

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

*Facultad de Psicología*

*Exploración de las Funciones Ejecutivas en adultos con  
Traumatismo Craneoencefálico Grave del Instituto Nacional de  
Neurología y Neurocirugía*

**Tesis que para obtener el título de:  
Licenciado en Psicología que presenta:**

**Isabel Torres Knoop**

**Director: Lic. Maura Jazmín Ramírez Flores  
Revisor: Lic. Irma Zaldivar Martínez**

**Sinodales:  
Dr. Felipe Cruz Pérez  
Dr. César Casasola Castro  
Lic. Azucena Lozano Gutiérrez**

*México D.F.*

*Mayo 2008*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos*

*Al Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS, por el apoyo brindado durante dos años de enseñanza y en la culminación de este proyecto.*

*Especialmente a Gabriela, que con toda la disposición supervisó, participó e hizo posible este trabajo.*

*Muchas gracias.*

*A la Facultad de Psicología, profesores y compañeros, que acompañaron todo el proceso de preparación profesional.*

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	1
<b>1. Traumatismos Craneoencefálicos</b>	2
1.1 Fisiopatología de los Traumatismos Craneoencefálicos	4
1.2 Clasificación de la severidad de los TCE	5
1.3 Alteraciones cognitivas	7
<b>2. Métodos de estudio y evaluación cognitiva</b>	10
2.1 Métodos de visualización de la estructura cerebral	11
2.2 Métodos de visualización de la actividad cerebral	12
2.3 Métodos neurofisiológicos	13
<b>3. Neuropsicología</b>	16
3.1 Evaluación neuropsicológica	19
<b>4. Lóbulos frontales y corteza prefrontal</b>	25
4.1 Lóbulos frontales y procesos cognitivos	30
4.2 Alteraciones del comportamiento y traumatismos craneoencefálicos	37
<b>5. Funciones ejecutivas</b>	39
<b>6. Justificación</b>	43
<b>7. Planteamiento del problema</b>	45
<b>8. Método</b>	46
8.1 Objetivos	46
8.2 Hipótesis	46
8.3 Definición de variables	47
8.4 Diseño	48
8.5 Tipo de estudio	48
8.6 Participantes	48
8.7 Instrumentos	49
8.8 Procedimiento	54
8.9 Análisis estadístico	55
<b>9. Resultados</b>	56
<b>10. Discusión</b>	69
<b>11. Discusión y conclusiones generales</b>	78
<b>12. Referencias</b>	85
<b>13. Anexos</b>	90

## **Resumen**

Los Traumatismos Craneoencefálicos (TCE) representan la primera causa de muerte en los adultos jóvenes. Las lesiones cerebrales comprometen las funciones cognitivas, siendo en TCE los lóbulos frontal y temporal los más afectados. Las Funciones Ejecutivas están relacionadas a procesos como la solución de problemas, la organización temporal, metacognición, memoria de trabajo, etc., y se han asociado primordialmente a la actividad de la corteza prefrontal. Objetivo: describir y comparar las alteraciones de las funciones ejecutivas en una muestra mexicana de pacientes con TCE grave respecto a una muestra sana. Sujetos: dos grupos, uno de 9 pacientes con TCE grave del INNN-MVS y otro grupo control n=9 emparejados por edad, sexo y escolaridad. Método: ambos grupos fueron sometidos a una valoración neuropsicológica de las funciones ejecutivas. La media de edad del grupo con TCE fue de 36.2 años, con 12.4 años de escolaridad y un promedio de 64.22 meses de evolución del padecimiento. Las Pruebas aplicadas fueron: Stroop, Set Test, Trail Making Test, Torre de Londres y WCST. Resultados: se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en las 5 pruebas, tanto en el tipo de ejecución, en los errores cometidos, y en los tiempos requeridos, siendo el rendimiento del grupo con TCE menor al del grupo control. Cualitativamente se observó también que la velocidad de procesamiento de la información se encuentra disminuida. Conclusiones: los pacientes con TCE tienen dificultades en las funciones ejecutivas incluso 5 años después del traumatismo. La evaluación de las funciones ejecutivas es necesaria para comprender los procesos cognitivos comprometidos en estos pacientes y crear programas adecuados y específicos de rehabilitación neuropsicológica.

**Exploración de las Funciones Ejecutivas en adultos con Traumatismo  
Craneoencefálico Grave del Instituto Nacional de Neurología y  
Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”**

**TRAUMATISMOS CRANEOENCEFÁLICOS**

Los Traumatismos Craneoencefálicos (TCE) son una entidad clínico patológica que se caracteriza por síntomas y signos ocasionados por el impacto del cráneo y/o el encéfalo al chocar con un agente externo (Rowbotham, 1964).

En la actualidad los TCE representan la principal causa de muerte en la población de adultos jóvenes menores de 45 años de edad. Se estima que la incidencia global de los TCE en países desarrollados es de 200 por cada 100 000 personas al año, siendo la infancia temprana, los adolescentes, adultos jóvenes y la tercera edad los grupos más vulnerables (Bruns y Hauser, 2003).

En Estados Unidos se han realizado diversos estudios epidemiológicos que consideran la distribución entre edades, género y grupo social como variables de análisis. En San Diego, por ejemplo, se reportan tasas anuales de 148/100 000 casos de TCE en adultos entre 24 y 45 años y 93/100 000 en personas entre 46 y 74 años de edad. Un estudio realizado en Francia reporta un promedio anual de 190/100 000 casos de TCE en adultos de 36 a 75 años (Bruns y Hauser, 2003).

Con respecto a las diferencias entre género, se ha observado uniformemente mayor incidencia en los hombres. En Estados Unidos la relación es de 1.5:1, mientras que en Sudáfrica es de 4:1 (Bruns y Hauser, 2003).

La etiología de los TCE varía con respecto a la edad. En la infancia y la tercera edad las caídas son la principal causa, mientras que los accidentes automovilísticos y la violencia predominan en la adolescencia y adultos jóvenes (Bruns y Hauser, 2003).

En México de acuerdo con la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud Pública, en el 2005 se registraron 83 031 accidentes automovilísticos en el país. Se estima una tasa anual de 78 / 100 000 personas, de los cuales el 37 % (31 396) acontecieron en la población entre 25 y 44 años de edad y el 18 % (15 071) repercutieron directamente en la población entre 20 y 24 años de edad, lo que los convierte en los grupos de mayor incidencia.

De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) del 2005, el 10.7% de las muertes registradas en la población general fueron catalogadas como “muertes violentas”. Del total de estos casos, por rango de edad, sucede entre los 15 y 19 años de edad en un 56.7%, de los 20 a los 24 años el 57.7%, en las edades comprendidas entre los 25 y 29 años el 48.4%, entre los 30 y 34 años del 28.8%, de los 35 a los 39 años del 30.5% y de los 40 a 44 años del 21.9%.

Se estima que los TCE son la primera causa de muerte de entre un tercio a un medio de las muertes traumáticas. Aproximadamente la mitad de estas muertes ocurren en el lugar del evento, la ambulancia o en el ingreso hospitalario (Bruns y Hauser, 2003).

De forma consecuente al aumento de la supervivencia tras una lesión cerebral, también ha aumentado el índice de personas que presentan secuelas neurológicas y

neuropsicológicas, por lo que su evaluación, tratamiento y rehabilitación son aspectos cada vez más importantes en el ámbito de la salud pública.

### **Fisiopatología de los traumatismos craneoencefálicos**

Un TCE puede ocasionar lesiones abiertas o cerradas. Las primeras están caracterizadas por la penetración de un objeto y por lo tanto implican el daño directo al cráneo, las lesiones más comunes de este tipo son las ocasionadas por armas. Las lesiones cerradas pueden clasificarse en focales y difusas. Las lesiones cerradas focales son aquellas suficientemente grandes para ser identificadas a simple vista, como por ejemplo, las contusiones cerebrales y los hematomas epidurales (rompimiento de la arteria menígea), subdurales (ruptura del venas puente o senos venosos entre la duramadre y la corteza cerebral) e intraparenquimatosos (Gennarelli, 1993; Junqué, 1995). Este tipo de lesiones generalmente producen déficit cognitivos predecibles circunscritos a la región dañada (Lezak, 1995).

El término daño difuso se refiere a aquel que no ocupa un volumen definido en el compartimiento intracraneal, es decir, cuando no hay una lesión macroscópica estructural visible. Una característica de las lesiones cerradas es que se pueden producir tanto por el golpe directo en la región afectada como por el contragolpe ocasionado por el impacto a distancia del evento traumático.

Fisiopatológicamente las causas de los cambios que se observan tras un TCE son: a) lesión del tejido cerebral, b) edema, c) hipoxia, d) aumento de presión intracraneana y, e) isquemia (Ardila y Ostrosky-Solís, 1991).



## **Clasificación de la severidad del TCE**

Los síntomas asociados al TCE varían de acuerdo a la severidad de la lesión del tejido cerebral, de manera que se puede o no presentar pérdida del estado de alerta, que es un factor para determinar el grado de severidad del traumatismo. Además hay una serie de síntomas que aparecen posteriores a un TCE y que están matizados por la región y magnitud de la lesión, persistiendo ya sea por un par de minutos, por lapsos prolongados (días o semanas) o como consecuencias crónicas que prevalecen durante años. Dentro de los síntomas característicos en la etapa aguda se encuentran confusión, visión borrosa, dolores intensos de cabeza, vómito, pérdida de la memoria a corto plazo, debilidad muscular, dificultad para caminar, dicinesias y problemas en el lenguaje.

Regularmente en los traumatismos craneoencefálicos con pérdida del estado de alerta hay repercusiones crónicas a largo plazo en las funciones cognitivas, la personalidad y el estado de ánimo (Mitchell, 2004). De acuerdo con los estudios realizados por Junqué (1995) dos años después de un TCE grave el 84% de los pacientes presentan déficit residual en su funcionamiento cognitivo global.

Existen diferentes métodos por medio de los cuales se puede clasificar el grado de severidad de un TCE. Se considera que uno de los indicadores más importantes para determinar el grado de severidad del traumatismo es la duración del **estado de coma o la duración de la pérdida del estado de alerta (PEA)**, que se produce por interrupción en las vías comunicantes entre el cerebro y la periferia del cuerpo. El proceso de activación se da en las estructuras del tallo cerebral, por lo que mientras mayor sea el período de recuperación de conciencia, mayor será el daño del paciente. Dentro de este esquema se han utilizado diversas variantes: 1) se considera un TCE leve cuando hay

pérdida del estado de alerta o amnesia postraumática durante menos de 30 min; moderado cuando es mayor a 30 min y menor a 24 horas y severo cuando la pérdida del estado de alerta rebasa las 24 horas (Bruns y Hauser, 2003) y 2) se clasifica como TCE leve cuando la pérdida del estado de alerta es menor a una hora, moderado si el período dura entre 1 y 24 horas y severo o grave cuando es mayor a 24 horas (Jenkins et al., 1986).

