

Artículo de Investigación:

Secuelas en las funciones ejecutivas posteriores al traumatismo craneoencefálico en el adulto.

Executive functions after traumatic brain injury in adults.

Rev. chil. neuropsicol. 2009; 4 (2): 127-137
Publicado online: 30 diciembre 2009

Maura Jazmín Ramírez Flores ^a, Feggy Ostrosky-Solís ^{a1}

^a Laboratorio de Neuropsicología y Psicofisiología, Facultad de Psicología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

(Rec.: 8 de noviembre 2009. Acep.: 10 de diciembre 2009)

Resumen

Las funciones cognitivas, entre ellas las ejecutivas (FE), después de un traumatismo craneoencefálico (TCE) presentan alteraciones, que afecta la vida cotidiana de los pacientes. El propósito del estudio fue evaluar las funciones ejecutivas de pacientes adultos con TCE moderado y severo, para conocer las características neuropsicológicas distintivas de la intensidad de la lesión. Participaron 26 pacientes, 10 con TCE Moderado (edad=34.80±14.45; escolaridad=15.20±2.525 años); y 16 con TCE Severo (edad=32.17±9.42; escolaridad=12.11±4.15 años), pareados por edad y escolaridad con un grupo control sano. Evaluados individualmente con la Batería de Funciones Ejecutivas y Frontales (Flores, Ostrosky-Solís y Lozano, 2008). Los resultados indican que los pacientes con TCE presentan principalmente problemas en el WCST, torre de Hanoi, la Iowa Gambling Task, memoria de trabajo, y habilidades semánticas. Además muestran compromiso en la velocidad del procesamiento de información, comete errores perseverativos, y dificultades en la flexibilidad mental. Los resultados sugieren mayor afección en tareas de la corteza prefrontal dorsolateral. Estos datos permitirán diseñar e implementar programas dedicados a la intervención cognitiva enfocados a la mejoría de las FE.

Palabras Clave: traumatismo craneoencefálico, funciones ejecutivas, neuropsicología, evaluación.

Abstract

Cognitive functions including executive functions (FE) are affected following a traumatic brain injury (TBI), diminished patient's daily life. The purpose of the present study was measuring EF of adult moderate and severe TBI patients, and knows the neuropsychological profile related with lesion intensity. Participated 26 patients, divided in 10 with Moderate TBI (age=34.80±14.45; education=15.20±2.525 years); and 16 with Severe TBI (age=32.17±9.42; education=12.11±4.15 years), matched by age and level of education with a healthy control group. Participants were individually assessing with the Executive Function and Frontal Lobes Neuropsychological Battery (Flores, Ostrosky-Solís y Lozano, 2008). Results show that TBI patients mainly had problems in resolve the WCST, Hanoi Tower, Iowa Gambling Task, working memory and in process semantic information. At the same time shows decreased time in processing information, perseverations, intrusions, and less mental flexibility. Data suggest a major affection on dorsolateral prefrontal cortex tasks. This data would help to design rehabilitation programs to cognitive intervention focused on EF. Los resultados sugieren mayor afección en tareas de la corteza prefrontal dorsolateral.

Key words: traumatic brain injury, executive functions, neuropsychology, evaluation

¹ Correspondencia: Dra. Feggy Ostrosky-Solís. Laboratorio de Neuropsicología y Psicofisiología, Facultad de Psicología, UNAM. Av. Universidad No. 3004, Col. Copilco-Universidad, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F. correo electrónico: feggy@prodigy.net.mx

Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es definido como el daño que sufre el cerebro y cráneo cuando colisiona con un elemento externo. El daño provoca secuelas físicas, sensoriales y cognitivas que afectan las relaciones sociales y laborales de quien lo padece (Bruns y Hauser, 2003). Las repercusiones difieren según la etapa del desarrollo, por ejemplo, en los niños, el rendimiento escolar es deficiente a pesar de tener niveles intelectuales normales o incluso superiores. En los adultos hay dificultades de reinserción laboral y frecuentemente son despedidos de su trabajo, tienen problemas matrimoniales y de convivencia familiar (Junqué, Bruna, Mataró, Puyuelo, 1998); y a largo plazo provoca un mayor riesgo de deterioro acelerado en la vejez a causa de antecedentes de TCE (Corkin, Rosen, Sullivan y Clegg, 1989).

Las causas del TCE son diversas, con mayor frecuencia están las caídas, los asaltos, y los accidentes automovilísticos o en motocicleta, con una incidencia de 2 a 4 casos en hombres por cada mujer (Benham y Chavda, 2002). En México, la Secretaría de Salud, mediante el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2008), considera al TCE como la tercera causa de muerte después de las enfermedades crónico-degenerativas, enfermedades cardíacas y el cáncer. Además reporta que anualmente se presentan 35 567 defunciones por un TCE, con una tasa de mortandad de 38.8/100 000 habitantes.

Además de problemas en la memoria y atención, las funciones ejecutivas están afectadas independientemente de la severidad del daño. Esto ocurre por que los lóbulos frontales y temporales son más susceptibles de lesión por su ubicación dentro del cráneo, ocasionando laceraciones en la parte inferior de ambos lóbulos (Ardila y Ostrosky-Solís, 1991).

