

FUNCIONAMIENTO EJECUTIVO Y CAPACIDAD PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS EN PACIENTES CON TRAUMATISMOS CRANEOENCEFALICOS

JUAN M. BARROSO Y MARTÍN ¹, JOSÉ LEÓN-CARRIÓN ²
FRANCISCO MURILLO CABEZAS ³, JOSÉ M^a. DOMÍNGUEZ
ROLDÁN ³, M^a. ANGELES MUÑOZ SÁNCHEZ ³, PEDRO
FORASTERO FERNÁNDEZ-SALGUERO ³

¹ Centro de Rehabilitación de Daño Cerebral. C.RE.CER.

² Departamento de Psicología Experimental. Universidad de Sevilla.

³ Hospital de Rehabilitación y Traumatología. Hospital Universitario Virgen del Rocío.
Universidad de Sevilla

Resumen:

El presente estudio investiga los déficits neuropsicológicos asociados al lóbulo frontal en pacientes con Traumatismo Craneoencefálico. Se han estudiado dos grupos de pacientes. El primero con lesiones exclusivamente frontales y el segundo con lesiones en cualquier otra parte del cerebro excepto en el lóbulo frontal. Las pruebas neuropsicológicas utilizadas son The Wisconsin Card Sorting Test y la Torre de Hanoi/Sevilla. Los resultados indican que los pacientes con lesiones localizadas en el lóbulo frontal presentan mayor deterioro ejecutivo, de razonamiento y en la capacidad para resolver problemas que los que han sufrido la lesión en zonas del cerebro distintas al lóbulo frontal.

Palabras Clave: Funcionamiento Ejecutivo; Lóbulo frontal; Resolución de Problemas; Traumatismo craneoencefálico; Evaluación Neuropsicológica; Torre de Hanoi/Sevilla; Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin.

Abstract:

The present study was designed to study the main neuropsychological deficits and other associated problems in patients with Traumatic Brain Injury wich involve lessions in the frontal lobe. For this two groups of patients have been studied, using the Wisconsin Card Sorting Test and the Tower of Hanoi/Sevilla, with lessions located in this area (frontal group) and in other zones of the brain (non frontal group) exept frontal lobe. The results suggest that in patients with frontal lobe lessions there are a bigger executive impairment, of reasoning and in the

capacity to solve problems that are in the group with lesions in other zones of the brain different of the frontal lobe.

Key Words: Executive Functioning, Frontal Lobes, Problems Solving, TBI, Neuropsychological Assessment, Hanoi/Sevilla Tower, Wisconsin Card Solving Test.

1. Introducción.

Los pacientes con lesiones producidas por traumatismo craneoencefálico que afectan al lóbulo frontal de su cerebro, pueden presentar características específicas que van a oscilar desde una leve exacerbación de sus rasgos de personalidad previos al traumatismo, pasando por cambios mucho más drásticos en los mismos descritos a nivel clínicos por Blumer y Benson (1.976), como pseudodepresivos y pseudopsicopáticos, hasta presentar un conjunto de síntomas bien agrupados y definidos con características concretas que encajan en los diferentes síndromes frontales propuestos por autores como Cummings, (1.985), que los agrupa en síndrome orbitofrontal, de la convexidad, y medio frontal.

Existen otros defectos que no son tan obvios, pero no por ello menos importantes, de entre los que se pueden destacar el deterioro de la capacidad de iniciar una actividad, disminución/ausencia de motivación, defectos en la planificación y en el desarrollo de una secuencia de actividades que lleven conductas dirigidas a una meta, acciones que tienen una importancia capital dentro de las rutinas y actividades de la vida diaria. (Hécaen y Albert, 1.978; Walsh, 1.978; Luria, 1.980; Lezak, 1.995).

Por otra parte, parece haber un amplio acuerdo en que las lesiones en el lóbulo frontal afectan fundamentalmente a las funciones ejecutivas y la capacidad para la resolución de problemas. En general los pacientes con lesiones frontales suelen aparecer como normales en la mayoría de las pruebas psicológicas tradicionales (incluyendo tests de inteligencia), ya que en general las pruebas están bastante estructuradas (León-Carrión, 1997). A los pacientes frontales se les detectan sus déficit de organización cognitiva cuando ellos tienen que resolver problemas u organizar información compleja por si mismos, y sin ayuda externa.

El presente trabajo estudia los déficit ejecutivos y de resolución de problemas en pacientes frontales cuando se comparan con pacientes no frontales, y con pruebas bien estructuradas (Wisconsin Card Sorting Test) y poco estructuradas (Torre de Hanoi/ Sevilla).

2. Sujetos y Procedimiento.

2.1. Sujetos

La muestra la componían un total de 40 sujetos que sobrevivieron a un traumatismo craneoencefálico grave, ($GCS \leq 9$), divididos en dos grupos de 20 sujetos cada uno, el primero de ellos denominado Grupo Frontal y el segundo Grupo no Frontal.