Por otra parte, la Escala de Coma de Glasgow (Teasdale y Jannett, 1974) es un instrumento médico que valora la **gravedad del estado de coma** a partir de tres indicadores: apertura de los ojos, respuesta motora y respuesta verbal. La puntuación máxima, que sería la esperada en una persona sana, son 15 puntos, mientras que el valor mínimo de la escala es 3. De acuerdo a este instrumento, los TCE se clasifican en leves (13 a 15 puntos), moderados (9 a 12 puntos) o severos (puntuaciones menores a 8).

El estado de coma puede evolucionar en diferentes estadios: muerte, muerte cerebral, estado vegetativo o **amnesia postraumática**, ésta última se refiere al período de tiempo entre el evento que ocasionó el TCE y la recuperación completa de la orientación. Se le ha denominado de esta manera debido a que el paciente presenta confusión, desorientación y frecuentemente confabulaciones (Goldberg, 2001).

### **Alteraciones cognitivas**

Se ha observado que los lóbulos frontal y temporal son los más afectados en el TCE, a causa de la configuración craneal, el impacto del golpe tiende a transmitirse a las estructuras de la base del lóbulo frontal y las regiones anteriores y mediales del lóbulo temporal (Ardila, Ostrosky-Solís, 1991). Lo anterior explica porque los problemas de

memoria, atención, comportamiento, ejecución y lenguaje sean frecuentemente observados en estos pacientes (Mitchell, 2004).

Millis, Rosenthal, Novach, Sherer y Nick, en el 2001 investigaron la recuperación cognitiva en pacientes con cinco años de evolución del traumatismo craneoencefálico. Evaluaron 182 pacientes con TCE de moderado a severo, con las pruebas Token Test, Trail Making Test, Wisconsin Card Sorting Test, Repetición de dígitos, Diseño con cubos y Memoria lógica I y II. En sus resultados encontraron que la comprensión audio-verbal, las funciones ejecutivas y la memoria presentan diferencias significativas entre los pacientes con TCE moderado y grave, siendo estos últimos los más afectados. Además observaron una gran variabilidad entre los pacientes, de manera que la recuperación neuropsicológica en algunos pacientes puede continuar durante varios años, mientras que en otros, los déficit cognitivos pueden continuar o acentuarse inclusive cinco años después del TCE.

En la evaluación neuropsicológica realizada 55 meses después del TCE, los pacientes muestran déficit en por lo menos una función cognitiva; la memoria y las funciones ejecutivas frecuentemente son las más afectadas (Scheid, Walter y Guthke, 2006).

Por otra parte, en estudios realizados con Resonancia Magnética Funcional se muestra que la activación cerebral durante tareas de memoria de trabajo está alterada en los adultos con TCE grave, en comparación con sujetos sin TCE (Newsome, Scheibel y Steinberg, 2007).

Además del daño inminente y directo que un TCE puede ocasionar en el tejido cerebral, es frecuente observar alteraciones secundarias que no son directamente atribuibles al impacto y que dependen del daño cerebral estructural, las regiones afectadas, el tipo de traumatismo y por supuesto las características premórbidas individuales. La gama de alteraciones secundarias o crónicas tras un TCE es muy variada e incluye las funciones cognitivas, cambios en la personalidad y en el estado de ánimo e incluso aparición de convulsiones epilépticas y/o el desarrollo de un cuadro demencial progresivo (Mitchell, 2004).

Las secuelas físicas y cognitivas dificultan la reintegración social, laboral, académica y personal del paciente, experimentan cambios importantes en el comportamiento y dificultades para establecer relaciones personales y sociales en la vida diaria. Las fallas cognitivas y los cambios en la personalidad causan los principales reportes y quejas de pacientes y familiares, lo que motiva la consulta médica y psicológica, por lo que se requiere que los métodos de reconocimiento, evaluación y rehabilitación sean cada vez más eficaces (Gennarelli, 1987).

Wood y Rutterford (2006) realizaron un estudio con pacientes con TCE severo en el que encontraron que 17 años posteriores al traumatismo el 41 % de los pacientes tenían un empleo de medio tiempo o tiempo completo, lo que sugiere que la recuperación de aspectos psicosociales puede producirse después de un período considerable de tiempo, mientras que el 59% de los pacientes no regresó a una actividad laboral.

A pesar de que únicamente el 10% de los TCE son severos, representan un problema social mayor, ya que la rehabilitación es muy costosa y la readaptación social crea

serios problemas tanto emocionales como económicos en la familia, sobre todo si consideramos que mientras mayor sea el daño, mayor será la dependencia y disfunción social de estos pacientes (Lezak, 1995).

### **MÉTODOS DE ESTUDIO Y EVALUACIÓN COGNITIVA**

Los avances científicos y tecnológicos han permitido un estudio más riguroso y objetivo del cerebro, nuevos métodos y conocimientos para desarrollar instrumentos de evaluación de las funciones cerebrales y por lo tanto, la posibilidad de obtener un diagnóstico más certero de las alteraciones neurológicas, con lo que las herramientas para todas las disciplinas que estudian el cerebro se han ido ampliando.

Tradicionalmente el examen médico neurológico es el método que se emplea para la evaluación del cerebro, éste se enfoca en la valoración de la fuerza, eficacia y

reactividad de las respuestas que dan los pacientes frente a determinados estímulos o preguntas. Asimismo, los neurólogos examinan estructuras corporales con la finalidad de encontrar evidencia de disfunción cerebral, como por ejemplo reacción pupilar o atrofia muscular.

Actualmente las técnicas que se utilizan para el estudio del cerebro se pueden dividir en dos, aquellas que hacen uso de la imagen cerebral y que implican una visión espacial del cerebro, y aquellas técnicas neurofisiológicas que se caracterizan por la medición temporal de la actividad cerebral.

Los métodos imagenológicos están agrupados en dos ramas, aquellos que únicamente permiten la visualización de la estructura cerebral y los que además arrojan información sobre la actividad cerebral.

### **Métodos de visualización de la estructura cerebral**

1. La **radiografía de cráneo** es una técnica que sirve primordialmente para observar la integridad del cráneo, se busca por ejemplo la presencia de fracturas, sin embargo, revela poca información acerca del tejido cerebral sobre todo en los niveles más profundos, ya que el tejido mantiene una densidad uniforme, de manera que cada región del cerebro absorbe la misma cantidad de rayos X, haciendo imposible la distinción entre ellas (Rains, 2004).

2. La **angiografía cerebral** es una técnica en la que se hacen visibles las venas y arterias cerebrales a través de la inyección de un medio de contraste que absorbe los rayos X, por lo que el radiólogo puede observar la presencia de cambios estructurales en el cerebro mediante los patrones del sistema vascular (Rains, 2004).
  
3. La **tomografía computarizada (TC)** es una técnica que se introdujo en la década de los setenta en la neuroradiología, y consiste en un haz de rayos X que atraviesa la cabeza del paciente. El tubo que proyecta los rayos X y el detector ubicado en el lado opuesto giran lentamente sobre un mismo nivel del cerebro, de manera que se obtienen varias imágenes individuales. El proceso se repite cambiando los niveles en los barridos horizontales y el conjunto de todas estas imágenes es procesado en una computadora donde se obtiene una representación tridimensional del cerebro (Pinel, 2001; Rains, 2004).
  
4. La **resonancia magnética (IRM)** constituye otro método para visualizar el tejido cerebral *in vivo*, tiene una resolución mucho mayor a la tomografía computarizada porque es más sensible a las variaciones en la densidad del tejido. Es una técnica en la que los átomos de hidrógeno se alinean en paralelo debido a la intensidad del campo magnético al que se somete el organismo y posteriormente se activan mediante ondas de radiofrecuencia. Cada una de estas ondas asume un patrón característico determinado por la cantidad de átomos de hidrógeno y por lo tanto por la densidad del tejido, que es lo que se observa en la imagen de la resonancia magnética (Pinel, 2001; Rains, 2004).

## **Métodos de visualización de la actividad cerebral**

Hay una serie de técnicas que proporcionan imágenes de la actividad *in vivo* del tejido cerebral, más que de la estructura. El primero de éstos métodos es la técnica de **flujo sanguíneo regional (FSCr)**, en el que por medio de la inhalación o inyección de un isótopo radioactivo se observa la actividad metabólica en las diferentes regiones cerebrales implicadas en la realización de una actividad, mientras mayor sea el nivel de radioactividad, mayor será el flujo sanguíneo en esa zona particular (Rains, 2004).

La **tomografía por emisión de positrones (PET)** es otro método para medir la actividad metabólica del cerebro. Consiste en inyectar al paciente una sustancia radioactiva semejante a la glucosa (2-desoxiglucosa), la cual no puede ser metabolizada por las neuronas pero que se acumula en las células activas del cerebro, muestra en la imagen las diferencias en la demanda energética de las diferentes regiones cerebrales en un momento o tarea determinada por medio de diferencias de color (Pinel, 2001).

Debido a que la resonancia magnética es sensible también al entorno químico, puede utilizarse también como una técnica para observar la actividad funcional, convirtiéndose en una **resonancia magnética funcional (fMRI)**. El aumento de actividad tisular correlaciona con incremento en el flujo sanguíneo y con la proporción de hemoglobina oxigenada y no oxigenada, que a su vez cambia las propiedades magnéticas de la sangre, de manera que puede ser detectada por el resonador magnético. Esta técnica tiene la ventaja de que puede obtenerse tanto la información estructural como funcional, por lo que el diagnóstico se vuelve más preciso (Rains, 2004).

## **Métodos neurofisiológicos**



Las técnicas neurofisiológicas se enfocan en la medición temporal de la actividad eléctrica cerebral. El **electroencefalograma (EEG)** es el ejemplo más común, y es utilizado para el registro grueso de la actividad eléctrica del cerebro. Esta técnica consiste en colocar una serie de electrodos sobre el cuero cabelludo del paciente para obtener una señal a gran escala de la actividad eléctrica neuronal, es decir, no puede discernir entre grupos pequeños de células. Es útil en mayor grado para detectar y localizar la actividad convulsiva y estudiar los patrones de sueño.

Los **potenciales evocados (PEs)** son registros de la actividad eléctrica del cerebro en respuesta a un estímulo específico que puede ser de índole auditiva, somatosensorial o visual, y son utilizados primordialmente para analizar la integridad de las vías sensoriales. Los **potenciales relacionados a eventos (PREs)** son potenciales cognitivos, que requieren de estimulación que genere fenómenos como atención, memoria, etc. Son una variación de la técnica de EEG con la que se ha estudiado de forma más específica la actividad eléctrica cerebral (Pinel, 2001; Rains, 2004).