Existen diversas definiciones sobre las Funciones Ejecutivas (FE), en general se refieren al conjunto de procesos involucrados en el control consciente del pensamiento y de la acción. Utilizando este término se puede incluir los procesos de planeación, toma de decisiones, juicio, autopercepción, control

inhibitorio, estrategias complejas y de organización, memoria de trabajo y metacognición (Mangels, y Craik, 2002), esta última tiene dos procesos: la auto apreciación y el auto manejo (Koriat, y Goldsmith, 1998).

Para Luria (1966), las FE se encargan de la intencionalidad, la formulación de metas y planes de acción subordinada a las metas, la identificación de rutinas cognitivas apropiadas a las metas, el acceso secuencial a esas rutinas, la transición temporal ordenada que va de una rutina a otra, y la evaluación del resultado de las acciones. Fuster (1997) señala que los "sistemas ejecutivos" son funcionalmente homogéneos en el sentido de que están en función de las acciones tanto internas como externas, además considera que lo distintivo en los humanos es la capacidad de integrar factores como el tiempo, la información novedosa, la complejidad y la posibilidad de la ambigüedad.

Asimismo, se puede distinguir entre aquellas funciones ejecutivas llamadas "frías" ya que no involucran una activación emocional, por lo que se consideran relativamente "mecánicas" o "lógicas" (Grafman y Litvan, 1999) por ejemplo la planeación, secuenciación, atención sostenida, razonamiento verbal, entre otras. Por otro lado se encuentran las funciones ejecutivas "calientes" que involucran aspectos más "emocionales", "creencias" o "deseos", por ejemplo cuando se experimenta un reforzador o un castigo, la regulación de nuestra conducta social, la toma de decisiones que requiere de una interpretación emocional y personal (Bechara, Damasio, Damasio y Lee, 1999; Bechara, Tranel, Damasio, y Damasio, 1997; Zelazo, Müller, Frye, y Marcovitch, 2003).

Por lo anterior mencionado, las funciones ejecutivas a menudo generan mayor discapacidad al interferir en la habilidad de los pacientes para usar el conocimiento de forma fluida, apropiada, o adaptativa (Godfrey, y Shum, 2000). Las personas que han sufrido un TCE con disfunción en las funciones ejecutivas presentan dificultades para analizar, planificar y llevar a cabo la solución de problemas o tareas complejas, en el pensamiento abstracto, la flexibilidad mental, y el control y la regulación de los procesos de pensamiento y conducta, aun-

que pueden seguir realizando correctamente actividades estructuradas, que requieran poca iniciativa o dirección (Tate, 1999).

En un estudio realizado por León-Carrión, Alarcón, Revuelta, Murillo-Cabezas, Domínguez-Roldán, et al., (1998), quienes evaluaron a 35 personas con TCE (13 pacientes que no necesitan cirugía y 22 con tratamiento neurológico) con la prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST) y la Torre de Hanoi/Sevilla, encontraron que en el TCE severo se altera la ejecución en las tareas de Funciones Ejecutivas debido a las secuelas patofisiológicas del traumatismo, y que a pesar de que los pacientes fueron sometidos a cirugía la ejecución no mejora. Asimismo sugieren que la Torre de Hanoi/Sevilla es una muy buena herramienta para evaluar las Funciones Ejecutivas en el TCE.

Lombardi, Andreason, Sirocco, Rio, Gross, et al., (1999), también utilizaron la prueba WCST para evaluar a pacientes con TCE. Reportan una relación inversa entre las respuestas perseverativas y el metabolismo en la corteza prefrontal dorsolateral derecha y en el núcleo caudado, en el hemisferio izquierdo. Concluyendo que esta zona de la corteza es crítica para desempeñar las tareas evaluadas con el WCST. En un estudio realizado por Levine, Black, Cheung, Campbell, O'Toole, y Schwartz (2005), en el cual emplearon la prueba *Gambling Task* (prueba de juego) en 71 pacientes con TCE de leve a severo, encontrando que la prueba de juego era sensible al TCE pero no al nivel de severidad o para cuantificar la

fase crónica de la atrofia. A pesar de encontrar daños mayores en pacientes con lesiones frontales, estos no eran exclusivos de esta área cerebral. Asimismo se reportó una correlación modesta con tareas de memoria de trabajo y de funciones ejecutivas.

El propósito del presente estudio es explorar diversos componentes de las funciones ejecutivas en pacientes mexicanos con traumatismo craneoencefálico moderado y severo.