Los sujetos del **Grupo Frontal** lo formaron 5 mujeres y 15 varones, con un rango de edad comprendido entre 13 y 63 años; el rango para los años de educación estaba comprendido entre 5 y 17 años; estuvieron en coma durante al menos 11 días, con un rango de puntuaciones de entre 11 y 47 días; de ellos, todos excepto tres sufrieron lesiones derivadas de un accidente relacionado con vehículos a motor (doce accidentes en motocicleta, cuatro accidentes en coche, tres accidentes laborales, y un atropello.)

Los sujetos del grupo **No Frontal** también lo formaron 5 mujeres y 15 varones, con un rango de edad comprendido entre 15 y 44 años; el rango para los años de educación también estaba entre los 5 y los 17; estuvieron en coma entre 10 y 30 días; de ellos 17 sufrieron lesiones derivadas de un accidente con vehículo a motor (quince accidentes en motocicleta, tres accidentes laborales, un accidente en coche, y un atropello)

En la tabla 1. se pueden observar las Medias, Desviaciones Estándar y Rangos para las variables Edad, Años de Educación, GCS y Tiempo de coma de los diferentes grupos (frontal y no frontal).

2.2. Procedimiento

Todos los sujetos procedían del Hospital de Rehabilitación y Traumatología de uno de los hospitales más importantes de Sevilla, realizándose el estudio al ser dados de alta en dicho servicio y como mínimo un mes y medio después de dicho alta.

Todos los sujetos habían sufrido un Traumatismo Craneoencefálico; la Tomografía Axial Computerizada (TAC) y otros datos neurológicos de estos sujetos confirmaron la presencia de un daño cerebral al ser ingresados en el hospital.

Los sujetos del grupo frontal mostraban daño frontal contrastado por la TAC. Los sujetos del grupo no frontal mostraban daño cerebral en cualquier zona del cerebro excepto el lóbulo frontal según la misma prueba de neuroimagen.

	Grupo Frontal				Grupo No Frontal			
	edad	educ	G.C.S.	T. coma	edad	educ	G.C.S.	T. coma
M	29.75	9.7	5.9	23.05	25.25	10.2	6.1	18.45
SD	14.07	3.09	1.56	9.58	9.50	3.48	1.483	6.525
R	13-63	5-17	3-9	11-47	15-44	5-17	3-9	10-30

Varones: 15; Mujeres: 5

Tabla 1. Medias, Desviaciones Estándar y Rangos para las puntuaciones de los sujetos en las variables Edad, Años de Educación, G.C.S. y Tiempo de Coma para los grupos frontal y no frontal.

Se utilizaron dos pruebas clásicas para la evaluación de las funciones asociadas al lóbulo frontal en versión informatizada. Así pues, se utilizó la versión computerizada de la **Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin**, (Berg, 1.948; Grant y Berg, 1.948), con las siguientes variables dependientes: Tiempo Total empleado en ejecutar la totalidad de la prueba; Tiempo Medio o media temporal que tarda el sujeto en responder a cada uno de los items que forman la prueba; Errores o fallos cometidos de acuerdo al criterio fijado por el ordenador; y el número de Categorías alcanzado; y la

Torre de Hanoi-Sevilla, (Gagné y Smith, 1.963; Hormann, 1.965; Klix, 1.971; Simon, 1.975), en su versión computerizada (León-Carrión, et al., op. cit; León-Carrión, 1.998). En esta prueba se necesita de las habilidades de razonamiento, resolución de problemas y capacidad de aprendizaje, (Anzay y Simon, 1.979; Karat, 1.982; Simon, 1.976). La tarea pertenece a la clase de problemas de transformación en la que se le pide al sujeto que consiga una meta a través de la ejecución de una serie de movimientos utilizando estrategias de planificación, (Klix, op. cit.) donde el sujeto debía construir una torre igual a la que se le da en la barra número 1 en la barra número 3.

Las variables dependientes estudiadas en la Torre de Hanoi/Sevilla fueron: los Errores, o movimientos no permitidos que intenta ejecutar el sujeto. Estos errores pueden ser de dos tipos, error Tipo 1, cuando intenta mover un disco sobre uno más pequeño que el que mueve, y error Tipo 2, cuando intenta mover desde una barra un disco inexistente; el Número total de Movimientos; y el Tiempo Total que tarda en completar la tarea.

3. Resultados.

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos se realizaron pruebas mediante el paquete estadístico SPSS/PC+. (V. 3. 3. 1.), para un ordenador compatible IBM del Laboratorio de Neuropsicología Cognitiva Humana del Departamento de Psicología Experimental la Facultad de Psicología de la Universidad de Sevilla.

Como paso previo al análisis de los datos obtenidos en esta investigación, se procedió a comprobar que ambos grupos eran equivalentes en cuanto a la gravedad de las lesiones que presentaban, para así poder afirmar que las diferencias de las puntuaciones obtenidas en las distintas pruebas se debían a la variable independiente localización de la lesión y no a la magnitud de la misma. Esto se hizo mediante el Análisis Discriminante del programa estadístico SPSS/PC+.