Para estudiar la actividad eléctrica de una neurona única es necesario realizar un **registro de células individuales**, que consiste en la inserción de un electrodo dentro de una única neurona para posteriormente registrar los cambios en el potencial eléctrico de la misma (Rains, 2004).

La actividad electrodermal forma parte también de este tipo de técnicas, y sirve para medir el nivel de conductancia de la piel y la respuesta galvánica, que reflejan el funcionamiento del sistema nervioso autónomo y se relaciona con la medición de las respuestas emocionales (Ríos, Cabestrero y Maestú, 2008).

Además existen otros métodos neurofisiológicos que miden la actividad eléctrica de otros tejidos como los músculos (electromiografía) o el corazón (electrocardiografía), que son utilizados en la práctica médica, y se pueden emplear como medición indirecta de la actividad del sistema nervioso (Ríos, Cabestrero y Maestú, 2008).

Por lo tanto las técnicas imagenológicas son ampliamente utilizadas en los casos con alteraciones estructurales donde la resolución temporal no es de mayor importancia, mientras que en los estudios funcionales los métodos electrofisiológicos brindan mayor información.

La utilidad de estos métodos de estudio cerebral en la práctica médica es cada vez más importante, ya que permiten el establecimiento de un diagnóstico más preciso, lo que a su vez beneficia el establecer un tratamiento más dirigido y por lo tanto una mayor precisión en el pronóstico del paciente. A pesar del apoyo en el diagnóstico, el hecho de que algunas técnicas sean invasivas para el paciente, que en algunos casos es necesario inyectar un medio radioactivo de contraste además de cumplir con una serie de requisitos (no tener una placa craneal, no tener claustrofobia, marcapasos, no estar embarazada, entre otros), el alto costo económico para su realización y la escases de dichas técnicas en los centros médicos públicos, siguen siendo factores de primera importancia a considerar en su uso.

## **NEUROPSICOLOGÍA**

La neuropsicología estudia la relación entre los procesos psicológicos y la actividad cerebral, por lo que su relevancia tanto en el trabajo clínico y de investigación es significativa.

Para que la neuropsicología se desarrollara hasta lo que actualmente se concibe y atribuye a esta disciplina tuvieron que suceder diferentes acontecimientos en la historia de las neurociencias y el estudio del cerebro.

Desde el siglo V a.C. Hipócrates y filósofos posteriores referían al cerebro como sede de la inteligencia y el alma. Los fisiólogos griegos, antes de Cristo, ya creían que la conducta estaba regida por el cerebro, aunque proponían una teoría ventricular, donde la sensación y percepción se localizaban en los ventrículos laterales, el razonamiento en el tercer ventrículo y la memoria en el cuarto compartimiento ventricular (Benton y Sivan,

2007). Posteriormente Aristóteles propone al corazón como centro del pensamiento y las emociones. De acuerdo a este pensador el temperamento de un individuo era regido por la tipología de su fluido sanguíneo.

En el siglo XVII Descartes promulga que la glándula pineal es responsable de las funciones psíquicas y establece una distinción entre alma y cerebro al afirmar que el alma puede funcionar sin el cerebro. Este es el inicio de la visión dualista entre cuerpo y mente que durante muchos años predominó en el campo del conocimiento.

En el siglo XVIII surge la frenología, que suponía la ubicación de funciones específicas en mapas craneales. En esta nueva teoría localizacionista se le atribuye una función especial y específica a una región determinada e igualmente específica del cerebro. Esta concepción ubicaba características y funciones en las regiones cerebrales, con lo cual el cerebro dejó de ser un órgano indiferenciado, la corteza cerebral emerge como un componente fundamental en la conducta y no meramente un tejido vascular. La frenología afirmaba también que la calidad y grado de las facultades dependen de la masa cerebral asociada a ellas (Carrión, 1995). Dentro de este paradigma, en el lóbulo frontal se localizaban cualidades mentales humanas calificadas como superiores, como por ejemplo, la curiosidad, el idealismo, perfeccionismo, el orden, etcétera. (Rivera, 2006).

A principios del siglo XIX Gall describió el caso de un soldado que a partir de una herida de cuchillo en el ojo izquierdo que penetró el cráneo tuvo un deterioro de lenguaje. Sin embargo, una de las mayores aportaciones teóricas de Gall fue el asumir que el cerebro no era un órgano único, sino un ensamble de órganos, cada uno de los

cuales era el sustrato de una habilidad cognitiva o rasgo de la personalidad (Benton y Sivan, 2007). Posteriormente Bouilland, en 1825, especula con sus observaciones que el lenguaje es una función que pudiera estar representada en la porción anterior del cerebro e incluso habla ya de una lateralización funcional del hemisferio izquierdo.

El origen de la neuropsicología como disciplina se ubica a mediados del siglo XIX con las investigaciones de Paul Broca, quien por primera vez relaciona una función cognitiva con estructuras del cerebro al concluir que el hemisferio izquierdo es dominante para el lenguaje (“hablamos con nuestro hemisferio izquierdo”) (Rains, 2004).

Por otra parte, en 1873 Jackson pone en manifiesto una nueva idea: cuando se presenta una lesión focal en el tejido cerebral, nunca hay una desaparición completa de la función asociada a dicha región, sino mas bien una desorganización de la misma (Carrión, 1995).

El descubrimiento de Santiago Ramón y Cajal de las neuronas y las investigaciones posteriores de Sherrington sobre la comunicación interneuronal a través de la sinapsis, dieron un nuevo giro a las neurociencias: las neuronas se comunican entre sí y por lo tanto el sistema nervioso es un complejo dinámico.

A partir de este momento se empieza a desarrollar un enfoque holístico sobre la actividad cerebral. En esta nueva concepción se considera al cerebro como un órgano comunicado entre sus diversas regiones. Se dejó de fragmentar tan específicamente las funciones cerebrales y se adoptó una visión más global e integradora de las mismas.

La neuropsicología actual surge en Rusia con el destacado Alexander Romanovich Luria, quien a partir de la teoría de las funciones psicológicas superiores del hombre establece una aproximación metodológica para el estudio de las funciones psíquicas. Este autor unifica la teoría localizacionista y holística y considera que una función no está localizada de manera exclusiva en una región cerebral particular. El concepto de función se extiende a un sistema funcional dinámico e interactivo entre diversas zonas del sistema nervioso central (Luria, 1995).

Luria propone tres unidades funcionales primordiales en el cerebro; la primera unidad regula el tono cortical, es decir el estado de alerta. La segunda unidad se encarga de recibir, analizar y guardar información; y la tercera unidad funcional programa, regula y verifica la actividad mental. Estas tres unidades funcionales tienen representación anatómica distinta. La regulación del tono cortical está a cargo del sistema reticular ascendente del tallo cerebral y las lesiones a este nivel ocasionan deterioro en el estado de vigilia, pérdida de la selectividad y de la discriminación de estímulos. La parte posterior del cerebro compuesta por regiones auditivas, visuales y parietales, con sus respectivas áreas de asociación, subyacen los procesos de percepción y almacenamiento de la información. Las alteraciones que se observan cuando hay daño en este sistema funcional están relacionadas con el deterioro sensorial, el análisis de la información y la codificación de la misma. Mientras que la tercera unidad funcional está localizada en los lóbulos frontales, con síntomas comunes como la apatía, la falta de iniciativa y el déficit en la conducta volitiva característicos de lesiones en este sistema funcional.

### **Evaluación Neuropsicológica**

Al igual que la evaluación psicológica, la valoración neuropsicológica implica el estudio del comportamiento por medio de entrevistas, cuestionarios y pruebas estandarizadas, sin embargo, la diferencia radica en el marco conceptual del que se parte, el funcionamiento cerebral es la referencia primaria y punto de partida de la evaluación neuropsicológica.

La evaluación neuropsicológica constituye en la actualidad uno de los principales campos de actividad psicológica y tiene como objetivo la verificación y descripción de procesos cognitivos y afectivos como resultado del daño cerebral, por lo que comprende las diferentes funciones cognitivas. Este método para estudiar las funciones cerebrales contribuye al diagnóstico neurológico del paciente y aporta información referente a la efectividad del tratamiento y la gravedad de los efectos secundarios, de manera que forma parte de un abordaje integral y fundamental en el estudio objetivo del cerebro.

La meta de la neuropsicología es estudiar la organización cerebral de los procesos mentales y especialmente de las funciones superiores. De acuerdo a Luria los objetivos de la neuropsicología son: a) Determinar alteraciones cerebrales causantes de las alteraciones conductuales específicas, tratando de localizar de forma precisa el daño con el fin de dar un tratamiento lo más pronto posible y b) la investigación neuropsicológica conduce a un mejor entendimiento de los componentes de las funciones psicológicas complejas como producto de la actividad integrada de distintas áreas cerebrales (Luria, 1973). Los principales propósitos de la neuropsicología son obtener:

- a) Diagnóstico
- b) Análisis cualitativo del síndrome

- c) Indicar las causas o factores
- d) Localización topográfica
- e) Programas de rehabilitación

Una de las ventajas que ofrece la evaluación neuropsicológica es el bajo costo económico que tiene con relación a otros métodos de estudio del cerebro. Es una técnica no invasiva, en la que se estudia el funcionamiento cognitivo cerebral de manera global, pero además se pueden obtener datos específicos sobre mecanismos de compensación, estrategias de ejecución, fallas de perseverancia, etcétera, lo que permite una evaluación no solamente cuantitativa sino cualitativa.

De acuerdo con Junqué (1995), la neuropsicología constituye una rama de las ciencias que estudia las bases biológicas de la conducta, forma parte de la psicología fisiológica o psicobiología y abarca el estudio de la actividad biológica relativa al funcionamiento cerebral, interesándose principalmente en el estudio de los procesos psíquicos complejos.

Toda observación psicológica puede expresarse cuantitativa y cualitativamente. En el análisis cuantitativo se consideran los puntajes obtenidos en las pruebas y su ubicación dentro de los parámetros establecidos, este tipo de análisis indica el grado de déficit en determinada función y permite comparaciones más objetivas intra e inter sujeto.

Los datos cualitativos de una evaluación se obtienen mediante la observación directa e incluyen el comportamiento del individuo en la realización de las pruebas y la conducta general. En el análisis cualitativo se considera el tipo de ejecución, la naturaleza de los errores cometidos, el tiempo requerido para la tarea y los detalles observados como



verbalizaciones, comprensión, dudas y particularidades de cada individuo. De manera que de este tipo de análisis se obtienen datos clínicos particulares que complementan los resultados numéricos (Lezak, 1995).

Cuando se hace una integración a partir de una evaluación neuropsicológica tienen que considerarse características inherentes al individuo como por ejemplo la edad, sexo, escolaridad, región de vivienda, etcétera, ya que son datos que pueden modificar el margen de déficit o alteración encontrada en determinadas funciones cognitivas.