Método

En el estudio participaron 26 pacientes con TCE (edad 32.67 ± 11.35 ; escolaridad 13.54 ± 3.85 años) referidos por médicos neurólogos, foniatras, médicos traumatólogos o por algún familiar. Los pacientes fueron divididos en Moderado o Severo de acuerdo a la puntuación obtenida en la Escala de Coma de Glasgow, otorgada en el momento de ingreso al servicio médico. El grupo Moderado lo conformaron 10 pacientes (edad $= 34.80 \pm 14.45$; escolaridad $= 15.20 \pm 2.525$ años); y 16 con TCE Severo (edad $= 32.17 \pm 9.42$; escolaridad $= 12.11 \pm 4.15$ años), pareados por edad y escolaridad con un grupo control de 26 voluntarios sanos sin TCE. Al momento de la evaluación los pacientes tuvieron en promedio 25.37 ± 31.31 meses de evolución. En 15 de los pacientes (58%) la causa del TCE fue por accidente automovilístico, 5 (19%) ingresaron por caídas, 4 (16%) por asalto, y 2 (7%) por atropellamiento. Las características demográficas de la muestra se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos demográficos del grupo TCE y grupo Control

Grupo	Edad	Escolaridad	Sexo		Meses de Evolución	Días en coma
	x±d.e.	x±d.e.	H	M		
Control (n=26)	31.88±10.35	13.96±4.12	16	7	_____	
TCE MODERADO (n=10)	34.80±14.45	15.20±2.52	6	4	25.17±40.90	1.12±0.87
TCE SEVERO (n=16)	32.17±9.42	12.11±4.15	14	3	21.82±22.14	20.45±24.05

En la tabla se presenta la media (M), desviación estándar (d.e.), el sexo (H= hombre, M= mujer), y los meses de evolución del traumatismo craneoencefálico (TCE).

La evaluación neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas se realizó con la Batería de Funciones Ejecutivas y Frontales (Flores, Ostrosky-Solís, Lozano, 2008). Asimismo se aplicaron los inventarios de depresión y ansiedad de Beck para descartar que los resultados se deban a trastornos afectivos.

La Batería de Funciones Ejecutivas y Frontales (Flores et al., 2008), cuenta con datos normativos obtenidos al evaluar a 300 participantes sanos de entre 6 y 85 años de edad. Consta de 14 pruebas que se agrupan de acuerdo a su función en tres áreas: Orbitofrontal, Frontomedial y Dorsolateral; y proporciona el Total de ejecución en la Batería. A continuación se enlistan las pruebas que conforman la Batería.

1. Stroop. Evalúa la capacidad de control inhibitorio.
2. Prueba de cartas "Iowa". Evalúa la capacidad para detectar y evitar selecciones de riesgo, así como para detectar y mantener selecciones de beneficio.
3. Laberintos. Evalúa la capacidad para respetar límites y seguir reglas.
4. Señalamiento autodirigido. Evalúa la capacidad para utilizar la memoria de trabajo viso-espacial para señalar de forma autodirigida una serie de figuras.
5. Memoria de trabajo visoespacial secuencial. Evalúa la capacidad para retener y reproducir activamente el orden secuencial visoespacial de una serie de figuras.
6. Memoria de trabajo verbal, ordenamiento. Evalúa la capacidad para manipular mentalmente la información verbal contenida en la memoria de trabajo.
7. Prueba de clasificación de cartas. Evalúa la capacidad para generar una hipótesis de clasificación y sobre todo para cambiar de forma flexible (flexibilidad mental) el criterio de clasificación.
8. Laberintos. Permite evaluar la capacidad de anticipar de forma sistemática (planear) la conducta visoespacial.
9. Torre de Hanoi. Evalúa la capacidad para anticipar de forma secuenciada acciones tanto en orden progresivo como regresivo (planeación secuencial).

10. Resta consecutiva. Evalúa la capacidad para desarrollar secuencias en orden inverso (secuenciación inversa).

11. Generación de verbos. Evalúa la capacidad de producir de forma fluida y dentro de un margen reducido de tiempo la mayor cantidad de verbos (fluidez verbal).

12. Generación de clasificaciones semánticas. Evalúa la capacidad de productividad: producir la mayor cantidad de grupos semánticos y la capacidad de actitud abstracta: el número de categorías abstractas espontáneamente producidas.

13. Comprensión y selección de refranes. Evalúa la capacidad para comprender, comparar y seleccionar respuestas con sentido figurado.

14. Curva de metamemoria. Evalúa la capacidad para desarrollar una estrategia de memoria (control metacognitivo), así como para realizar juicios de predicción de desempeño (juicios metacognitivos) y ajustes entre los juicios de desempeño y el desempeño real (monitoreo metacognitivo).

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el software SPSS v15, mediante la prueba de Análisis de Varianza de una vía (ANOVA) y su prueba pos hoc de Tukey, las variables cognitivas fueron comparadas de acuerdo al nivel de severidad de los participantes. Con el fin de determinar cuáles pruebas neuropsicológicas son de mayor utilidad para clasificar a los pacientes dentro de un nivel de severidad se realizó un análisis de conglomerados discriminante, y un análisis de conglomerados con k-medias.