Los resultados obtenidos en las diferentes prueba. se pueden observar en la tabla 2 donde se presentan las medias y desviaciones estándar de los dos grupos, (Frontal y No Frontal), para cada una de las variables estudiadas.

Para las variables Tiempo Total (WCSTOT) y Errores Total (WCSTER) en la prueba Wisconsin Card Sorting Test (W.C.S.T.) se puede observar que los sujetos del grupo frontal emplean más tiempo total (obtienen mayor puntuación) y cometen más errores totales (obtienen mayor puntuación) que los sujetos del grupo no frontal. Las puntuaciones de ambas variables presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que para la variable Tiempo Total presenta una $t = -3.10$ ($p = 0.004$) y para la variable Errores Totales una $t = -3.22$ ($p = 0.003$).

En cuanto a las variables Tiempo Medio (WCSTME) y la de Categorías (WCSTCA) se puede observar como el grupo de sujetos frontales, emplea más tiempo medio (obtiene mayores puntuaciones) que el grupo de sujetos no frontales en ejecutar esta prueba. En cuanto al número de categorías, el grupo de sujetos no frontales, obtiene más (mayor puntuación) que el grupo de sujetos frontales en esta prueba. Las puntuaciones de ambas variables son significativas a nivel estadístico ya que para la variable Tiempo Medio obtiene una $t = -3.16$ ($p = 0.003$) y para la variable Categorías, una $t = -1.17$ ($p = 0.040$).

	G. Frontal		G. No Frontal.	
	X	SD	X	SD
WCSTOT	857.950	363.238	592.750	119.413 *
WCSTME	4.317	1.459	3.072	0.570 *
WCSTER	69.500	24.252	47.550	18.520 *
WCSTCA	1.650	1.890	2.750	1.832 *
TOWMOV	48.65	60.058	20.000	11.872 *
TOWTIE	391.95	201.219	188.500	90.107 *
TOWER1	12.50	7.900	3.95	2.560 *
TOWER2	5.894	10.252	0.35	0.587 *

Tabla 2. Medias y Desviaciones Estandar para las diferentes variables estudiadas en los grupos frontal y no frontal. (*) puntuaciones significativas a nivel estadístico

En la prueba de la Torre de Hanoi-Sevilla las puntuaciones de las variables Tiempo Total (TOWTIE) y Movimientos Totales (TOWMOV) se puede observar que el grupo de sujetos frontales emplea más tiempo total (obtiene mayores puntuaciones) en ejecutar esta prueba y emplean también más movimientos en ella (mayores puntuaciones), que el grupo de sujetos no frontales. A nivel estadístico existen diferencias significativas en ambas variables, ya que para el Tiempo Total en la Torre, la $t = -4.13$ ($p = 0.007$), y para la variable Movimientos Totales, la $t = -2.09$ ($p = 0.043$).

Para las variables Errores Tipo 1 (TOWER1) y Errores Tipo 2 (TOWER2) de la misma prueba se observa que el grupo de sujetos frontales cometen más errores tipo 1 (obtiene mayores puntuaciones) al ejecutarla, y cometen también más errores tipo 2 en ella (mayores puntuaciones), que el grupo de sujetos no frontales. A nivel estadístico existen diferencias significativas en ambas variables, ya que para el Error Tipo 1, la $t = -4.58$ ($p = 0.000$) y para el Error Tipo 2, la $t = -2.42$ ($p = 0.020$).

4. Discusión.

Los resultados obtenidos por nosotros en la presente investigación se asemejan a los obtenidos por otros autores.

En la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin, las variables Tiempo Total y Tiempo Medio se observan diferencias significativas entre los grupos, lo que sugiere que los sujetos con lesiones en el lóbulo frontal son más lentos que los sujetos del grupo no frontal en la realización de la prueba. Parece ser que esta lentitud está en relación a la dificultad que tienen los pacientes frontales para clasificar y categorizar.

La segunda variable estudiada, Número Total de Errores, muestra que los sujetos con daño en el lóbulo frontal obtienen un número mayor que los del grupo de sujetos con daño no frontal. Los sujetos con daño frontal no son capaces de aprender de los errores que ya han cometido para no volverlos a cometer en ensayos sucesivos. Del mismo modo, estos sujetos, no utilizan de un modo eficaz la retroalimentación que se les presenta sobre la actividad que ya han ejecutado, lo que provoca que caigan una y otra vez en los mismos fallos, aunque se les avise de que los están cometiendo. Los errores que con más incidencia repiten los sujetos frontales son los errores clasificados como

perseveraciones, que además son la consecuencia de conductas de tipo impulsiva típicas en los pacientes con lesiones frontales. En ese sentido nuestro trabajo coincide con el de Milner, (op. cit.), quien demostró que, utilizando la misma prueba en un grupo de pacientes con focos epileptogénicos y su consiguiente resección en la zona del córtex prefrontal dorsolateral, la ejecutaban peor que otros grupos de sujetos con lesiones en otras áreas del cerebro. En su trabajo la variable que mejor discriminaba los sujetos con lesiones en el córtex prefrontal dorsolateral fué el número de errores cometidos por perseveraciones. En años posteriores, diferentes investigadores trabajando con grupos de pacientes neurológicos con diferentes etiologías han confirmado estos hallazgos mediante esta prueba.