Para que una evaluación neuropsicológica esté completa se requiere tanto de los datos cuantitativos que arrojan las pruebas, como del análisis cualitativo que realiza el aplicador y que da contexto a los datos cuantitativos (Lezak, 1995).

Las funciones cognitivas que se abordan en una valoración neuropsicológica son la atención, las diferentes modalidades de memoria, la integración espacial, el lenguaje, las praxias y las funciones ejecutivas. Una de las características primordiales de la evaluación neuropsicológica es que la valoración se adapta a las características, posibilidades y limitaciones del paciente, nunca al revés. La interpretación neuropsicológica siempre considera los datos sociodemográficos del paciente, las circunstancias presentes, la historia médica y los datos obtenidos en la evaluación misma (Lezak, 1995).

Existen diversas pruebas para valorar de manera global o específica las funciones cognitivas en el ser humano. Algunas pruebas están estandarizadas y normativizadas, es decir que se han hecho parámetros en diferentes poblaciones sobre lo que se espera en la

ejecución de un individuo con determinadas características. Sin embargo existen pruebas que únicamente se han estandarizado en los Estados Unidos, por lo que las normas empleadas son de esa población. En estos casos hay que considerar este factor como parte del análisis cualitativo.

En la práctica existen diferentes pruebas para realizar una valoración neuropsicológica. El Test de Barcelona es utilizado para evaluar la orientación en sus tres esferas: persona, espacio y tiempo. Para la atención y concentración se puede hacer uso de la retención de dígitos, el Test de Colores y Palabras de Stroop o el Trail Making Test. El Test de Boston para Afasia, el Test de Denominación de Boston, el Set Test y el Token Test sirven para valorar las diferentes funciones lingüísticas como la denominación, la fluidez verbal y la comprensión audio-verbal. Las praxias gráficas pueden ser valoradas con la Figura Compleja de Rey-Osterrieth y para las modalidades de memoria hay diferentes pruebas como el WAIS, la Figura Compleja de Rey, la Escala Clínica de Memoria de Wechsler, entre otras. Dentro del marco de las funciones ejecutivas, el Wisconsin Card Sorting Test (WCST) es un instrumento apto para evaluar la capacidad de conceptualización abstracta, mientras que el Trail Making Test B ha sido utilizado para la planificación y secuenciación gráfica y la Torre de Londres se ha empleado para evaluar la planeación y anticipación (Luria, 1973; Rains, 2004; Serino, 2006).

En el caso de los pacientes con traumatismo craneoencefálico, se han utilizado diversas pruebas neuropsicológicas que valoran las funciones cognitivas que de manera consistente se han reportado alteradas en estos pacientes: memoria, funciones ejecutivas, lenguaje y atención, por lo que se hace uso recurrente de pruebas como la Escala Clínica de Memoria de Wechsler, la Torre de Londres o la Torre de Hanoi, el

Wisconsin Card Sorting Test, el Trail Making Test, el Test de fluencia verbal y el Test de Palabras y Colores de Stroop (González et al., 2004; Tirapu- Ustárroz et al., 2005; Perlstein et al., 2006)

Un estudio relacionado con las funciones cognitivas y el daño cerebral es el realizado por Goethals et al., (2004), en el que encontraron que los pacientes con daño cerebral difuso tienen un rendimiento significativamente menor en la prueba de Palabras y Colores de Stroop, que indica un déficit en la resistencia a la interferencia mental.

En la investigación de Lange et al., del 2005, se reporta en una muestra de 571 pacientes con traumatismo craneoencefálico, divididos en 4 grupos de acuerdo a la severidad del padecimiento, la existencia de una relación lineal entre el desempeño en el Trail Making Test y el grado de severidad del TCE.

Asimismo, en un estudio realizado por Casalis et al., en 2006, en el cual observaron los correlatos cerebrales del síndrome disejecutivo en tareas de planeación con la prueba de la Torre de Londres, encontraron que la activación cerebral de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y la corteza del cíngulo anterior están estrechamente relacionadas con la ejecución en esta prueba. Un desempeño bajo en la prueba se asoció con una activación reducida en ambas regiones.

Neuropsicológicamente, los TCE pueden resultar en cualquier tipo de déficit tanto cognitivo como conductual. Sin embargo, la prevalencia de lesiones frontales y temporales sugiere que la memoria, las funciones ejecutivas, las habilidades motoras, la velocidad de procesamiento y la personalidad son los cambios predominantes en la

clínica observada en los sujetos con TCE. La ausencia de anormalidad en una imagen cerebral no es igual a la ausencia de déficit cognitivo (Bigler, 2001).

### **LÓBULOS FRONTALES Y CORTEZA PREFRONTAL**

El cerebro humano representa aproximadamente el 2% del peso corporal total, pero consume el 20% del oxígeno que entra al cuerpo, por lo que es un órgano con alta demanda energética, en consecuencia las células que conforman el sistema nervioso son extremadamente sensibles a alteraciones en los niveles de glucosa y oxígeno (Goldman, 1983).

Anatómicamente, la región cerebral que constituye los lóbulos frontales se localiza en la parte superior a la cisura de Silvio y anterior a la cisura Central (cisura de Rolando). Están conformados por cuatro circunvoluciones: precentral, superior, media e inferior (Carpenter, 1999) y su irrigación sanguínea es suministrada por la arteria cerebral media y anterior (Estévez-González, García Sánchez y Barraquer-Bordas, 2000).

La corteza del lóbulo frontal se divide en dos grandes regiones de acuerdo al tipo celular de la capa IV de la corteza cerebral: la zona granular y agranular (Estévez-González et al., 2000), sin embargo, en el mapa citoarquitectónico de Brodmann abarca 15 áreas. Funcionalmente el lóbulo frontal se divide en tres regiones principales:

a) *Corteza motora- premotora*, que comprende la corteza motora primaria, premotora, motora suplementaria, oculomotora y área de Broca (áreas 4, 6, 8 y 45). La corteza motora primaria, premotora y suplementaria se encargan del control de los movimientos voluntarios, mientras que la región ocular se relaciona con los movimientos oculares sacádicos y voluntarios. El área de Broca, es una zona asociativa motora que integra los diferentes componentes del lenguaje provenientes de la parte posterior del cerebro (aspectos semánticos), motivacionales (sistema límbico) y la planificación articular necesaria. Esta área de Broca es particular del hemisferio izquierdo, sin embargo la región equivalente del hemisferio derecho se ha implicado en la prosodia del lenguaje y en los gestos emocionales del mismo (Estévez-González et al., 2000).

b) *Corteza prefrontal*, conformada por la corteza dorsolateral (áreas 9, 10 y 46), la corteza orbital (áreas 11,12 y 47) y la corteza medial (áreas 9 y 10).

c) *Corteza paralímbica* constituida por la región del cíngulo anterior (áreas 24, 25 y 42).

Filogenéticamente la corteza frontal es la última estructura en desarrollarse, aparece con los mamíferos y en los seres humanos constituye el 29% de la neocorteza. Mientras que ontogenéticamente su desarrollo inicia alrededor de los 12 meses de edad, y se estabiliza aproximadamente a los 18 años de edad (Papazian, Alfonso y Luzondo, 2006). A los 6 años el tamaño del cerebro ha llegado al 90% del de un adulto, aunque sigue habiendo cambios dinámicos en el tejido, relacionados principalmente con la maduración y el aprendizaje. En las regiones encargadas de las funciones primarias como los sistemas sensoriales y motores, la maduración tiene lugar en etapas más

tempranas del desarrollo, mientras que las regiones de asociación polimodales tienen un proceso de maduración más lento. La región frontal y en particular la Corteza Prefrontal (CPF), es una de las últimas regiones en mielinizarse y en obtener su volumen celular y número de espinas dendríticas, probablemente debido al lento desarrollo de las funciones de las que se ocupa. Por lo anterior, la corteza prefrontal tiene mayor sensibilidad a las condiciones ambientales tanto positivas como negativas, y en muchos casos el daño frontal perinatal no se hace evidente en los primeros años de vida.

Con respecto a la neuroquímica del lóbulo frontal, no existe un neurotransmisor único asociado a este lóbulo, pero se considera que la dopamina y la norepinefrina juegan un papel fundamental en las conexiones frontales. Se considera que los niveles de dopamina que hay en el adulto en esta región cerebral se tienen ya desde el nacimiento, mientras que la norepinefrina va aumentando paulatinamente desde el nacimiento hasta los 3 años, cuando ya se tienen los niveles adultos (Stuss, 1992).

La CPF es una región que posee conexiones aferentes y eferentes con diversas estructuras cerebrales tanto corticales como subcorticales. A nivel cortical se identifican con todas las áreas de asociación sensorial, que envían información del mundo exterior y cuya integración final se realiza en la corteza prefrontal. Los circuitos fronto-subcorticales son conexiones entre la corteza frontal y las regiones más profundas del cerebro, éstas regulan el funcionamiento prefrontal. Existen conexiones con el hipocampo relacionadas con la memoria a largo plazo; a través del tálamo en una vía más indirecta hay comunicación con el sistema límbico que está implicado en el estado fisiológico y motivacional (principalmente con la amígdala y el hipotálamo). Asimismo, hay proyecciones desde la amígdala y el hipocampo hacia las regiones mesiales del

lóbulo frontal, en particular al giro recto y la porción subcallosa y anterior del cíngulo. Existen aferencias también desde los núcleos talámicos dorsolateral y pulvinar.

Las vías eferentes que salen de la CPF son igualmente diversas, estableciendo conexiones con áreas sensoriales, posiblemente para el control dirigido de la atención, con la corteza premotora y motora suplementaria implicadas en el movimiento, con el neostriado (caudado y putamen), con la amígdala y el hipocampo a través del cíngulo y, con los núcleos dorsomediales, intralaminares y pulvinar del tálamo. Además mantiene comunicación estrecha tanto aferente como eferente con el tronco encefálico (Estevéz-González et al., 2000; Ardila y Roselli, 2007).

En los seres humanos la CPF está dividida anatómicamente en tres regiones: dorsolateral, medial y orbital o ventral. A pesar de que a cada una de estas regiones se les han caracterizado y atribuido diferentes funciones cognitivas y mentales, al igual que el resto de los sistemas cerebrales, funcionan en conjunto y están estrechamente relacionadas, por lo que el daño en alguna de estas regiones tiene repercusiones en diversos procesos cerebrales.