Resultados

Los pacientes mostraron en promedio un nivel de depresión (10.39 ± 8.27) y ansiedad (9.86 ± 7.53) dentro del rango leve. La correlación de Spearman corrobora que no hay relación entre el nivel de ansiedad o depresión con el nivel de severidad del TCE, ni con las subáreas de la Batería de Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Correlación entre el nivel de depresión y ansiedad con el nivel de severidad del TCE.

		depresión	ansiedad
severidad TCE	Coefficiente de correlación	0.031	-.243
	Sig. (bilateral)	0.887	0.264

*La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Tabla 2*. Correlación entre las pruebas de depresión, ansiedad, y las subáreas de la Batería de Funciones Ejecutivas y Frontales (orbitofrontal, prefrontal anterior, dorsolateral memoria de trabajo, y dorsolateral funciones ejecutivas).

		orbitofrontal	dorsolateral memoria de trabajo	dorsolateral funciones ejecutivas	prefrontal anterior
Depresión	Correlación de Pearson	0.091	-.018	- 0.093	-.155
	Sig. (bilateral)	0.686	0.935	0.673	0.479
Ansiedad	Correlación de Pearson	0.109	-.331	-.189	-.258
	Sig. (bilateral)	0.629	0.123	0.387	0.235

*La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

El análisis estadístico reveló diferencias en 10 subpruebas, y en algunos de sus subtareas, en ellas el grupo Severo tuvo menor número de aciertos, más errores y tardó más tiempo en concluir las actividades, seguido por el grupo Moderado y finalmente el grupo control. En el Área *Frontomedial* las tareas con resultados significativos fueron: Laberintos tiempo de ejecución (C: x=32.13; M: x=69.62; S: x=61.6; p=.006), Prueba de juego porcentaje total de riesgo (C: x=29.94; M: x=35.74; S: x=39.43; p=.039), Prueba de juego puntuación obtenida (C: x=36.61; M: x=24.6; S: x=17.93; p=.005). En el Área Orbitomedial se encontraron diferencias en: Stroop A errores de interferencia (C: x=1.13; M: x=2.4; S: x=5.07; p=.032), Stroop A tiempo de ejecución (C: x=84.39; M: x=142.8; S: x=174.00; p=.001); Stroop A aciertos (C: x=82.35; M: x=80.40; S: x=76.64; p=.005); Stroop B errores de interferencia (C: x=1.00; M: x=3.20; S: x=1.46; p=.043), Stroop B tiempo de ejecución (C: x=77.70; M: x=114.20; S: x=113.08;

p=.008), Stroop B aciertos (C: x=83.00; M: x=80.60; S: x=82.31; p=.048); Refranes tiempo de ejecución (C: x=95.00; M: x=120.80; S: x=165.88; p=.033), refranes aciertos (C: x=3.98; M: x=3.80; S: x=2.91; p=.002). En el área *Dorsolateral Memoria de Trabajo*, las diferencias halladas estuvieron en: Señalamiento autodirigido omisiones de imágenes (C: x=1.47; M: x=2.90; S: x=4.00; p=.032), tiempo de ejecución (C: x=53.96; M: x=85.6; S: x=78.06; p=.020), y en los aciertos de esta tarea (C: x=24.00; M: x=21.1; S: x=19.31; p=.010); Resta de 100 menos 7 en los aciertos (C: x=13.00; M: x=11.00; S: x=9.93; p=.038); Resta de 40 menos 3 en el tiempo de ejecución (C: x=38.00; M: x=54.00; S: x=79.00; p=.000). Finalmente en el área *Dorsolateral de Funciones Ejecutivas* las pruebas con diferencias significativas fueron: Wisconsin Card Sorting Test (WCST) en el número de errores (C: x=11.26; M: x=8.00; S: x=7.79; p=.023), perseveraciones (C: x=3.26; M: x=5.60; S: x=9.36; p=.044) y en el tiempo de ejecución (C: x=294.17; M:

x=335.00; S: x=422.93; p=.001); en la Clasificación Semántica en el total de animales (C: x=6.29; M: x=5.26; S: x=4.26; p=.000) así como en el total de puntos logrados (C: x=21.39; M: x=19.30; S: x=15.19; p=.048); en el Total de la Fluidez Verbal de Verbos (C: x=23.17; M: x=15.70; S: x=13.75; p=.001); en la Torre de Hanoi con 3 fichas tiempo de ejecución

(C: x=31.48; M: x=33.44; S: x=102.15; p=.000); y por último en el número de movimientos (C: x=21.23; M: x=24.67; S: x=39.27; p=.002) y en el tiempo de ejecución (C: x=69.36; M: x=77.78; S: x=222.00; p=.000) de la Torre de Hanoi con 4 fichas.

Tabla 3. Diferencias entre el grupo moderado, severo y control en las pruebas que evalúan el funcionamiento ejecutivo.

