para el desarrollo de respuestas asociativas de segundo orden; problemas de conducta social; y estado de humor inadecuado.

Otros autores como Varney y Menefee, (1993), refiriéndose a la definición propuesta por Lezak, (op. cit), ofrecen un listado de descriptores que caracterizan a un sujeto con síntomas de este tipo como: «sujetos con empatía y juicio pobres, mentalmente ausente, indecisos, inmaduros, con pobre insight, desorganizados, impulsivos, con pobre capacidad de planificación, sin refuerzos, inexpontaneos, auto-centrados en sí mismo, perplejos, de baja motivación, rígidos e inflexibles, perseverantes, de afectos aplanados, desinhibidos, y arriesgados».

En general, si se trazan dos líneas que dividan en dos planos, uno coronal y otro sagital a este córtex prefrontal se pueden delimitar varias zonas que al lesionarse por separado van a dar lugar a unas alteraciones diferentes y características de cada una de ellas. Si la lesión tiene una localización en la zona sagital, la situación anteroposterior de la misma determinará el tipo de trastorno que se va a presentar, esto es, si la lesión se localiza cerca del córtex motor, afectará en mayor medida al movimiento en sí; si la localización está un poco más alejada de esta zona, hacia la punta del lóbulo, afectará en mayor medida a la integración del programa motor (lo

desintegrará); en cambio si la lesión se sitúa en la parte más anterior, se perturba el plan organizativo de ese acto motor (falla la capacidad para organizar/dirigir un plan dirigido a una meta). Por el contrario, en el plano sagital, si la lesión tiene una localización orbitomedial, se producen alteraciones que se relacionan fundamentalmente con el estado de alerta y/o atención del organismo, apatía, falta de motivación. Del mismo modo las lesiones localizadas en estas áreas también tienen como resultado alteraciones de las respuestas afectivas del sujeto. La afectación de las zonas más laterales tienen como resultado compromisos en las conductas más elaboradas y en las cogniciones.

Si estas lesiones se localizan en la zona lateral del hemisferio dominante, (izquierdo en la mayoría de las personas), se pueden producir alteraciones además relacionadas con el habla (afasias).

Al seguir el planteamiento teórico expuesto por Luria (op. cit.) para que una idea llegue a convertirse en una acción, (IDEA → Intención → programación → regulación → verificación → SALIDA), se podrán observar las diferentes alteraciones: las *disfunciones en la intención y la programación* están asociadas claramente con los síndromes llamados *pseudodepresivos/apáticos/akinéticos* que incluyen altos niveles de apatía e indiferencia. De otro lado, las *disfunciones en la regulación y en la verificación* parecen más asociados con los síndromes que se han llamado *pseudopsicopáticos/deshinibidos*. En ellos, los déficits en el paso de la regulación producen desinhibición, impulsividad y distraibilidad, mientras los déficits en el paso de la verificación producen una utilización pobre de los errores cometidos

Otra clasificación detallada y bien organizada es la propuesta por Imbriano, (1983). En ella, según la zona prefrontal donde se produzca el daño se pueden observar unos síndromes típicos que dependen de su localización. El *síndrome de la convexidad*, está caracterizado por presentar trastornos de la personalidad; del humor (euforia, moria); de la motricidad (hipocinesia, ataxia); lenguaje; del pensamiento (fabulaciones); alteraciones de la atención/concentración (somnia); y por último indiferencia psicoafectiva. El *síndrome orbitofrontal (basal)*, que se caracteriza por la falta de autocontrol, implicando agresividad (impulsividad, arranques emocionales violentos), ingesta de alimentos (ataques de bulimia), falta de normas sociales (actos amorales y antisociales), y hipersexualidad (auto, hetero, u homosexual). El *síndrome polar*, que se produce en lesiones de la zona orbital del lóbulo prefrontal, y cursa con alteraciones severas de la capacidad intelectual (falta de atención y de pensamiento lógico, desorientación en el tiempo y en el espacio, falta de autocontrol con marcada agresividad. Por último, el *síndrome esplenial (medial)* frecuentemente relacionado con alteraciones frontales izquierdas, se caracteriza por alteraciones de las expresiones faciales afectivas (amimia, hipomimia) e indiferencia afectiva, trastornos del pensamiento (ataxia y apraxia ideomotriz), y alteraciones del lenguaje (afasia, bradilalia, palabras entrecortadas). En este tipo de síndromes es característico que se presenten alteraciones de tipo neurovegetativas

Fuster, (1989), caracteriza dos síndromes, de un lado, en el caso de lesiones en el córtex prefrontal orbital con fallos en el mecanismo de control inhibitor; de otro, en el caso de lesiones en el córtex prefrontal dorsolateral y medial con falta de habilidad para iniciar y mantener nuevas conductas dirigidas a una meta. Para Schwartz y cols. , (1993), lo más importante de los sujetos con este tipo de lesiones prefrontales es que son incapaces de ejecutar rutinas y actividades simples de la vida diaria.