De acuerdo a las tres regiones anteriormente mencionadas, existen tres circuitos que conectan a las estructuras prefrontales con las regiones subcorticales. Los tres sistemas tienen una estructura básica: conectan al lóbulo frontal con los núcleos estriado y pálido, la sustancia *nigra*, el tálamo y de regreso a la corteza frontal. Los circuitos se describen a continuación:

1) *Circuito Dorsolateral*. Las proyecciones axonales de las áreas 9 y 10 de Brodmann hacen sinapsis con el núcleo caudado, que a su vez envía proyecciones hacia el globo pálido y la sustancia *nigra*, posteriormente hay un relevo en el núcleo medial y

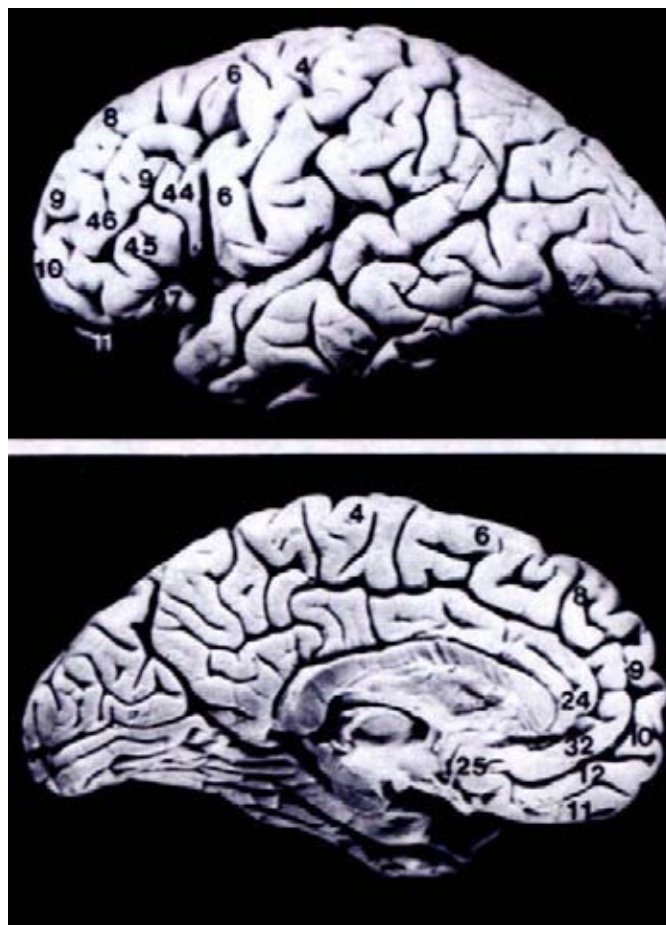
dorsomedial del tálamo para finalmente regresar a la corteza dorsolateral prefrontal (Miller, 2000). Las funciones asociadas a este circuito neuronal son la organización temporal de la conducta dirigida a metas, la capacidad de planeación, flexibilidad cognitiva, solución de problemas, la capacidad de conceptualización, el automonitoreo, atención y memoria de trabajo (Burruss et al., 2000; Flores, 2006). Las personas con daño en esta región presentan predominantemente alteraciones cognitivas como dificultad en la planificación, en el mantenimiento de la atención, en la resolución de problemas, perseveración, incapacidad para formular hipótesis, falta de iniciativa y apatía.

2) *Circuito Órbitofrontal*. Este sistema se divide en la rama medial y lateral, ambas originadas en las áreas 10 y 11 de Brodmann. El circuito órbitofrontal lateral proyecta al núcleo caudado ventromedial, mientras que el medial llega al *striatum* ventral. Posteriormente ambas vías hacen sinapsis en el globo pálido interno y en la sustancia *nigra*, pasando después a los núcleos talámicos ventral anterior y dorsomedial, los cuales se proyectan nuevamente a la corteza órbitofrontal medial o lateral respectivamente (Miller, 2000). Este sistema está implicado en el control inhibitorio de estímulos no relevantes en determinado momento, además es el centro de integración de la información afectiva y media el comportamiento social y la empatía (Burruss et al., 2000). El daño órbitofrontal produce cambios en la personalidad, labilidad emocional, inatención, decremento en la inhibición de impulsos, pobre adaptación social, actitudes infantiles, brotes de ira y alteraciones en el juicio, que en conjunto promueven las dificultades en la regulación de la respuesta (Flores, 2006).



3) *Circuito del Cíngulo Anterior*. Se origina en el área 24 de Brodmann y el sistema está conformado por el *striatum* ventral, la sustancia *nigra*, el globo pálido ventral, el núcleo dorsomedial del tálamo y finalmente la corteza del cíngulo anterior (Miller, 2000). La motivación es una de las funciones más importantes atribuidas a este circuito neuronal (Burruss et al., 2000), por lo que el daño en este circuito ocasiona la pérdida de espontaneidad e iniciativa.

En la siguiente figura se muestra una vista lateral y medial del cerebro humano, donde pueden apreciarse las áreas de Brodmann que constituyen al lóbulo frontal.



**Figura 1.** Áreas de Brodmann que conforman los lóbulos frontales.

## **Lóbulos frontales y procesos cognitivos**

De forma esquemática, los lóbulos frontales tienen una participación importante en cinco funciones principales: el movimiento voluntario, el lenguaje expresivo, los procesos cognitivos superiores, la conducta y las funciones ejecutivas (Estévez-González et al., 2000). La corteza prefrontal no tiene una función particular, sino que se encarga de asimilar la información de otras regiones cerebrales para formular un entendimiento del pasado y de las experiencias presentes que sirven para diseñar planes a futuro (Burruss et al., 2000).

### **Atención:**

Con respecto a la atención, Junqué (1995) habla de la corteza del cíngulo anterior como sustrato fisiológico que regula la capacidad para dirigir la atención de manera voluntaria, por lo que el daño en esta región podría resultar en distractibilidad y dificultad para inhibir la interferencia. El nivel de tono cortical se modifica de acuerdo a la tarea que ha de realizarse y el estado de actividad que se tiene que alcanzar. El lóbulo frontal regula este estado de actividad, participando entonces en los procesos de activación de la atención voluntaria, al igual que la regulación de la interferencia tanto interna como externa y la inhibición sensorial a través de las vías con los núcleos talámicos, lo que permite el mantenimiento de la atención y la modificación del estado de vigilia en las diferentes tareas que se realizan (Flores, 2006). Asimismo los tiempos de reacción de los pacientes con daño en estructuras frontales son más prolongados en la mayoría de las tareas.

La corteza prefrontal es capaz de ejercer una influencia supresora sobre el tálamo, produciendo un mecanismo de inhibición sensorial y una mayor resistencia a la

interferencia mental de estímulos intra y extrasensoriales, que a su vez promueve la atención selectiva (Flores, 2006).

De acuerdo a la necesidad del organismo, la corteza prefrontal puede controlar la sensibilidad de los sistemas sensoriales a través de sus conexiones con la corteza cerebral posterior, permitiendo incrementar o reducir, bajo ciertos límites, la capacidad de resolución de los estímulos que se perciben (Flores, 2006).

De acuerdo a Posner existen tres redes atencionales principales: la red atencional posterior o de orientación que está conformada por la corteza parietal, el núcleo pulvinar del tálamo, núcleos reticulares y algunas partes de los colículos superiores. Es una red implicada en la dirección de la atención y en la búsqueda visual.

La red atencional ejecutiva o anterior está regulada por regiones prefrontales, el cíngulo anterior y los ganglios basales. La corteza del cíngulo se asocia a la coordinación de dos tareas atencionales, mientras que la corteza prefrontal se ha vinculado con la memoria de trabajo y el cambio de tarea. Esta red está involucrada en los procesos de control de la atención y los aspectos conscientes. Los sujetos que tienen afectado este sistema atencional tienen dificultades de concentración, en la planificación y en la ejecución de dos tareas diferentes.

La tercera red atencional es la de vigilancia, constituida por las proyecciones noradrenérgicas del locus coeruleus a la corteza cerebral (Posner y Dehaene, 1994).

**Memoria:**

La memoria es una de las funciones cognitivas más afectadas en los pacientes con daño neurológico. Esto se debe a la amplia gama de regiones cerebrales que participan, tanto corticales como subcorticales y a la diversidad de memorias que tiene un individuo. Sin embargo, el lóbulo temporal y en particular el hipocampo son regiones fundamentales para la construcción del recuerdo y para el almacenamiento de la información. En los traumatismos craneoencefálicos el lóbulo temporal se ve frecuentemente comprometido, y es por ello que en muchos casos los pacientes con TCE presentan algún tipo de amnesia. No obstante, la memoria no es una función exclusiva de las regiones temporales.

Los lóbulos frontales tienen un papel importante en los procesos amnésicos, sobre todo en los mecanismos y no en el contenido de la información *per se*. De manera que tienen un rol en la codificación de la información, ya que son los encargados de generar estrategias para el almacenamiento de la información. Además, la corteza prefrontal participa en la integración temporal de los recuerdos y la adquisición de nueva información, que se asocia a su vez con la memoria de trabajo (Flores, 2006) y en la relación espacio-temporal de la memoria episódica. Cuando hay daño en las estructuras prefrontales el individuo tiene deterioro en la organización, el recuerdo temporal de los estímulos y en las tareas de ejecución que implican llevar una secuencia y recuerdo inmediato de los mismos (González, Pueyo y Serra, 2004).

### **Lenguaje:**

Al igual que el resto de las funciones, el lenguaje es un proceso cognitivo en el que intervienen diversas regiones cerebrales. Las alteraciones del lenguaje son principalmente dadas por lesiones del hemisferio izquierdo, repercutiendo en la

comprensión y la emisión del mismo. Sin embargo, existen también trastornos lingüísticos generados por daño en áreas del hemisferio derecho, éstas están más asociadas a la prosodia, al tono y a la expresión del lenguaje.

El lenguaje es un proceso lateralizado, generalmente del hemisferio cerebral izquierdo en las regiones anteriores del lóbulo frontal, por lo que cualquier tipo de lesión en ésta área repercute de manera directa. El lóbulo frontal no solamente es el centro de control de la articulación, sino que regula la comprensión e interpretación por ejemplo de proverbios y refranes, así como la formación de nuevos conceptos. Posterior a un TCE la alteración lingüística más frecuentemente observada es la anomia o dificultad para evocar el nombre de objetos comunes. Dado que la comprensión es un proceso asociado a regiones posteriores, área de Wernicke y temporoparietooccipitales izquierdas, es menos frecuente observar alteraciones de este tipo en los pacientes con TCE (González et al., 2004).

La capacidad de razonamiento abstracto es una función ligada al desarrollo de la corteza prefrontal, ya que se considera una función altamente compleja en la que convergen diferentes procesos mentales que permiten el desarrollo y mantenimiento del pensamiento lógico característico de las especies filogenéticamente más desarrolladas (Flores, 2006).

Actualmente se sabe también que la corteza prefrontal es una estructura fundamental para la formulación, implementación y regulación del comportamiento. Es necesaria para la estructuración temporal de la conducta, el desarrollo de planes de acción y la organización secuencial de habilidades tanto motoras como cognitivas, de manera que

coordina la ejecución de las acciones. Asimismo posibilita el cambio del foco atencional y la flexibilidad cognitiva (Goldberg, 2001).