ÁREAS	CONTROL		MODERADO		SEVERO		F	p	DIF
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.			
Subpruebas FRONTOMEDIAL									
Laberintos									
tocar bordes	1.94	2.05	1.00	1.32	2.79	3.81	1.214	0.308	
atravesar bordes	0.13	0.34	0.00	0.00	1.00	2.45	2.163	0.127	
errores-planeación	1.32	1.84	2.44	4.33	3.86	3.76	2.869	0.068	
levantar lápiz	3.00	3.33	5.89	6.66	10.29	11.03	2.369	0.111	
tiempo de ejecución	32.13	20.96	69.62	51.89	61.6	35.45	5.589	0.006	C vs M,S
WCST error de mantenimiento	0.35	0.88	0.70	0.82	0.57	0.76	0.715	0.495	
Prueba de Juego (IOWA)									
porcentaje de cartas de 4 pts	16.99	6.43	15.05	5.08	16.8	7.84	0.296	0.745	
porcentaje de cartas de 5 pts	14.57	6.11	18.35	9.50	26.00	15.22	4.372	0.020	S vs C
porcentaje total (cartas 4 y 5)	29.94	11.02	35.74	8.43	39.43	11.94	3.501	0.039	S vs C
puntos totales	36.61	16.22	24.60	17.67	17.93	15.40	6.081	0.005	S vs C
Subpruebas ORBITOMEDIAL									
Clasificación Semántica									
categorías concretas	1.24	2.88	1.00	1.33	1.38	1.71	0.09	0.914	
categorías funcionales	1.94	2.11	2.10	1.29	1.75	1.88	0.113	0.893	
categorías abstractas	5.22	3.01	4.70	3.40	3.50	2.92	1.497	0.235	
Stroop									
A errores tipo stroop	1.13	1.49	2.40	3.53	5.07	7.01	3.728	0.032	S vs C
A errores no stroop	0.71	0.77	1.20	1.40	2.29	3.17	2.348	0.109	
A tiempo	84.39	22.1	142.8	75.11	174	103.81	8.141	0.001	S vs C
A aciertos	82.35	1.97	80.40	3.92	76.64	7.89	6.041	0.005	S vs C
B errores tipo stroop	1.00	1.68	3.20	3.36	1.46	2.11	3.384	0.043	C vs M,S
B errores no-stroop	0.00	0.00	0.20	0.42	0.23	0.83	0.873	0.426	
B tiempo	77.7	26.98	114.2	59.86	113.08	30.35	5.366	0.008	C vs M,S
B aciertos	83.00	1.68	80.60	3.57	82.31	2.72	3.256	0.048	M vs C
Refranes									
tiempo	95.00	91.39	120.8	48.52	165.88	78.03	3.686	0.033	S vs C
aciertos	3.98	0.67	3.80	0.79	2.91	1.19	7.186	0.002	S vs M,C
Metamemoria									
errores negativos	2.22	1.41	2.90	2.69	3.33	5.91	0.443	0.645	
errores positivos	1.87	1.84	3.20	3.36	3.93	3.56	2.598	0.086	
Subpruebas DORSOLATERAL MEMORIA DE TRABAJO									
Señalamiento Autodirigido									
perseveraciones	1.78	2.68	3.40	2.84	3.81	3.92	2.185	0.124	
omisiones	1.47	1.81	2.90	2.42	4.00	3.43	3.774	0.032	S vs C
tiempo	53.96	31.58	85.6	21.62	78.06	39.59	4.284	0.02	M vs C
total de movimientos	25.82	3.34	25.6	3.41	25.00	5.66	0.119	0.888	
aciertos	24.00	4.77	21.1	3.41	19.31	5.00	5.042	0.01	S vs C
Ordenamiento Alfabético Errores									

nivel 1	0.36	0.81	0.30	0.95	0.36	0.84	0.017	0.983	
nivel 2	2.45	2.66	0.56	1.01	1.42	1.73	2.346	0.114	
nivel 3	1.22	1.20	0.25	0.46	0.67	1.03	2.20	0.137	
Total (1,2,3)	2.31	2.48	1.00	1.25	2.00	1.71	2.675	0.081	
Resta 100-7									
tiempo	90.88	63.98	113.67	55.64	123.93	52.21	1.297	0.285	
errores	1.71	2.26	3.11	2.85	3.29	2.81	1.67	0.202	
aciertos	13.00	3.15	11.00	3.46	9.93	4.10	3.517	0.038	S vs C
Resta 40-3									
tiempo	38.00	19.49	54.00	17.03	79.00	37.13	11.345	0.000	S vs C
errores	0.76	1.99	0.80	1.55	1.33	1.80	0.448	0.642	
aciertos	12.47	2.53	13.10	1.85	12.20	2.65	0.416	0.662	
Suma consecutiva									
tiempo	51.29	28.68	77.70	39.79	70.27	40.87	1.998	0.149	
errores	1.29	2.39	0.20	0.42	0.40	0.74	1.905	0.162	
aciertos	19.18	3.92	17.80	6.27	19.33	1.40	0.504	0.608	
Subpruebas DORSOLATERAL FUNCIONES EJECUTIVAS									
Wisconsin Card Sorting Test									
aciertos	45.26	10.36	44.40	11.48	37.29	14.31	2.091	0.136	
errores	11.26	4.92	8.00	2.40	7.79	3.21	4.129	0.023	S vs C
perseveraciones	3.26	4.52	5.60	7.04	9.36	9.73	3.344	0.044	S vs C
perseveraciones de criterio	3.83	3.85	5.10	4.77	6.93	4.55	2.308	0.111	
total de errores	20.89	7.44	19.40	11.32	24.36	12.78	0.63	0.539	
tiempo	294.17	61.50	335.00	132.36	422.93	109.11	8.05	0.001	S vs C
numero de categorías	4.00	1.09	4.10	1.10	3.36	1.34	1.656	0.203	
Clasificación Semántica									
concretas número animales	3.24	4.41	1.20	1.87	1.99	2.38	1.334	0.275	
funcionales número animales	3.98	3.38	4.33	2.30	3.25	2.50	0.505	0.607	
abstractas número animales	5.30	2.62	4.80	2.17	4.02	1.43	1.589	0.215	
total de categorías	9.00	3.13	7.90	2.28	6.50	2.56	3.761	0.031	
total de animales	6.29	1.53	5.26	1.61	4.26	1.04	9.956	0.000	S vs C
total de puntos	21.39	8.08	19.30	7.73	15.19	6.42	3.235	0.048	S vs C
Fluidez Verbal de Verbos									
total	23.17	8.10	15.70	5.93	13.75	7.53	8.296	0.001	C vs M,S
perseveraciones	0.65	0.88	1.10	1.60	1.19	1.68	0.869	0.426	
intrusiones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.09	1.963	0.152	
Torre de Hanoi 3 fichas									
movimientos	9.96	3.88	9.22	3.03	14.15	9.68	2.512	0.093	
tiempo	31.48	30.14	33.44	20.19	102.15	68.69	11.958	0.000	S vs M,C
Torre de Hanoi 4 fichas									
movimientos	21.23	8.11	24.67	9.92	39.27	20.80	7.309	0.002	S vs M,C
tiempo	69.36	63.28	77.78	75.64	222.00	153.19	9.822	0.000	S vs M,C