Al igual que nosotros, Drewe, (1974), llegó a las mismas conclusiones estudiando los resultados de la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin de sujetos con diferentes alteraciones cerebrales, encontrando que los sujetos con lesiones frontales tenían significativamente más errores clasificados como perseveraciones que los otros sujetos. Robinson, Heaton, Lechman y Stilson, (1980), llevaron a cabo un estudio con 132 sujetos normales y 8 grupos de sujetos clasificados con diferentes localizaciones de lesión cerebral. En este trabajo el grupo de sujetos clasificados como normales tuvo menos respuestas perseveradas que la muestra total de lesionados cerebrales, y dentro de este último grupo, los sujetos con daño frontal ejecutaron la prueba de forma más pobre que el grupo de sujetos no frontales. Van der Broek y Bradshaw, (1993), encuentran en su estudio que la conducta impulsiva, tan típicamente presente en los sujetos con lesiones frontales, y perseverativa están asociadas con desordenes que afectan al lóbulo frontal.

Con las técnicas de neuroimagen, Weinberger, Berman y Zec, (1986), utilizando Xenon 133 para determinar el flujo sanguíneo cerebral regional (rCBF), encontraron un incremento relativo en áreas prefrontales dorsolaterales durante la ejecución del W.C.S.T., a la vez que encontraron activación en estas áreas durante la presentación de la prueba en la región prefrontal dorsolateral derecha. Esta última 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; Robinson et al. op.cit). En resumen, la evidencia sugiere que

la ejecución en el W.C.S.T., particularmente las respuestas consideradas como errores de perseveración son especialmente sensibles al funcionamiento del lóbulo frontal y en especial al área prefrontal dorsolateral. (Hermann, Wyler y Richey, 1.988).

En cuanto al Número de Categorías conseguida por cada grupo en nuestro trabajo, los sujetos del grupo con lesiones no frontales obtienen más categorías, (mejores puntuaciones), que los sujetos del grupo con lesiones frontales. Parece ser, y la evidencia experimental y clínica lo demuestra, que los sujetos con lesiones frontales no son capaces de categorizar y/o agrupar diferentes elementos por sus características físicas, y si lo hacen, estas categorizaciones son muy pobres. Un factor muy importante en este tipo de lesiones, es que debido a la localización de las mismas, la capacidad para mantener un criterio clasificatorio está disminuida, con lo que la pérdida de este criterio y/o la falta de la habilidad o la disminución de la capacidad para cambiarlo en función de la información que se obtiene del medio también estará disminuida por lo que aparecerán en esta prueba bastantes errores que harán que los sujetos con estas lesiones no obtengan buenas puntuaciones en su ejecución. Como señalan Glosser y Goodlass, (1.990), y Anderson et al., (1.991), las puntuaciones obtenidas por los sujetos en cuanto al número de categorías conseguidas pueden tomarse para indicar déficits en la flexibilidad de la respuesta, falta de atención y autorregulación, y como señala Milner, (1.964), están específicamente asociadas a lesiones frontales dorsolaterales.

En el trabajo de Arnett, Rao, Bernardin, Grafman et al., (1.994), donde se utilizan tres grupos de sujetos de los que los dos utilizados como experimentales presentan lesiones en el lóbulo frontal de diferente intensidad, encontraron que al ejecutar la Prueba de Clasificación de Wisconsin los sujetos de los grupos con daño frontal obtuvieron significativamente menos categorías y cometieron mas errores totales que los sujetos del grupo control, relacionándose directamente el número de errores cometidos con la cantidad de tejido lesionado en los grupos de sujetos con lesiones frontales.

En otro trabajo de Corcoran y Upton, (1.993), al compara la ejecución en esta prueba de dos grupos de pacientes, uno de ellos con lesiones frontales y el otro con lesiones en el hipocampo, observaron los mismos resultados que Arnett et al (op. cit.), si bien la explicación que estos autores suponen, son los

problemas en la memoria de trabajo que se presentan en las lesiones hipocámpicas que además es crucial para ejecutar esta prueba.

Como señala Perrine, (1.986), los fallos en el mantenimiento del principio de clasificación pueden provenir de fallos cognitivos secundarios a una simple inatención, o por dificultades para ignorar estímulos irrelevantes que dispersan la atención lejos del principio que se sigue para la clasificación, estos fallos son evaluados en la prueba que nos ocupa mediante las respuestas conceptuales que da el sujeto.