Dado que la CPF regula gran parte de las funciones cognitivas, se ha propuesto que tiene tres funciones principales básicas: a) conductas preparatorias para la acción, b) memoria de trabajo requerida para la acción a realizar y c) control inhibitorio de la interferencia (Goldberg, 2001).

Fletcher y Henson (2001), proponen que la corteza frontal tiene 3 funciones primordiales; a) Mantener los contenidos de la memoria de trabajo, a cargo de la corteza frontal ventrolateral, b) Seleccionar, manipular y monitorear la información de la memoria de trabajo, cuyo sustrato fisiológico principal es la corteza frontal dorsolateral, y c) Establecer metas y submetas, asociado a la corteza frontal anterior.

En los años 70, Nauta propuso que dado que los lóbulos frontales mantienen conexiones recíprocas con casi todas las regiones cerebrales, tienen un componente efector y un sistema sensitivo. Son efectores porque se encargan de la planeación, programación y modulación, y aferentes porque están implicados en el procesamiento perceptual.

De acuerdo con Fuster la función principal de la corteza prefrontal es la estructuración temporal de la conducta, que está configurada por un sistema funcional prospectivo y que incluye la anticipación y preparación, y un segundo sistema funcional retrospectivo que es denominado memoria provisional o perceptual a corto plazo (memoria de trabajo), el cual mantiene la información durante la realización de la tarea. Siendo además el control inhibitorio de la interferencia la tercera tarea más importante de la CPF (Fuster 1999 en Rivera 2006).

Históricamente se han diferenciado funcionalmente el hemisferio derecho e izquierdo del cerebro, siendo el izquierdo predominante en aspectos de lenguaje y, dentro de las funciones ejecutivas, en las tareas de planeación secuencial, mientras que el hemisferio derecho se ha relacionado particularmente con procesos viso-espaciales, afectivos, de integración prosódica, emocional y en la inhibición de la interferencia externa (Flores, 2006).

Uno de los modelos que abarcan la distinción funcional entre ambos lóbulos frontales es el propuesto por Goldberg en el 2001, en el cual las tareas rutinarias con patrones conductuales establecidos involucran más al lóbulo frontal izquierdo. El procesamiento de información nueva y la realización de actividades novedosas se orientan a función del lóbulo frontal derecho (Flores, 2006). Lo anterior podría estar relacionado con las diferencias químicas predominantes en ambos hemisferios, siendo la norepinefrina un neurotransmisor más abundante en el hemisferio derecho y el sistema dopaminérgico en el izquierdo. Sin embargo, hay que resaltar que normalmente hay participación bilateral en todos los procesos.

Debido a que en los pacientes con daño frontal frecuentemente se observan no sólo alteraciones cognitivas, sino cambios en la conducta, se sabe que también opera en los procesos de socialización y convivencia, el control de las emociones y en la personalidad (Goldberg, 2001).

## **Alteraciones del comportamiento y traumatismos craneoencefálicos**

El sistema límbico y la corteza prefrontal conforman el sistema para representar y procesar las emociones y los estados afectivos, por lo que la toma de decisiones y conductas basadas en los estados afectivos dependen directamente del funcionamiento de este sistema (Flores, 2006).

Se han documentado una serie de síntomas y signos frontales que hacen referencia principalmente a los cambios conductuales que se observan en un paciente con TCE. Dada la naturaleza de esta sintomatología, se le han denominado cambios en la personalidad, que se define como un “estado estable de comportamiento basado tanto en las cualidades aprendidas como inherentes” (Rains, 2004).

Los cambios de personalidad que se observan después de un TCE han sido divididos en dos categorías de acuerdo a la sintomatología de cada uno: 1) pseudodepresión (síntomas negativos) y 2) pseudopsicopatía (síntomas positivos). Los síntomas negativos se asocian primordialmente a lesiones prefrontales dorsomediales laterales, dentro de este grupo se encuentran la pérdida de iniciativa, apatía, perseverancia, depresión, indiferencia, disminución de la motivación e hiposexualidad (Miller y Cummings, 1999).

Los síntomas predominantes en la denominada **pseudopsicopatía** son la puerilidad, irascibilidad, irritabilidad, desinhibición e hipersexualidad. Este grupo de sintomatología positiva está vinculado a lesiones de predominio orbitofrontal (Rains, 2004). El procesamiento y representación de los estados afectivos y de las



consecuencias positivas y negativas de las decisiones que se toman son reguladas también por la corteza orbitofrontal (Flores, 2006; Rolls, 2002).

Entre el 50 y 75% de los pacientes presentan cambios en el afecto y la personalidad hasta 15 años después del TCE, que pueden deberse al daño directo de estructuras cerebrales o pueden ser reacciones emocionales al acontecimiento vivido (Muñoz, Tobal y Cano, 2000).

El grado en el que se presentan las alteraciones cognitivas y en la personalidad está determinado por la severidad del traumatismo craneoencefálico, el tiempo de pérdida del estado de alerta, la región cerebral afectada, la extensión de la lesión y la etiología de la misma. Dado que el déficit cognitivo que presentan los pacientes con TCE grave puede incurrir en un deterioro progresivo, la detección y tratamiento adecuado de éstas alteraciones son de fundamental importancia para el pronóstico del paciente con este padecimiento.

Se ha considerado, que las funciones ejecutivas son una de las habilidades cognitivas que se afectan de manera importante en los TCE, disminuyendo e incluso imposibilitando la capacidad de los pacientes para solucionar sus problemas cotidianos.

## **FUNCIONES EJECUTIVAS**

El concepto de funciones ejecutivas hace referencia a aquellos procesos mentales mediante los cuales los organismos resuelven deliberadamente problemas internos y externos (Papazian et al., 2006).

Se trata de un conjunto de habilidades cognitivas que implican la voluntad y la planeación de acciones propositivas que involucran la capacidad para tomar decisiones, que dependen tanto de la motivación como de la cognición (Sakagami y Pan, 2007). Las funciones ejecutivas son las funciones que permiten la anticipación y el establecimiento de metas, el diseño de planes y programas y el inicio de las actividades y operaciones mentales (Papazian et al, 2006). Estas funciones confieren la capacidad de realizar actos volitivos, de planificar a través de los objetivos y finalmente de verificar y evaluar los resultados obtenidos, modulando y controlando las habilidades cognitivas más básicas.

Las funciones ejecutivas permiten transformar los pensamientos en decisiones, planes y acciones. De manera que involucran la atención, la memoria de trabajo, el pensamiento abstracto y las habilidades motrices (Goldberg, 2001, Torralva y Manes, 2004). En los seres humanos el desarrollo de las funciones ejecutivas alcanza su punto máximo en los adultos jóvenes.

Davidson et al., (2006), mencionan que la maduración cognitiva se caracteriza por tener habilidades para retener la información, actuar en función de la decisión y no el impulso, así como adaptarse rápida y flexiblemente a cambios de situación.

A continuación se presentan de forma esquemática los componentes de las funciones ejecutivas de acuerdo a diferentes autores:

**Tabla 1. Componentes de las funciones ejecutivas**

Autor y año	Componentes de las Funciones Ejecutivas
Lezak (1995).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volición</li> <li>- Planeación</li> <li>- Acción productiva (mantenimiento de la conducta)</li> <li>- Desempeño efectivo (automonitoreo)</li> </ul>
Berkley (1997).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación</li> <li>- Programación de acciones</li> <li>- Automonitoreo</li> <li>- Inhibición de estímulos irrelevantes</li> <li>- Flexibilidad de conducta</li> </ul>
Estévez-González et al. (2000).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atención focalizada</li> <li>- Flexibilidad</li> <li>- Planeación</li> <li>- Monitorización</li> <li>- Organización temporal de la conducta</li> <li>- Resolución de problemas</li> <li>- Formación de conceptos</li> <li>- Autoconciencia y conducta moral</li> </ul>
Revisión de Flores (2006).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planeación</li> <li>- Inhibición</li> <li>- Memoria de trabajo</li> <li>- Flexibilidad</li> <li>- Toma de decisiones</li> <li>- Abstracción</li> <li>- Productividad</li> </ul>

La diversidad de procesos cognitivos que conforman las funciones ejecutivas ha llevado a establecer diferencias entre las regiones frontales con respecto a su participación en las funciones ejecutivas y por consiguiente en sus alteraciones.

La planeación e integración temporal de la conducta está consignada primordialmente a la corteza prefrontal dorsolateral, por lo que las lesiones en esta región ocasionan el denominado Síndrome Disejecutivo (Torralva, 2004). Por otra parte, las conductas desorganizadas, la atención y el comportamiento social son funciones consideradas

órbito-frontales. Finalmente la corteza del cíngulo anterior se ha vinculado con la motivación, el monitoreo de la conducta y la corrección de errores (Torralva, 2004).

Es importante resaltar que a pesar de la distinción de estas regiones frontales y la caracterización de funciones y síntomas en cada una de ellas, en la mayoría de los pacientes con daño prefrontal se presentan síntomas diversos que están relacionados no solamente con la cantidad de tejido dañado, sino con la complejidad de estas funciones, ya que se encuentran estrechamente vinculadas. De manera que los pacientes con daño frontal presentan generalmente síntomas dorsomediales y órbitofrontales simultáneamente. Por lo anterior, es indispensable hacer una integración funcional de las regiones y circuitos frontales para comprender y tratar adecuadamente a los pacientes con daño frontal.

En el 2000, Casey et al., realizaron un estudio en el que encontraron distintos patrones de activación prefrontal en niños y adultos, siendo en los niños de mayor extensión, lo que sugiere que la relación entre estructura y función cambia a través de la edad. Esto está relacionado con las diferencias en los tiempos de maduración de las regiones cerebrales, en los niños la corteza prefrontal todavía no está completamente desarrollada y por lo tanto los patrones de activación son más difusos que en el cerebro adulto donde las vías, conexiones y regiones frontales están más diferenciadas, y por ende, las funciones que abarcan también.

La alteración de las funciones ejecutivas no es exclusiva de los TCE, puede tener diferentes etiologías, ya sea ocasionada por eventos vasculares cerebrales, enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, demencias fronto-temporales, tumores

cerebrales, neurosífilis, esclerosis múltiple, enfermedad de Huntington, infecciones, por consecuencias medioambientales, además del efecto del consumo de drogas, por mencionar algunos.

## JUSTIFICACIÓN

Los traumatismos craneoencefálicos son la primera causa de muerte en la población menor de 45 años de edad. La Secretaría de Salud reporta que en México durante el año 2001 (SS, 2001) ocurrieron 51, 278 fallecimientos debidos a traumatismo, de los cuales 25,113 fallecieron a causa de un traumatismo craneoencefálico (TCE). Del total de casos de TCE, la mayor incidencia es en hombres en edades productivas. La alta incidencia de los traumatismos craneoencefálicos en la sociedad actual conlleva a la necesidad de desarrollar métodos de evaluación y tratamiento para mejorar la calidad de vida de los pacientes con dicho padecimiento.