*Las diferencias (DIF) entre los grupos se obtuvieron con el la prueba pos hoc de Tuckey, a un nivel de significancia <.05. Las comparaciones se realizaron entre los grupos Control (C), Moderado (M) y Severo (S).

Para el análisis de conglomerados discriminante fueron elegidas 6 variables (subpruebas) a partir de las diferencias previas arrojadas por el ANOVA entre los grupos, como se observa en la tabla 3 existen variables que muestran una mayor variabilidad entre los tres grupos. Las pruebas que entraron en el análisis fueron: Prueba de Juego puntuación total, Clasificación de Cartas (WCST) tiempo de ejecución,

Torre de Hanoi con 4 fichas número tiempo de ejecución, Fluidez Verbal de Verbos total, Clasificación semántica de animales total, Stroop A tiempo de ejecución.

El análisis discriminante arrojó 2 funciones discriminantes, la Función 1 (Lamda de Wilkins= .371; p= .014) la constituyeron las pruebas de Stroop A tiempo, Torre de Hanoi 4 fichas, fluidez de verbos, Prueba de Juego, Clasificación de

Cartas tiempo; la Función 2 (Lamda de Wilkins= .772, p= .252) la integró la prueba de Clasificación Semántica total. Las funciones discriminantes mostraron que a partir del uso de las pruebas antes citadas son útiles para clasificar los 3 grupos de estudio. El poder de clasificación de las variables fue aceptable

(77.4%), se observó que el grupo que tuvo una mayor variabilidad en el poder de clasificación fue el grupo con TCE Moderado con el 57.1% de clasificación. Los resultados pueden observarse en la tabla 4.

Tabla 4. Poder de clasificación de las 6 variables del análisis de conglomerados discriminante con la Batería de Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas.

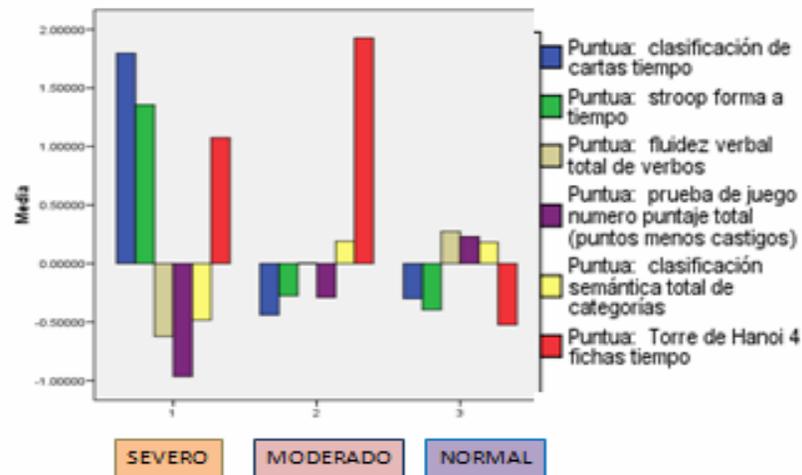
Resultados de la clasificación^a

		todos los grupos	Grupo de pertenencia pronosticado			Total
			moderado	severo	control	
Original	Recuento	moderado	4	1	2	7
		severo	1	7	2	10
		control	1	0	13	14
%		moderado	57.1	14.3	28.6	100.0
		severo	10.0	70.0	20.0	100.0
		control	7.1	.0	92.9	100.0

a. Clasificados correctamente el 77.4% de los casos agrupados originales.

El análisis de conglomerados de k-medias permitió observar como se agrupan las variables dentro de los grupos a partir de las puntuaciones obtenidas, así se obtuvieron 3 grupos de ejecución cognoscitiva, el primer grupo se considera Severo debido a que las puntuaciones de todas las subpruebas están por debajo de la media hasta 2 desviaciones estándar; el segundo grupo se le denominó moderado, ya que se observó que en las pruebas con tiempo (clasificación de cartas y Stroop) su desempeño está en la norma, mientras su conducta de estimar el riesgo-beneficio está por debajo de lo esperado, al igual que el tiempo que invierten en solucionar la torre de Hanoi. El último grupo es el considerado Normal en el cual todas las pruebas tienen puntuaciones por arriba de la norma. En la gráfica 1 están plasmadas las pruebas y su correspondiente agrupación para determinar la severidad del participante.