De todas las clasificaciones que se han descrito, la que más claramente sistematiza los hallazgos referentes a esta porción del cerebro es la realizada por Cummings, (1985, 1993, 1995), y Chow y Cummings, (1999), que describe tres síndromes: el *síndrome orbitofrontal* que se manifiesta con desinhibición, impulsividad, labilidad emocional, juicio pobre, distraibilidad, y antisocial, al que los autores denominan *síndrome de desinhibición*, fundamentalmente va a dar lugar a la pérdida del funcionamiento ejecutivo asociado a la conducta de tipo social. El *síndrome de la convexidad frontal*, que se caracteriza por apatía, indiferencia, retardo psicomotor, pérdida de impulso, de la abstracción

y de la categorización, en él se va a encontrar un alto grado de desorganización conductual, a este síndrome le denominan *síndrome apático*. El *síndrome medio frontal o cingular anterior*, caracterizado por escasez de gestos espontáneos y movimientos, debilidad y pérdida de sensibilidad en las extremidades inferiores, incontinencia, este recibe el nombre de *síndrome akinético* del lóbulo frontal y se observará pérdida de iniciativa, desmotivación, y pasividad.

Es importante resaltar que incluso al mantener intacta la zona prefrontal del cerebro se puede observar sintomatología correspondiente con los diferentes síndromes prefrontales propuestos cuando las lesiones se ubican en las zonas sub-corticales donde estos circuitos hacen sus conexiones. Estas lesiones que cursan con sintomatología similar a la descrita para su zona de partida prefrontal se pueden dividir según las estructuras por donde cada una de esas vías transcurre.

Las alteraciones del sistema estriado, (córtex prefrontal dorsolateral proyecta al núcleo caudado lateral; córtex orbito-frontal hacia la región ventro-medial del mismo; y córtex cingulado a núcleo estriado ventral y núcleo acumbens), van a tener como resultado a nivel de núcleo caudado dorsal estados de confusión y desinterés general. Las lesiones de localización ventral de esta misma estructura presentan conductas desinhibidas, inapropiadas y manifestaciones exageradas de euforia. Ambas correlacionan con las manifestaciones de los síndromes propios de las zonas prefrontales con las que están conectadas. En cuanto a la proyección del cortex prefrontal cingulado no se han observado hallazgos tan concluyentes como en los anteriores, pero en las lesiones del núcleo acumbens se han apreciado apatía, falta de emociones y pérdida de iniciativa, similares a los síntomas del mutismo akinético que se presenta en lesiones del córtex prefrontal medial. De la misma forma también se ha descrito mutismo akinético en alteraciones producidas en regiones adyacentes al tercer ventrículo.

En alteraciones del globo pálido, muy raras de forma aislada. se han descrito en general cambios de personalidad, apatía, pérdida de interés, akinesia, falta de actividad física espontánea, falta de iniciativa....etc.

En las alteraciones talámicas no se pueden concretar síndromes con características independientes que coincidan con los descritos para cada zona prefrontal. Los estudios de lesiones en esta zona muestran que los pacientes presentan problemas de memoria a la vez que problemas pertenecientes a las características del síndrome prefrontal dorso-lateral, y orbitofrontal.

Conclusiones y Perspectivas

En las últimas décadas se ha escrito y discutido extensamente sobre los aspectos teóricos del funcionamiento ejecutivo. Estamos aún en una discusión abierta. Para la mayoría de las escuelas neuropsicológicas la existencia de este *sistema ejecutivo* está aceptada como principio rector de las formas más organizadas del comportamiento humano, así como su localización en las zonas frontales del cerebro.

El debate abierto es enriquecedor y abre nuevos e interesantes perspectivas para conocer el funcionamiento de la cognición y del comportamiento humano. No es posible hoy explicar la conducta humana sin referirse al funcionamiento ejecutivo. Nuevos trabajos con clásicas y modernas técnicas de investigación y evaluación aportarán en los próximos años apasionantes avances en la comprensión del conocimiento humano.