El aumento en los accidentes automovilísticos y los asaltos con violencia ha llevado a que el TCE sea un asunto de salud pública que requiere de diferentes disciplinas y especialistas en la salud, ya que las repercusiones y secuelas que se observan en los pacientes con TCE abarcan una variada gama que debe atenderse de manera multidisciplinaria. Los TCE producen dificultades y alteraciones en diferentes esferas, repercutiendo en la vida familiar, social, laboral, profesional y emocional del paciente.

La evaluación de los procesos cognitivos en estos pacientes es fundamental para comprender la realidad a la que se enfrentan estos individuos, para el manejo médico adecuado y posteriormente para la realización e implementación de programas de rehabilitación eficaces. Uno de los procesos cognoscitivos que sufre mayor afectación posterior a un TCE son las funciones ejecutivas, lo cual es de suma relevancia porque este proceso confiere a los seres humanos la capacidad de anticipar, planear, autoevaluarse y cambiar de estrategia no solamente para una satisfacción inmediata, sino para metas en un futuro más lejano.

A pesar de las semejanzas entre las poblaciones de diferentes países con respecto al funcionamiento cognitivo, existen también algunas diferencias culturales relacionadas con el nivel educativo general de la población, las principales actividades económicas, los grupos de edad mayoritarios, las condiciones de salud y enfermedades predominantes, la calidad en el desarrollo, etcétera, que deben tomarse en cuenta cuando se hace un estudio que involucra alguna evaluación neuropsicológica y en México se requiere todavía de estudios enfocados en el TCE Grave.

## **Planteamiento del problema**

La diversidad de secuelas cerebrales y repercusiones físicas, emocionales y cognitivas, que se observan debidas al traumatismo craneoencefálico (TCE) requieren de un enfoque y atención multidisciplinaria que esté dirigido a la valoración y manejo integral del paciente.

Uno de los principales motivos de consulta de los pacientes con TCE grave son las consecuencias crónicas de índole cognitivo, lo que sugiere que su evaluación y tratamiento son de primordial importancia para modificar la calidad de vida de los pacientes y sus familiares.

La valoración de las alteraciones cognitivas es indispensable para promover la reinserción laboral y social de los pacientes con TCE, ya que independientemente de las afectaciones emocionales y de la personalidad, son las de mayor incidencia.

El alto índice de accidentes que hay en México hace necesario el estudio de las secuelas cognoscitivas, que al no atenderse de forma adecuada, repercuten no sólo en la vida del paciente, sino en la de sus familiares y cuidadores, así como a nivel social ya que trae consigo costosas repercusiones económicas y humanas tanto en el sector salud como laboral y académico.

## **MÉTODO**

### **Objetivos:**



***General:***

- El objetivo del presente estudio es evaluar las alteraciones en las funciones ejecutivas en un grupo de pacientes adultos con Traumatismo Craneoencefálico Grave del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS por medio de una evaluación neuropsicológica.

***Específicos:***

- Describir las alteraciones en las funciones ejecutivas en un grupo de pacientes adultos con tiempo de evolución del TCE Grave de 1 a 10 años.

- Comparar el desempeño en las funciones ejecutivas entre un grupo de pacientes adultos con TCE Grave y un grupo control de adultos sin ninguna alteración neurológica.

**Hipótesis:**

**H1-** Los pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Grave presentarán alteración significativa en las funciones ejecutivas en relación al grupo control.

**H0-** Los pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Grave no presentarán alteración significativa en las funciones ejecutivas en relación al grupo control.

**H2-** Mientras mayor sea el tiempo de evolución en el grupo de pacientes con TCE, mayor serán las dificultades en las funciones ejecutivas.

**H3-** Los pacientes con TCE grave (**PEA**  $\geq$  24 hrs.) tendrán mayores dificultades en la inhibición de la respuesta en comparación con el grupo control.

**H4-** Los pacientes con TCE grave mostrarán dificultades para organizar la información de forma semántica comparado con el grupo control.

**H5-** Los pacientes con TCE grave tendrán dificultades en la flexibilidad mental y la categorización comparado con el grupo control.

**H6-** Los pacientes con TCE grave presentarán mayor dificultad en la anticipación y planeación de la respuesta comparado con el grupo control.

**Definición de variables:**

**Independientes:**

*Traumatismo Craneoencefálico Grave-* Es una entidad clínico patológica que se caracteriza por síntomas y signos ocasionados por el impacto del cráneo y/o el encéfalo al chocar con un agente externo (Rowbotham, 1964). Se considera cuando la pérdida del estado de alerta es mayor a 24 horas.

**Dependiente:**

*Funciones ejecutivas-* Son las capacidades que permiten a una persona llevar a cabo con éxito una conducta con un propósito dado, implican la anticipación, planeación, organización y automonitoreo (Manes et al., 2002).

**Diseño:**

Se trata de un estudio transversal, no experimental por grupos correlacionados.

Transversal porque la evaluación neuropsicológica a los pacientes y grupo control se realizará en un tiempo único, es decir, no habrá un seguimiento posterior. Es no

experimental debido a que no se manipularán las variables independientes; los participantes llegan con características inherentes (Kerlinger y Lee, 2002). Finalmente, dado que los participantes serán seleccionados por pertenecer a un grupo determinado, se trata de un estudio por grupos correlacionados (Kerlinger y Lee, 2002).

### **Tipo de estudio:**

Se trata de un estudio exploratorio, comparativo, *ex postfacto*.

Es exploratorio por haber pocas investigaciones de enfoque neuropsicológico sistemáticas que integren e indaguen en población nacional las funciones ejecutivas en los pacientes con TCE grave. Al ser un estudio que tendrá grupo de pacientes y grupo control, cuyos resultados serán contrastados, es un estudio comparativo (Kerlinger y Lee, 2002). *Ex postfacto* se refiere a que los pacientes ya tienen características no controlables por el investigador.

### **Participantes:**

***Pacientes:*** La muestra consistió de 9 pacientes adultos del sexo masculino y femenino, seleccionados del INNN-MVS con diagnóstico de TCE grave, con un tiempo de evolución del padecimiento de 1 a 10 años, con una escolaridad mínima de primaria completa y un rango de edad de 20 a 65 años, canalizados por la consulta externa a la Unidad de Cognición y Conducta del mismo Instituto.

***Criterios de inclusión:*** Antecedente de TCE grave, edad mínima de 18 años cumplidos, escolaridad mínima de 6 años, hablantes de español como lengua materna, que hayan tenido pérdida del estado de alerta por más de 24 horas, con un tiempo de evolución entre el traumatismo y la evaluación de 1 a 10 años y que sean pacientes del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

*Criterios de exclusión:* Padecer epilepsia secundaria a traumatismo craneoencefálico, presentar cuadro psicótico, déficits neurológicos severos o alguna enfermedad psiquiátrica.

**Grupo control:** Se seleccionaron 9 participantes voluntarios adultos sin alteración neurológica o psiquiátrica, hablantes de español como lengua materna, pareados por sexo, edad y escolaridad con el grupo de pacientes.

*Criterios de inclusión:* Edad mínima de 18 años y escolaridad mínima de 6 años, vista y audición normal o corregida.

*Criterios de exclusión:* Padecer algún impedimento físico, psiquiátrico o neurológico, consumir drogas y estar atravesando por un período de depresión.

**Instrumentos:**

Entrevista clínica, Torre de Londres, Trail Making Test, Test de Palabras y Colores de Stroop, Set Test , Wisconsin Card Sorting Test y el Inventario de Beck para la Depresión.

**Entrevista clínica-** Es una entrevista semi-estructurada utilizada en la Unidad de Cognición y Conducta del INNN, en la que se tomarán los datos sociodemográficos de edad, sexo, escolaridad, estado civil, causa del TCE, tiempo de evolución y antecedentes heredo-familiares. Además se obtendrá información sobre antecedentes de consumo de alcohol y/o drogas del paciente, actividades cotidianas realizadas por el

paciente en la actualidad y observaciones de los familiares sobre el padecimiento y conducta de los pacientes. En todos los casos se tomarán datos corroborados por el familiar acompañante del paciente a la evaluación.

**Test de Palabras y Colores de STROOP-** Se trata de una prueba que evalúa la atención voluntaria e inhibición de estímulos. Involucra procesos de atención selectiva y resistencia a la interferencia mental. Charles Golden fue el autor de esta prueba en 1935. Está conformada por 3 secciones; en la primera el individuo debe leer los nombres de los colores (P), en la segunda parte tiene que mencionar los colores con los que están impresos los estímulos (C) y en la última sección el sujeto debe decir el color de la tinta con la que están escritas las palabras (PC). Cuenta con dos métodos de puntuación, uno en función del tiempo que requiere el sujeto para completar los 100 elementos y otro con respecto al número de elementos dados en un tiempo limitado (45 segundos), ésta segunda forma de aplicación es la que se implementó en el presente trabajo. El tiempo de aplicación es de aproximadamente 5 minutos, y puede utilizarse para personas de 7 a 80 años de edad (Golden, 2001).

Se ha identificado que dificultades al leer palabras pueden estar relacionadas a daños en el hemisferio cerebral izquierdo, mientras que el reconocimiento de colores se asocia al hemisferio derecho.

**Set test (ST)-** Isaacs (1972) construyó esta prueba para evaluar la fluidez verbal semántica. El paciente debe dar ejemplos correspondientes a cada una de las 4 categorías que se le piden (colores, animales, frutas y ciudades), a cada categoría se le asigna un tiempo máximo de 1 minuto, sin embargo, si el paciente da 10 elementos

correctos sin repetir ninguno, se pasa a la categoría siguiente y se considera el tiempo en el que los 10 elementos fueron dados.

**Trail Making Test (TMT)**- Consiste en dos partes, cada una conformada por 25 estímulos. En la parte A el sujeto debe conectar 25 círculos de manera secuencial, cada círculo numerado del 1 al 25 en el menor tiempo posible. En la parte B la tarea es de mayor complejidad, el sujeto debe conectar alternadamente círculos de números y letras también en orden secuencial (1-A-2-B-3-C etc.) en el menor tiempo posible. Es una prueba ampliamente utilizada en el diagnóstico del daño cerebral, sobre todo en la sección B. La parte A del Trail Making Test requiere de funciones como el escaneo visual, velocidad visomotriz y secuenciación numérica, sin embargo en algunos reportes no se encuentran diferencias significativas en el tiempo requerido entre sujetos normales y pacientes con daño cerebral. Mientras que la serie B de la prueba incluye procesos cognitivos como coordinación viso-motriz, capacidad viso-espacial, secuenciación numérica, atención, concentración y verificación de la respuesta. Dado que es susceptible a evaluar dificultades o déficits en la ejecución o modificación de un plan de acción determinado, se ha empleado para identificar disfunción de los lóbulos frontales (Lange et al, 2005). La aplicación de esta prueba tiene una duración de 5 a 10 minutos.