Luria presenta una visión de esta prueba y su relación con la actividad neurocognitiva al escribir "La regulación de la actividad dirigida a una meta y la modulación de las respuestas impulsivas, actividades evaluadas con la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin, están mediatizadas por áreas prefrontales" (Luria, 1.980).

Lezak, (op. cit.), mantiene que una pobre ejecución en la prueba puede ser debida a diferentes clases de déficits intelectuales. El sujeto puede tener dificultad al hacer diferentes clasificaciones de acuerdo con el criterio de categoría seguido, lo que podría indicar un alteración de la capacidad para formar conceptos. Este problema ocurre generalmente con pacientes que tienen dañado el lóbulo frontal, y particularmente los que tienen dañado el izquierdo (Lezak, op. cit.), y, concretamente el área medial de este lóbulo. De la misma forma, un error común cometido por los sujetos con estas patologías es la dificultad para cambiar de categoría de clasificación. (Drewe, 1.974).

Fernández-Ballesteros y León-Carrión, (1.992), aludiendo a las causas por las que se ejecuta pobremente la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin ponen como causas la incapacidad para formar conceptos en base a una abstracción de los elementos a clasificar; unas estrategias inadecuadas de comprobación de hipótesis; dificultad para cambiar de principio de clasificación, cuando es inadecuado el que está en uso; por rigidez cognitiva o por perseveración de categorías. Estos mismos autores observan que los sujetos normales pasan de una forma de clasificación a otra frecuentemente, según las exigencias del material para clasificar, mientras que, como mantienen Goldstein y Scheerer (1.941) y Hanfman y Kasanin (1.942) entre otros, los sujetos con lesión cerebral generalmente del lóbulo frontal tienden a formar reglas de clasificación ligadas exclusivamente a uno de los modos de

representación de la realidad exclusivamente. Un sujeto cuando está clasificando objetos tiene presente unas reglas con un atributo común que le permite identificar a todos los miembros de esa categoría. El cambiar de atributos comunes que permiten una determinada clasificación produce el fallo en el sujeto con lesión frontal que no sabe utilizar la información que en forma de sonido le devuelve el ordenador para introducir cambios en su conducta que le ayuden a descubrir el nuevo principio de clasificación.

Estos mismos resultados se confirman y complementan cuando analizamos los resultados obtenidos por los pacientes en la Torre de Hanoi/Sevilla. Los resultados muestran que en todas las variables dependientes que se han estudiado en la prueba de la Torre de Hanoi/Sevilla, los sujetos con daño en el lóbulo frontal obtienen mayores puntuaciones como ocurría en la prueba de Wisconsin, que los sujetos con daño en otras partes del cerebro, esto es, tardan más tiempo, emplean más movimientos y cometen más errores. De una forma general, los sujetos del grupo con daño frontal ejecutan la prueba peor que los sujetos del grupo no frontal.

Estos resultados muestran que mediante el uso de la Torre de Hanoi/Sevilla, aparte de demostrar la habilidad que presenta un determinado sujeto para conseguir una meta, también sirven para demostrar la capacidad para descomponer el problema global en submetas que serán más fácilmente solucionables, y también para ir descubriendo sus reglas de transformación. Esta prueba necesita de 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 espacial 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. La habilidad para solucionar la Torre de Hanoi/Sevilla 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 Torre de Hanoi/Sevilla, 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. (León-Carrión, 1.997)

Siguiendo a Wansart, (1.990), la conducta dirigida a la consecución de una meta, implica una interrelación entre la representación para el sujeto de la situación problema, (THS), y las clases de acciones dirigidas a esa meta que pueden ser llevadas a cabo en esa situación. De esta forma, cómo un sujeto llega a comprender una situación problema, estará en función de cómo se representa en su pensamiento la posibilidad de trabajar en el espacio problema.

Los resultados muestran que, como grupo, los logros del grupo con lesiones no frontales alcanzan niveles más sofisticados de uso en sus estrategias, mientras que los sujetos con lesiones frontales tienen limitada su capacidad para utilizar estrategias cuando sus rutinas de actuación cognitiva, ya sean habituales o automáticas, son inadecuadas para la tarea que ejecutan.

Este trabajo pone de manifiesto que para conseguir la meta final en la Torre de Hanoi/Sevilla necesita capacidad para iniciar la actividad (drive), y para mantenerla durante el tiempo de ejecución; capacidad para establecer un plan para esa actividad; capacidad para establecer y para dirigir el orden apropiado de sub-metas establecidas; capacidad de comprender la complejidad de la situación; comprender las reglas de la tarea; y finalmente, capacidad para comprobar las hipótesis establecidas.