Bibliografía

Adams, K.; Gilman, S.; Koeper, R.; Kluin, K. Correlatin of neuropsychological function with cerebral

- metabolic rate of subdivision of older alcoholic patients measured with (-sup-1-sup-8f) fluorodesoxiglucose and positron emission tomography. *Neuropsychology*. 9, 275-280. 1995
- Aicardi, J. Attention deficits and specific learning disorders. En J.P. Alloway *Diseases of the Nervous system in childhood*. Raven Press. London. 1998.
- Allegri, R.; Harris, P. La corteza prefrontal en los mecanismos atencionales y la memoria. *Revista de Neurología* 32: 1-5. 2001
- Anderson, W.; Damasio, H.; Jones, R.; Tranel, D. Wisconsin Card Sorting Test performances as a measure of frontal lobe damage. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol. 13(6):909-922. 1991.
- Armitage, M. An analysis of certain Psychological Test used for the evaluation of brain injury. *Psychological Monographs*. 60. nº 1. 1946.
- Baddeley, A.; Hitch, C. Working memory. En G. Bower ed. *The psychology of learning and motivation*. Vol. 8: 47-89. New York. Academic Press. 1974..
- Barroso y Martín, J.M. *Déficits Neuropsicológicos asociados a lesión en el lóbulo frontal. Un estudio con pacientes supervivientes a Traumatismo craneoencefálico*. Tesis Doctoral. Trabajo no publicado. Universidad de Sevilla. 1997
- Bayles, K.; Salmon, D.; Timoeda, C.; Jacobs, D. Semantical and letter category naming in Alzheimer's patients: A predictable difference. *Developmental Neuropsychology*. Vol 5(4):335-247. 1989
- Bench, C.; Frith, C.; Grasby, P.; Friston, L.; Paulsen, E.; Frackowiak, R.; Dolan, R. Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*. 31; 907-922. 1993
- Berg, E.A. A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *Journal of General Psychology*. 39:15-22. 1948
- Bisiacchi, P.; Sgaramella, T. La memoria prospettica negli anziani. *Psicologia e Società* XVII, 1-2, 77-94. 1992
- Bond, J.A.; Butcher, H.A. Comparison of the Wisconsin Card Sorting Test and the Halstead Category Test. *Journal of Clinical Psychology* 40:1251-1255. 1984
- Boone, K. Neuropsychological assessment of executive functioning. En B. Milner, y J. Cummings eds. *The human frontal lobes*. p. 247-260. New York. The Guilford Press. 1998.
- Cohen, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: Evidence for multiple memory systems. En *Neuropsychology of Memory*, (1 ed. pp. 83-103). Editado por L.R. Squire y N. Butters. New York. Guilford Press. 1988
- Chelune, G.; Baer, R. Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol 3:219-228. 1986.
- Chow, T.; Cummings, J. Frontal-subcortical circuits. En Miller BL y Cummings, JL eds. *The human frontal lobes*. Guilford Press. New York. 1999.
- Crockett, D.; Bilsker, D.; Hurnitz, T.; Kozak, J. Clinical utility of three measures of frontal lobe dysfunction in neuropsychological samples. *International Journal of Neuroscience*. 32:895-899. 1986
- Cummings J. *Clinical Neuropsychology*. New York. Grune & Stratton. 1985.
- Cummings, J. Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*. 50: 873-880. 1993.
- Cumming, J. Anatomic and behavioral aspects of frontal-subcortical circuits. *Ann. N Y Acad. Sc.* 769:1-14. 1995.
- Damasio, H.; Grabowski, T.; Frank, R.; Galaburda, A.; Damasio, A. The returns of Phileas Gage: Clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*. 264: 1102-5. 1994.
- Eichenbaum, H.; Cahill, L.; Gluck, M.; Hasselmo, M.; Kell, F.; Martin, A., et. al. Learning and memory: system analysis. En M. Zigmund, F. Bloom, S. Landis, J. Roberts y L. Squire eds. *Fundamental neuroscience*. P. 1.455-86. San Diego. Academic Press. 1999
- Estevez, A.; García, C.; Barraquer, L. Los lóbulos frontales del cerebro. *Revista de Neurología*. 31(6):566-577. 2000.
- Fuster, J.M. *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobes*. New York. Raven Press.1980.
- Gagné R.M.; Smith, E.C. A study of the effects of verbalization on problem solving. *Journal of Experimental Psychology*. 63. 12-18. 1963.
- Glosser, G.; Goodglass, H. Disorders in executive control functions among aphasic and other brain-