Gráfica 1. Se muestran las agrupaciones arrojadas por el análisis de conglomerados discriminante pertenecientes a la batería de Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas. Las puntuaciones de la media son presentadas en valores Z.



Discusión y Conclusiones.

El traumatismo craneoencefálico además de ocasionar alteraciones físicas provoca secuelas cognitivas, estas últimas incapacitan la reintegración social y ocupacional en mayor grado que las de tipo físico (Lezak, 1995). Aunque no existe un acuerdo común sobre la definición de funciones ejecutivas, diversos estudios han enfatizado su alteración posterior a enfermedades neurológicas, psiquiátricas, y al daño directo sobre el cerebro.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, al igual que lo reportado León-Carrión et al., (1998), muestran que los pacientes con TCE tuvieron escasa flexibilidad mental, evaluada con la prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST), si bien no existieron diferencias estadísticamente significativas en el número total de aciertos, las diferencias estuvieron en el total de errores (perseveraciones, errores de mantenimiento, asignación de una carta a otra categoría diferente a color, número, o forma), y en el tiempo requerido para culminar la tarea. En tareas que requieren planear la solución como en la Torre de Hanoi y en los Laberintos de Porteus, los pacientes con TCE y moderado tuvieron un desempeño diferencial del grupo control, debido a la comisión de errores, los cuales provocaron un incremento en el número de movimientos requeridos para terminar la tareas, implicando también un déficit en el control inhibitorio; así como en la constante verificación de la acción, esto a su vez implicó más tiempo para concluir la tarea; estos datos concuerdan con León-Carrión, et al., (1998) y Levin et al., (2001), quienes mencionan que estas tareas pueden ayudar a diferenciar entre el TCE moderado y severo.

Por su parte, la capacidad de toma de decisiones a partir de la capacidad de estimación del riesgo de una decisión, fue valorada con la prueba Iowa *Gambling Task* (*Prueba de Juego*), creada por Bechara, Damasio, Damasio, y Anderso (1994). Los pacientes con TCE Moderado y Severo fueron diferentes del control en la capacidad de obtener la mayor capacidad de puntos eligiendo las cartas menos riesgosas

(aquellas que quitan menos puntos). Se encontró que los pacientes con TCE Severo obtienen la menor cantidad de puntos ($x=19$, rango=-5-34) y tienen el mayor porcentaje de elección de cartas de riesgo (40%), en los pacientes con TCE Moderado tienen una mejor elección de las cartas, lo que les permite obtener más puntos ($x=24$), pero aún están por debajo de lo esperado; datos que concuerdan con Levine et al., (2005). A pesar de saber cuáles cartas proporcionaban más beneficios y cuales implicaban mayor riesgo, y de observar las consecuencias negativas de su elección (reducción de puntos), los pacientes con TCE daban explicaciones poco ajustadas a su conducta a cerca de la elección errónea, por ejemplo, que la carta con valor "5" (carta con mayor riesgo) es su número de la suerte y por eso la eligen a pesar del castigo.

En la memoria de trabajo, medida con la tarea de resta inversa consecutiva y señalamiento autodirigido, se encontraron deficiencias principalmente en el tiempo de realización de la tarea, aunque la comisión de errores no resultó significativa por las diferencias intragrupo, si se observó una tendencia que los pacientes tuvieran un mayor número de errores.

Los pacientes no mostraron dificultades en el control inhibitorio pero sí tardaban más tiempo en generar una respuesta. En la organización semántica de la información, los tanto los pacientes Severos y Moderados fueron capaces de generar clasificaciones con base en las características específicas y funcionales de los ítems, pero no así en las abstractas. Este mismo efecto se observa en la fluidez semántica, con poca capacidad para generar verbos, como dato cualitativo los pacientes con TCE presentaban mayores problemas en el cambio de set cognitivo, ya que podían permanecer en una sola categoría de la acción, por ejemplo en actividades realizadas en el hogar (barrer, cocinar, limpiar, etc.), o en actividades deportivas (correr, saltar, caminar, etc.). Datos similares fueron reportados por McWilliams y Schmitter-Edgecombe (2008) quienes señalan que los pacientes se centran más en las características físicas de los elementos, dificultando el acceso al concepto, más que a la memoria semántica.