En cuanto a las variables, cada una por separado puede ser interpretada de una manera diferente, así el valor que adquiere la variable Tiempo Total puede ser interpretada como un índice que nos da información sobre la velocidad de procesamiento del sujeto, de modo que mientras mas bajas sean las puntuaciones obtenidas, mejor integridad y eficiencia del sistema. Shallice, (1.982), propone que en esta prueba se requiere que los sujetos formulen un plan para llegar a la solución correcta. Este plan debe incluir una solución global que a su vez está descompuesta en varias sub-metas que deben estar correctamente secuenciadas en el tiempo para conseguir la meta global. Este autor encontró déficits específicos en cuanto al tiempo total en ejecutar esta prueba en pacientes con lesiones en el lóbulo frontal

izquierdo, con lo que concluye que tales déficits se deben a un fallo asociado a las funciones de planificación ejecutiva. Parece que los pacientes con daño frontal emplean más tiempo "pensando" o bloqueados ante las estrategias a seguir durante la ejecución de la Torre de Hanoi/Sevilla. Como señalan Goldstein, (1.944), Blumer y Benson, (1.975), Luria, (1.980), y Lishman, (1.978), en los sujetos con daño frontal se encuentra una lentitud especial y respuestas apáticas al ejecutar este tipo de tareas. De la misma forma Alivisatos y Milner, (1.989), encuentran en su trabajo con este tipo de pacientes que tienen un incremento de los tiempos de reacción en estas tareas.

Los valores de la variable Número Total de Movimientos se pueden tomar como la habilidad del sujeto para utilizar estrategias de aprendizaje. Esta es la mejor puntuación para saber si los circuitos prefrontales están intactos e íntegros, de modo que mientras las puntuaciones sean más bajas, mejores son las estrategias de aprendizaje del sistema, y mejor es el uso de los mecanismos de feed-back con él relacionado, (León-Carrión, 1.995).

En cuanto a los valores de la variable Número Total de Errores Tipo 1, pueden ser interpretados como un índice de la capacidad de aprendizaje; la variable Número Total de Errores Tipo 2 se pueden también interpretar como otro índice que da información sobre la integridad del sistema que apunta a que los sujetos con muchos errores de este tipo no son capaces de llegar a comprender la tarea que se les presenta; otra interpretación alternativa de estos Errores Tipo 2 es que estas respuestas pueden estar asociadas con un alto grado de impulsividad por parte del sujeto (León-Carrión, *ibidem*). De una forma global, el número total de errores cometidos pueden asociarse con los mecanismos de dirección y de feed-back del sistema ejecutivo, de la misma forma que las otras variables estudiadas, mientras mas bajas sean las puntuaciones, mejor será la integridad de estos mecanismos. De acuerdo con la explicación presentada por Shallice, (*op. cit.*), utilizando la prueba de la Tower of London, que establece que la naturaleza de los errores cometidos por los sujetos frontales indica que estos tienen dificultad a la hora de establecer el plan de actuación sin ser capaces de establecer un orden apropiado de sub-metas.

Como señalan Owen, Downes, Sahakian, Polkey y Robbins, (1.990), una posible explicación a los fallos observados en estos pacientes es la que

mantiene 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 lo que les hace generar un mayor número de errores y consumir mucho más tiempo es su realización. Desde otra perspectiva estos autores continúan apuntando otra posible explicación, la cual mantiene que 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 apuntando 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 que son incapaces de ejecutar esa secuencia motora.

El trabajo propuesto por Rezai, Andreasen, Alliger, Cohen et al, (1.993), compara el incremento de flujo sanguíneo regional cerebral (rCBF) mediante la inhalación de Xenon 133 y la tomografía por emisión simple de fotones (SPECT) durante la ejecución de la Torre, demostrando que durante dicha ejecución se activa significativamente el córtex medio frontal bilateral y especialmente existe una gran activación en el lado izquierdo.

En el modelo propuesto por Egan, (1.973), este autor sugiere que los resultados de ejecutar una posible solución que resulta ser inválida provienen de un fallo de la memoria de trabajo para retener las abundantes sub-metas necesarias para solucionar esta tarea; esto significa que los sujetos comprenden la estrategia de conseguir las metas planteadas, pero debido a sus limitaciones de memoria, fallan a la hora de ejecutarlas correctamente.

5. Conclusiones

En cuanto a los resultados que se ponen de manifiesto en la presente investigación, se pueden concluir diciendo que:

1- Los sujetos con lesiones en el lóbulo frontal presentan una gran lentitud en todos los procesos que realizan a nivel de procesamiento cognitivo, donde al incrementar su nivel de dificultad se observa mayor ineficacia en las estrategias que utilizan.

2- Los pacientes con lesiones frontales muestran una especial dificultad para poner en marcha y mantener determinadas habilidades perceptivas y sus correlatos motores.

3- Presentan un deterioro en su capacidad para formar conceptos, para clasificar y/o formar categorías al agrupar diferentes elementos en base a sus características físicas, semejanzas y/o diferencias, siendo estas clasificaciones muy pobres si se llevan a cabo.