- damaged patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol 12, nº 4:485-501. 1990.
- Golden, C. *Clinical interpretation of objective psychological test*. New York. Grune and Stratton. 1979.
- Goldman-Rakic, P. Circuits of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. En Plum, F. Eds. *Handbook of physiology; nervous system*. Vol 5: 373-417. American Physiological Society. Washington. 1987.
- Goldman-Rakic, P. Topography of cognition: Parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of neurosciences*. Vol. 11. 1988.
- Goldman-Rakic, P. Working memory and the mind. *Scientific America*.. 267:110-117. 1992
- Golstein, G. Neuropsychological heterogeneity in schizophrenia: A consideration of abstraction and problem solving abilities. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 5:251-264. 1990.
- Gómez-Beldarrain, M.; Grafman, J.; Pascual-Leone, A.; García-Monco, JC. Procedural learning is impaired in patients with prefrontal lesions. *Neurology*. 52: 1853-60. 1999.
- Gomez-Bosque, P.; Gómez-Carretero, M.E. *Tratado de Psiconeurobiología. Morfoloofuncional del sistema nervioso*. Secretariado de publicacion de la Universidad de Valladolid. Valladolid. 1987.
- Graffman, J.; Hollyhoak, K.; Boller, F. Structure and functions of the human prefrontal cortex. Vol. 769. New York: New York Academy of Science. 1995
- Grant, P.B.; Berg, E.A. A behavioral analysis of degree of reinforcement and case of shifting to new response in a weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*. 38:404-411, 1948
- Grattam, L. Eslinger, P. Long-term psychological consequences of shilhood frontal lobe lesions in patients. Special issue: The role of the frontal lobe maturation in cognitive and social development. *Brain and Cognition*. 20(1) 185-195. 1993.
- Halstead, W.C. *Brain and Intelligence. A Quantitative Study of teh Frontal Lobes*. University on Chicago Press. Chicago. 1947
- Hagstadius, S.; Risberg, J. Regional cerebral blood flow characteristics and variations with age in resting normal subjects. *Brain and Cognition*. 10: 28-43. 1989
- Harris, J. Neuropsychological testing: assessing the mechanism of cognition and complex behavioral functioning. En J. Harris ed. *Developmental neuropsychiatry*. p. 20-54. New York. Oxford University Press. 1995.
- Hayes-Roth, B.; Hayes-Roth, F. A cognitive model of planning. *Cognitive Science*. 3,275-310. 1979
- Heaton, R.N. *Wisconsin Card Sorting Test manual*. Odessa. Florida. Psychological Assessment Resources. 1981
- Hécaen, H. Mental symptoms associated with tumors of the frontal lobe. En Warren J, y Akert, F. Ed. *The frontal granular cortex and behavior*. New York. McGraw-Hill. 1964
- Heinrichs, R.W. Variables associated with the Wisconsin Card Sorting Test performance in neuropsychiatric patients refered for assessment. *Neuropsychiatric, Neuropsychology and Behavioral Neurology*. Vol. 3 Nº 2 107-112. 1990
- Hermann, B.P.; Wyler, A.R.; Rickhey, E.T. Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with complex partial seizures of temporal lobe cortex. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 10:467-476. 1988
- Hooper, S. ; Boyd, T. Neurodevelopmental disorders. In J. E. Obtzur & G.W. Hydn (Eds.) *Child Neuropsychology*. Vol. 2. *Clinical Practise*.. Orlando. Academic Press. 1986.
- Hormann, A. M. Gaku: An Artificial Student. *Baheviour Science*. 10. 88-107. 1965
- Imbriano, A. E. *Lóbulo prefrontal y comportamiento humano*. Ed. Jims. Barcelona. 1983.
- Kelley, V.; Miezin, F.; McDermott, K.; Buckner, R.; Railche, M.; Cohem, N., et. A. Hemispheric specialization in human dorsofrontal cortex and medial temporal lobe for verbal and nonverbal memory encoding. *Neuron* 20: 927-936. 1998
- King M.C.; Snow, N.G. Problem solving task performance in brain damage subjects. *Journal of Clinical Psychology*. 37:400-404. 1981.
- Klimbe, D.P. *Physiological Psychology*. Reading. Massachusetts.1963.
- Landau, Y.; Gross-Tsur, V.; Auerbach, J.; Van deer Meere, J.; Shalev, R. Attention-déficit hiperactivity disorder and development righ-hemisphere syndrome: congruence and incongruence of of cognitive and behavioral aspects of attention. *Journal of Child Neurology*. 14:209-303. 1999