Los pacientes que participaron en este grupo tenían lesiones diversas en el cerebro por los efectos primarios de la lesión (hematomas, fracturas, hemorragias, efectos de contra-golpe, etc.) y por las lesiones secundarias (eventos excitotóxicos), es decir, sus lesiones no eran circunscritas a la corteza prefrontal; además en su mayoría fueron evaluados alrededor de 20 meses posteriores al daño. Aún así se encontraron afectaciones en las funciones ejecutivas, primordialmente en aquellas relacionadas con la corteza prefrontal dorsolateral. Cualitativamente el desempeño de los pacientes se caracterizó por invertir más tiempo para concluir las tareas y en la comisión de errores perseverativos e intrusiones, esto sugiere enteltecimiento en el procesamiento de la información (Azouvi, et al. 2004) y disminución en la capacidad de automonitoreo.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la muestra estudiada es pequeña, además el sitio de lesión cerebral abarca diferentes áreas cerebrales, por lo que también se pueden esperar secuelas en otros procesos cognoscitivos. Si bien se trata en su mayoría de pacientes jóvenes y con alta escolaridad, sería importante para futuras investigaciones estudiar los efectos en poblaciones con baja escolaridad, ya que también se ha demostrado en otras investigaciones los efectos protectores y la influencia en la recuperación de los procesos cognitivos relacionados con el nivel de escolaridad. Otra variable interesante es la influencia del género en las alteraciones cognitivas, lo cuál no pudo ser estudiado en esta investigación debido a la mayor prevalencia de hombres.

Con base en los datos obtenidos en la presente investigación se pueden sugerir la modificación de los programas de atención en los pacientes que se atienden a nivel hospitalario en México, ya que en la mayoría de ellos se da prioridad a los efectos físicos y no a los cognitivos los cuales como se ha demostrado, permanecen incluso 8 años posteriores al TCE, como es el caso de algunos de nuestros pacientes.

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo de la Mtra. Norma de la Rosa Peña y a la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, S.XXI, IMSS.

Referencias.

- Ardila, A., y Ostrosky-Solís F. (1991). *Diagnóstico de daño cerebral*. México: Trillas.
- Azouvi P, Couillet J, Leclercq M, Martin Y, Asloun, Rousseaux M. (2004). Divided attention and mental effort after traumatic brain injury. *Neuropsychologia*, 12:1260-1268.
- Bechara, A., Damasio, AR., Damasio, H., Anderson, SW. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50: 7-15.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., Lee, G. P (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275, 1293-1295.
- Benham, J., y Chavda, SV. (2002). Head Trauma. *Trauma*, 6:101-110.
- Bruns, JJr., Hauser, WA. (2003). The epidemiology of traumatic brain injury: A review. *Epilepsia*, 44(suppl. 10):2-10.
- Corkin, S., Rosen, J., Sullivan, EV., Clegg, RA. (1989). Penetrating head injury adulthood exacerbates cognitive decline in later years. *Journal of Neuroscience*, 9. 3876-83.
- Flores, LJ., Ostrosky-Solís, F., Lozano, A. (2008). Batería de funciones frontales y ejecutivas. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1):141-158.
- Fuster, J. (1997). *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. 3ª edición. Philadelphia: Lippincott-Raven. Bull.
- Grafman, J., Litvan, I. (1999). Importance of deficits in executive functions. *Lancet*, 354(9194): 121-123.
- Godfrey, H., Shum, D. (2000). Executive functioning and the application of social skills following traumatic brain injury. *Aphasiology*, 14(4):433-444.
- Junqué, C., Bruna, O., Mataró, M., Puyuelo, M. (1998). *Traumatisms craneoencefálicos. Un enfoque desde la Neuropsicología y la Logopedia*. Barcelona: Masson.
- Koriat, A., Goldsmith, M. (1998). The role of metacognitive processes in the regulation of memory performance. En: Mazzoni G, Nelson TO, (Eds). *Metacognition and cognitive neuropsychology: Monitoring and control processes*. (pp. 97-118). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- León-Carrión, J., Alarcón, JC., Revuelta, M., Murillo-Cabezas, F., Domínguez-Roldán, JM., Domínguez-Morales, MR.,

- Machuca-Murga, F., Forastero, P. (1998). Executive functioning as outcome in patients after traumatic brain injury. *International Journal of Neuroscience*, 4:75-83.
- Levin HS, Song J, Ewing-Cobbs L, Roberson G. (2001). Porteus Maze performance following traumatic brain injury in children. *Neuropsychology*, 15(4): 557-67.
- Levine, B., Black, SE., Cheung, G., Campbell, A., O'Toole, C., y Schwartz, ML. (2005). Gambling task performance in traumatic brain injury. Relationships to injury severity, atrophy, lesion location, and cognitive and psychosocial outcome. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 18(1):45-54.
- Lezak, MD. (1995). *Neuropsychological assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Lombardi, WJ., Andreason, PJ., Sirocco, KY., Rio, DE., Gross, RE., Umhau, JC., Hommer, DW. (1999). Wisconsin Card Sorting Test performance following head injury: dorsolateral fronto-striatal circuit activity predicts perseveration. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 21(1):2-16.
- Luria, AR. (1966). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Mangels, JA., Craik, FI., Levine, B., Schwartz, ML., Stuss, DT. (2002). Effects of divided attention on episodic memory in chronic TBI: a function of severity and strategy. *Neuropsychologia*, 40(13):2369-85.
- McWilliams, J., Schmitter-Edgecombe, M. (2008) Semantic memory organization during the early stage of recovery from traumatic brain injury. *Brain Injury*, 22(3): 243-253.
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. (2008). *Epidemiología, Sistema Único de Información*. México. 26 (25), semana 26, 22 al 28 de junio de 2008.
- Tate, R. (1999). Executive Dysfunction and characterological changes alter traumatic brain injury: Two sides of the same coin? *Cortex*, 35: 39-55.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3, Serial No. 274).