4- Presentan alterada su capacidad para resolver problemas en las que se les exige que planifiquen, secuencien y/o ejecuten diferentes tareas para conseguirlo.

5- Los sujetos con lesiones frontales no son capaces de aprender de los errores que cometen en sus procesos de razonamiento y de resolución de problemas.

6- Los pacientes frontales cometen errores de perseveración debido a su dificultad para abandonar conceptos, categorías y/o estrategias que no son eficaces para resolver los problemas que se les presentan. Lo que hace que su flexibilidad cognitiva sea limitada.

7- Presentan problemas de memoria de trabajo.

8- Los pacientes con lesiones no frontales también presentan déficits en su funcionamiento ejecutivo, obviamente derivados de las conexiones que estas otras zonas mantienen con el lóbulo frontal. Sin embargo estos déficits son menos incapacitantes que los que presentan los pacientes frontales, y probablemente más fáciles de rehabilitar.

Bibliografía

- ALIVISATOS, B.; MILNER, B., (1989), Effets of frontal or temporal lobectomy on the use of advance information in a choice reaction time task. *Neuropsychologia*. 27:495-503.
- ANZAY Y.; SIMON, H.A., (1979).The theory of learning by doing. *Psychological Review*. 86:124-140.
- ARNETT, P.; RAO, S.; BERNADIN, L. ; GRAFMAN, J. ET AL. (1994)Relations between frontal lobe lesions and Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with multiple sclerosis. *Neurology*. Vol 44(3):420-425..
- BECKTEREV, V.M. (1907) *Fundamentals of the theory of brain function*. Vol 1-7. St. Petesburg.
- BERG, E.A. (1948) A simple objetive technique for measuring flexibility in thinking.

- Journal of General Psychology*. 39:15-22..
- BLUMER, D.; BENSON, D. (1976) Personality changes with frontal and temporal lobe lesions. En D. Blumer y D.F. Benson (ed.) *Psychiatric aspects of neurologic disease*. New York. Gune and Stratton..
- COHEN, N.J. (1984) 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.
- CORCORAN, R.; UPTON, D. (1993) A role of the hippocampus in card sorting.? *Cortex*. Vol. 92(2):293-304..
- CUMMINGS, J.L.(1985).*Clinical Neuropsychology*. Grunne & Stratton. New York.
- DREWE, C.A.; HEATON, R.K.; LEHMAN, R.; STILSON, D.N. (1974). The utility of the Wisconsin Card Sorting Test in detecting and localizing frontal lobe lesions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 48:605-614.
- EGAN, D.E. (1973) The structure of experience acquired while learning to solve a class problem. Tesis Doctoral sin publicar. Michigan University.
- FERNÁNDEZ-BALLESTEROS, R.; LEÓN-CARRIÓN, J. (1992). La Evaluación neuropsicológica. En R. Fernández-Ballesteros (ed.) *Psicodiagnóstico*. Madrid. Pirámide..
- GAGNÉ R.M.; SMITH, E.C. (1963) A study if the effects of verbalization on problem solving. *Journal of Experimental Psychology*. 63. 12-18..
- GLOSSER, G.; GOODGLASS, H (1990) Disorders in executive control funtions among aphasic and other brain-damaged patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol 12, nº 4:485-501.
- GOLSTEIN, K. (1944) The mental change due to frontal lobe damage. *Journal of Psychology*, 17,
- GOLSTEIN, K.; SCHEERER, M. (1941) Abstract and concrete behavior: And experimental study with special tests. *Psychological Monographs*, 53..
- GOLSTEIN, G. (1984). Comprehensive neuropsychological assessment bateries. En G. Goldstein y M. Hersen *Handbook of Psychological Assessment*. New York. Pergamon Press..
- GRANT, P.B.; BERG, E.A. A (1948) behabiornal analisis of degree of reinforcement and case of shifting to new response in a weigl-type card-sorting problem. *J. Exp. Psychol.* 38:404-411.
- HANFMAN, E.; KASANIN, J. (1942).Conceptual thinking in schizophrenia. *Nervous and Mental Disease Monograph*. nº 67.
- HÉCAEN, H.; ALBERT, M.L. *Human Neuropsychology*. New York. John Wiley And Sons. 1978.
- HORMANN, A. M. GAKU: (1965). An Artificial Student. *Baheviorn Science*. 10. 88-107.
- JACOBSEN, C.F. (1939) Functions of the frontal association area in primates. *Arch. Neurol. Psychiatry*. 33:558-569.