- Lezak, M.D. *Neuropsychological Assessment*. 3th Edition. Oxford University Press, 1995
- León-Carrión, J. *Diagnóstico clínico en Psicología*. Alfar. Sevilla. 1986
- León-Carrión, J. A cronobiological test for cognitive styles: Crono-Trail Making. *Perceptual and Motor Skills*. 69:1115-1122. 1989.
- León-Carrión, J.; Barroso y Martín, J.M.; *Neuropsicología del pensamiento. Control ejecutivo y lóbulo frontal*. Kronos. Sevilla. 1997
- León-Carrión, J. *Batería Neuropsicológica Sevilla*. B.N.S. TEA S.A. Madrid. 1997.
- León-Carrión, J. *Neuropsychological Rehabilitation. Fundamentals, Innovations, and Directions*. Edited by J. León-Carrión. St. Lucie Press Delray Beach, FL. 1997-b.
- León-Carrión, J. Semiología de los síndromes psiquiátricos derivados de traumatismos craneales por accidente de tráfico. *Revista Española de Neuropsicología*, 3, 1-2:1-20. 2001.
- León-Carrión, J. Bases neurales del ensamiento. En J.A. Mora (Ed.), *Neuropsicología Cognitiva: Algunos problemas actuales*. Málaga. Ed. Aljibe. 2001-b
- Luria, A.R. *Higher cortical functions in man*. New York. Basic Books. 1966.
- Luria, A. R. *The Working Brain: An introduction to Neuropsychology*. New York. Basic Books Inc.. 1973
- Luria, A. R. La organización funcional del cerebro. En *Psicología Contemporánea*. Seleccionados del Scientific América. H. Blume Ediciones. Madrid. 1975.
- Luria, A. R. *Las funciones corticales superiores del hombre*. Orbe. La habana. 1977
- Marenco, S.; Coppola, R.; Daniel, D; Zigun, J. Regional cerebral blood flow during the Wisconsin Card Sorting Test in normal subjects studied by Xenon-133 dynamic SPECT: Comparison of absolute values, percent distribution values and covariance analysis. *Psychiatry Research Neuroimaging*. Vol 50:177-192. 1993.
- Mateer, C. The rehabilitation of executive disorders. En Stuss, D., Winocur, G., y Robertson, I. Eds. *Cognitive Neurorehabilitation*. Cambridge University Press. U.K. 1999
- Metcalfe, J.; Shimamura, A. *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1994
- Milner, B. Effects of different brain lesions on card sorting: The role of the frontal lobes. *Arch. Neurol*. 9:90-100. 1963.
- Milner, B. *Some effects of frontal lobectomy in man*. En Warren, J.M. and Arker, K. (Eds). *The frontal granular cortex and behavior*. McGraw Hill. New York. 1964.
- Milner, B. Interhemispheric differences in the localization of physiological processes in man. *British Medical Bulletin*. 27:272-277. 1971.
- Mittenmeier, C.; Rossi, J.; Berman, A. Discriminative ability of the Trail Making Test in young children. *International Journal of Clinical Neuropsychology*. Vol. 11(4):163-166. 1989
- Moses, J. ; Maruishi, M. A critical review of the LNNB literature. XII- New developments 1987-1988. Part one. *International Journal of Clinical Neuropsychology*. Vol.22. 1990.
- Osmond, D.C. The use of test batteries in clinical neuropsychology. En Golden y Vicente *Foundations of Clinical Neuropsychology*. Plenum Press. New York..1983.
- Osmond, D. Complexity in the evaluation of executive functions. En J. Sweet ed. *Forensic Neuropsychology. Fundamentals and practise*. Sweets & Zeitlinger. 1999.
- Owen, A.M.; Downes, J.J.; Sahakian, B.J.; Polkey, C.E; Robbins, T.W. Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 28:1021-1034. 1990
- Perceman, E. *The frontal lobes. Revisited*. Lawrence Earlbaum Associates Publishers. Hillsdale, New Jersey. 1987.
- Perret, E. The left frontal lobe of human and the suppression of habitual response in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia*. 12:323-330. 1974
- Perrine, K. Concept formation in the Wisconsin Card Sorting Test and Category Test. Trabajo presentado a la XIV Reunión Anual de la Sociedad Internacional de Neuropsicología. 1986
- Pineda, D. A. La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*. 30 (8): 764-768. 2000
- Pineda, D. A. La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*. 30 (8): 764-768. 2000
- Prigatano, G. The problem of awareness in neuropsychological rehabilitation. En J. León-Carrión (Ed.) *Neuropsychological Rehabilitation. Fundamentals, Innovations and Directions*. Delray Beach., Florida. St Lucie Press. 1997.
- Rapin, I. *Children with brain dysfunction. Neurology, cognition language and behavior*. Raven Press. New York, 1997

- Reitan, R. The validity of T.M.T. as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motors Skills*. 8:271-276. 1958
- Schachter, D.; Savage, C.; Alpert, N.; Rauch, S.; Albert, M. The role of the hippocampus and frontal cortex in age-related memory changes: A PET study. *Neuroreport*. 7:1165-1169. 1996.
- Schwartz, M.F.; Mayer, N.H.; Fitzpatrick; Desalme, E.J.; Montgomery, M.W. Cognitive theory and the study of everyday action disorders after brain damage: *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 8: 52-72. 1993
- Sgaramella, T.; Bisiacchi, P.; Zettin, M. From a componential analysis to a cognitive rehabilitation of everyday planning. En J. León-Carrión Eds. *Neuropsychological rehabilitation. Fundamentals, innovations and directions*. St. Lucie Press. Delray Beach FL. 1997.
- Shallice, T.; Burges, P. Deficits in strategy applications following frontal lobe damage in man. *Brain*. 114, 727-741. 1991.
- Shallice, T.; Fletcher, P.; Frith, C.; Grasby, P.; Frackowiak, R.; Dollan, R. Brain regions associates with aquisition and retrieval of verbal episodic memory. *Nature*. 368:633-635. 1994.
- Sohlberg, M.M.; Mateer, C.A. Effectiveness of an attention training program. *Journ. of Clin. and Exp. Psychol.* 9(2):117-130. 1989
- Sohlberg, M; Mateer, C.; Stuss, D. Contemporay approaches to the management of executive control dysfunction. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 8: 45-58. 1993.
- Stroop, J.R. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journ. Exp. Psychol.* 18:643-662. 1935
- Strub, R.; Black, F. *Oganic Brain Syndromes. An introduction to neurobehavioral disorders*. Davis Company. Philadelphia. 1981.
- Stuss, D.T.; Benson, D.F. Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*. 95, 3-28. 1984.
- Stuss, D.T.; Benson, D.F. *The Frontal Lobes*. Raven Press. 1986.
- Stuss, D. *Self awareness and the frontal lobes: A neuropsychological perspective*. En G. R. Goethaals y J. Strauss, (Eds.) *The self: An interdisciplinary approach*. Springer-Verlag. New -york. 1991.
- Stuss, D.; Alexander, M., ; Benson, D. Frontal lobe function. En M. Trimble y J. Cummins eds. *Contemporary bahavioral neurology*. P. 169-187. Boston. Butterworth-Heinemann. 1997
- Sullivan, J.; Delaney, C. Training for success on the Wisconsin Card Sorting Test. *International Neuropsychological Society*. Orlando. 1990
- Teuber, H. I. The riddle of the frontal lobe in man. En *The frontal granular cortex and behavior*. Editado por J. M Warren and K.Arker. Pp.410-444. McGraw Hill, New York, 1964.
- Varney, N.R.; Menefee, L. Psychological and executive deficits following closed injury: Implications for orbital frontal cortex. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 8: 32-44. 1993
- Von Essen, M.; Maunsel, T. Hierarchical organization of functional steam in the visual cortex. *Trend in Neuroscience*. 6:370-375. 1983.
- Walsh, K.W. *Neusopsicología Clínica*. Alhambra Universidad. Madrid. 1986.
- Weigl, E. On the psyhology of the so called process of abstraction. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 36:3-33. 1945.
- Weinberger, D.; Berman, K.; Ladorola, M. Prefrontal cortical blood flow and cognitive function in Huntington's disease. *J. of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 51:94-104. 1988.
- Welsh, M. ; Pennington, B. Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*. Vol. 4(3) 199-230. 1988.
- Willis, D.; Mateer, C. Developmental impact of frontal lobe injury in kiddle childhood. Special issue: the role of frontal lobe in maturarion in cognitive and social development. *Brain and Cognition*. 20 (1): 196-204. 1992.