- JACOBSEN, C.F. (1936) Studies of cerebral function in primates: I. The functions of the frontal association areas in monkeys. *Comp. Psychol. Monog.* 13: 1-60.
- KARAT, J. (1982). A model of problem solving with incomplete constraint knowledge. *Cognitive Psychology* Vol. 14:538:559.
- KLIX, F. (1971) *Information und Verhalten*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- KONORSKY, J., LAWICKA, W. (1964) Analysis of errors by prefrontal animals in the delayed response test. En I. M. Warren y A. Akert (Eds.) *The frontal granular cortex and behavior*. McGraw-Hill. New York.
- LEÓN-CARRIÓN, J.; MORALES, M.; FORASTERO, P.; DOMÍNGUEZ, M.R.; MURILLO, F.; JIMÉNEZ-BACO, R.; GORDÓN, P. (1991) The computerized Tower of Hanoi: A new Form of administration and suggestions for interpretation. *Perceptual and Motor Skills*. Vol. 73:63-66.
- LEÓN-CARRIÓN, J. (1995) *Manual de Neuropsicología*. Madrid. Siglo XXI.
- LEÓN-CARRIÓN, J.; BARROSO Y MARTÍN, J.M. (1997) *Neurología del Pensamiento. Neuropsicología Cognitiva del lóbulo frontal. Las funciones ejecutivas*.
- LEÓN-CARRIÓN, J. (1997) Rehabilitation and assessment: Old tasks revisited for computerized neuropsychological assessment. En J. León-Carrión (Ed.), *Neuropsychological Rehabilitation: Fundamentals, Directions and Innovations*. Pp. 47-62. Delray Beach, Fl. St. Lucie Press.
- LEÓN-CARRIÓN, J. (1998) *Batería Neuropsicológica Computarizada Sevilla (BNS)*. TEA. Madrid.
- LEZAK, M.D (1995). *Neuropsychological Assessment*. 3th ed. New York: Oxford University Press.
- LISHMAN, W. (1978). *Organis Psychiatry*. Blackwell Scientific. Oxford.
- LURIA, A. R. (1980) *Higher Cortical function in man*. New York: Basic Books.
- MILNER, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting: The role of the frontal lobes. *Arch. Neurol.* 9:90-100.
- MILNER, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. In Warren, J.M. and Aker K. (Eds.) *The frontal granular cortex and behavior*. McGraw-Hill. New York.
- MIRSKY, A.F.; ORZACK, M.H. (1978). Final report on psychosurgery pilot study. En *Psychosurgery report and recommendation. The National Commission for the protection of human subject of biomedical and behavioral research*. Appendix Psychosurgery. (DHEW Publication nº (05)77-0002. Government Printing Office. Washington D.C.
- OWEN, A.M.; DOWNNESS, J.J.; SAHAKIAN, B.J.; POLKEY, C.E. & ROBBINS, T.W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 28:1021-1034.
- PAVLOV, I.P. (1949) *Complete Works*. Vol. III. Acad. Sci. Pub. House. Moscow-

Leningrad.

- PRIBRAM, K.H. (1961) A further analysis of the behavior deficit that follows injury to the primate frontal cortex. *Journal of Experimental Neuropsychology*. 3, 432-466.
- REZAI, K.; ANDREASEN, N.; ALLIGER, R. COHEN, G. (1993) The neuropsychology of the prefrontal cortex. *Archives of Neurology*. Vol 50:636-642.
- ROBINSON, A.C.; HEATON, R.K.; LEHMAN, R.A.; STILSON, D.N. (1980) The utility of the Wisconsin Card Sorting Test in detecting and localizing frontal lobe lesions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 48:605-614..
- SERON, X. (1978).Analyse Neuropsychologique des lésions préfrontales des l'homme. *L'Année Psychologique*. 78, 183-202..
- SHALLICE, T. (1982) Specific impairments of planning. En Broadbent, D.E & Weiskrantz L. (Eds.). *The neuropsychology of cognitive function*. The Royal Society. 199-209. London..
- SIMON, H.A. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*. 7. 268-288.
- SIMON, H.A.; REED, S.H. (1976).Modeling strategies in a problem solving task. *Cognitive Psychology*, 8, 86-87.
- TSVETKOVA, L.S.; (1972) Disturbances of the analysis of text in patients with frontal lobe lesions. En A. R. Luria y E.D. Homskaya (Eds.) *The frontal lobes and regulation of psychological processes*. Moscow University Press. Moscu.
- VAN DER BROEK, M.; BRDDSHAW, C. (1993) An investigation of the relationship between perseverations and impulsiveness. *Personality of Individual Differences*. Vol. 14(4):531-534..
- WALSH, K.W. (1978). Frontal lobe problems. En G.V. Stanley & K.W. Walsh (Eds.) *Brain impairments: Proceedings of the 1.976 Brain Impairment Workshop*. Parkville. Victoria. Australia. Neuropsychology group. Dept. of Psychology. Univ. Melburne..
- WANSART, W. (1990).Learning to Solve Problem: A Microanalysis of the Solution Strategie of Children with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*. Vol. 23 N°. 3, 164-170.
- WEIGL, E. (1945).On the psychology of the so called process of abstraction. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 36:3-33.
- WEINBERGER, D.R.; BERMAN, K.; ZEC, R.F. (1986). Physiologic dysfunction of dorsolateral prefrontal cortex in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*. 43:114-124.