**Torre de Londres (TOL)**- Es una prueba neuropsicológica diseñada para evaluar las habilidades de planeación y anticipación ejecutiva a través de la solución de problemas complejos. Está conformada por 10 problemas de dificultad ascendente, con un tiempo de aplicación aproximado de 10 a 15 min.

Originalmente fue desarrollada por Shallice en 1982 con el objetivo de evaluar el desempeño en las tareas de planeación (planning performance). Esta prueba es sensible al daño y disfunción frontal tanto bilateral como unilateral. Para la realización exitosa de esta prueba, el sujeto debe obedecer a diferentes procesos internos, como por ejemplo el desarrollo de un plan de acción, identificar sub-metas y organizar los movimientos de manera secuencial que le permitan lograr el objetivo, lo cual requiere una constante automonitorización de la ejecución (Culbertson y Zillmer, 1999).

La prueba consiste en que al sujeto se le presenta un tablero con tres barras verticales de diferentes tamaños y tres bolas de distintos colores (verde, azul y rojo) que pueden deslizarse adentro y afuera de las barras. La tarea consiste en mover las bolas desde una posición inicial hasta una final, acomodando una bola a la vez. El examinador debe registrar el tiempo de reacción, el número de movimientos y el tiempo total requerido. Es una prueba que requiere de planeación de movimientos y secuencias, memoria de trabajo y verificación de la tarea.

**Wisconsin Card Sorting Test (WCST)**- En sus inicios fue desarrollada por Grant y Berg en 1948, sin embargo la forma actual de aplicación y puntuación la realizaron Heaton y Gordon, quienes en 1981 publicaron el Manual de aplicación. La finalidad de la prueba era evaluar el razonamiento abstracto. Sin embargo, actualmente es utilizada para evaluar la solución de problemas y las estrategias empleadas para lograr un objetivo. Además permite evaluar el déficit de conceptualización y la persistencia. Resulta eficaz para discriminar entre lesiones frontales y no frontales (Heaton et al., 2001).

La prueba consta de 2 bloques de 64 tarjetas que varían en forma (triángulo, estrella, cruz y círculo), color (azul, amarillo, verde y rojo) y número (del 1 al 4), que el sujeto debe parear con base en el color, forma o número con las tarjetas clave. El paciente tiene que deducir el principio de clasificación a partir de las respuestas del examinador que únicamente indican correcto o incorrecto. Después de 10 aciertos en una categoría el examinador cambia el criterio sin avisarle al sujeto, por lo que el principio de clasificación se modifica. Se puede emplear en pacientes de 7 a 89 años de edad.

Para la calificación del WCST se consideran el número de categorías realizadas, la cantidad de errores y las respuestas perseverantes.

La aplicación de esta prueba dura de 20 a 30 minutos. Se utilizará la versión en español realizada en España en el 2001 (Heaton et al., 2001).

**Inventario de Beck para la Depresión:** Se trata de un cuestionario autoaplicado ampliamente utilizado para cuantificar los síntomas depresivos en poblaciones normales y clínicas. Fue realizada en 1961 por Beck, aunque en 1978 el mismo autor publica una segunda versión. Está conformado por 21 ítems, con cuatro alternativas de respuesta, donde el sujeto debe elegir la opción que mejor describa su estado de ánimo durante la última semana. Los ítems se agrupan en tres dimensiones clásicas de la depresión: actitud negativa, alteraciones en el funcionamiento y quejas somáticas. Cada ítem se puntúa de 0 a 3 puntos en función de la alternativa escogida, por lo que la puntuación máxima posible es de 63 puntos. Los diagnósticos arrojados por esta prueba son: no depresión, depresión leve, moderada o severa. La aplicación tiene una duración promedio de 10 min (Beck, 1984).



**Procedimiento:**

Para determinar si el TCE es grave se consultó el expediente clínico del paciente y se obtuvo el diagnóstico por un neurólogo del INNN. Además se consideró que el tiempo reportado de pérdida del estado de alerta fuera mayor a 24 horas. Tanto al paciente como a sus familiares se les explicó en que consiste la evaluación, una vez que hubieran aceptado participar se les pidió que firmaran una carta de consentimiento de acuerdo a las normas internacionales.

La evaluación de los pacientes fue realizada en la Unidad de Cognición y Conducta del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS, de manera individual en una serie de 2 a 3 sesiones por paciente, con una duración aproximada de 1 hora cada una.

El grupo control fue evaluado en la Facultad de Psicología de la UNAM y en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS, igualmente de forma individual en una única sesión de hora y media de duración aproximadamente.

A los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y al grupo control se les aplicó una entrevista clínica, el Test de Palabras y Colores de Stroop, el Set test, el Trail Making Test, la Torre de Londres y el Wisconsin Card Sorting Test como instrumentos para la evaluación neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas.

En todos los casos se aplicó también el Inventario de Beck para la Depresión como instrumento de evaluación para el estado de ánimo del sujeto, dato que únicamente se consideró como variable a controlar en ambos grupos.

**Análisis estadístico:**

Se realizó un análisis descriptivo de las variables demográficas de la muestra. Para encontrar la diferencia de medias entre ambos grupos se utilizó un análisis no paramétrico para grupos independientes (U de Mann Whitney). Adicionalmente se realizó una correlación de Spearman entre el tiempo de evolución y los resultados en las pruebas aplicadas. Posteriormente, para descartar que la depresión estuviera asociada con el desempeño en las pruebas y por lo tanto con los resultados obtenidos en el grupo de pacientes, se hizo una correlación de Spearman entre el puntaje del Cuestionario para la Depresión de Beck obtenido por el grupo de pacientes y los resultados de las pruebas neuropsicológicas.

## RESULTADOS

Se evaluó una muestra total de 18 participantes, divididos en dos grupos. El grupo de pacientes lo conformaron cinco hombres y cuatro mujeres con TCE severo, la media de edad fue 36.25 años y una escolaridad promedio de 12.4 años. El tiempo promedio transcurrido entre el TCE y la evaluación neuropsicológica fue de 64.2 meses, y la media de pérdida del estado de alerta (PEA) de 17.78 días. El grupo control fue pareado por edad, escolaridad y sexo. Los datos demográficos pueden observarse en la Tabla 2.

**Tabla 2. Datos sociodemográficos**

Grupo	Sexo		Lateralidad		Edo.Civil		Edad	Escolaridad	Tiemp.Evol	PEA (días)
	M	F	D	Z	Sol	Cas	$\bar{x}$ (d.e) [Rango]	$\bar{x}$ (d.e) [Rango]	$\bar{x}$ (d.e) [Rango]	$\bar{x}$ (d.e) [Rango]
<b>PACIENTES</b>	5	4	8	1	7	2	36.25 (11.6) [23-59]	12.4 (3.69) [7-16]	64.22 (54.02) [7-180]	17.78(18.57) [1-60]
<b>CONTROL</b>	5	4	9	0	8	1	35.56 (11.5) [23-59]	12 (3.46) [7-16]		

Frecuencias de los datos sociodemográficos de la muestra. M= sexo masculino, F= sexo femenino, D=diestro, Z= zurdo, Sol=soltero, Cas=casado, x= media, d.e= desviación estándar, Tiemp. Evol.=tiempo de evolución en meses y PEA= tiempo de pérdida del estado de alerta en días.

La principal causa de TCE fueron los accidentes automovilísticos (89%), incluidos los incidentes dentro del automóvil y externos como atropellamientos, solamente se reportó un caso ocasionado por actos de violencia (11%) y en esta muestra no hubo pacientes cuya causa del TCE fueran caídas.

El tipo de lesión reportado en el expediente clínico, indica la presencia de tres pacientes con diagnóstico de hematoma (subdural = 2, y epidural =1), 1 caso de fractura frontal bilateral, uno de leucopatía frontal, un paciente con diagnóstico de deterioro cortical bitemporal, un caso de daño frontoparietotemporal izquierdo y dos pacientes en los que no se encontró un diagnóstico definitivo, sin embargo, de acuerdo a las revisiones neurológicas, presentan

deterioro cortical generalizado y deterioro de predominio fronto-temporal izquierdo respectivamente (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Tipo de lesión y causa del TCE**

Causa TCE	Frec.	Lesión	Frec.
Accidente Automovilístico	8	Hematoma	3
		Fractura Frontal	1
Violencia	1	Leucopatía frontal	1
		Det. Bitemporal	1
		Frontoparietotemporal izquierdo	1
		Sin dx definitivo	2

Frecuencia y causa de las lesiones del grupo de pacientes con TCE grave.

De los nueve pacientes con TCE grave que participaron en el estudio, solamente cuatro tuvieron daño frontal específico en el diagnóstico médico.

Para conocer en cuales pruebas se presentaron diferencias estadísticamente significativas se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, estableciendo como el nivel de significancia  $p < 0.05$ .

### **Palabras y Colores de Stroop**

En la Tabla 3 se observa la media de los puntajes T obtenidos por ambos grupos en la prueba de **Palabras y Colores de Stroop**. Los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo con TCE y el grupo control en la lectura de palabras escritas en color negro. Mientras que cuando se pide a ambos grupos denominar colores, los pacientes tienen un desempeño significativamente menor. En el efecto de

interferencia (denominar el color en lugar de leer la palabra) también se observa una disminución estadísticamente significativa comparado con los participantes controles.

En el nivel de resistencia a la interferencia mental, los resultados reflejan que el grupo control tiene un mayor nivel de resistencia ( $p=0.013$ ) que el grupo de pacientes con TCE, lo cual implica que la capacidad de inhibición de estímulos irrelevantes en este grupo de pacientes se encuentra disminuida.

**Tabla 4. Prueba de Palabras y Colores de Stroop.**

	PACIENTES		CONTROL		X <sup>2</sup>	P
	$\bar{X}$	PT	D.E.	$\bar{X}$		
Palabra (P)	35.43	12.84	46.83	4.37	3.506	0.061
Color (C)	33.14	15.05	50.33	5.03	3.849	<b>0.050</b>
Palabra-color (PC)	38.29	16.43	64.33	9.45	8.360	<b>0.004</b>
Resistencia a interferencia (INTERF)	48.29	13.49	64.67	9.08	6.120	<b>0.013</b>

Comparación de los puntajes obtenidos en la prueba de Palabras y Colores de Stroop entre el grupo de pacientes con TCE grave y el grupo control. PT= media en Puntaje T; D.E=Desviación estándar.

Hay que resaltar que conforme la tarea se fue haciendo más compleja, en las tres secciones de la prueba, la diferencia de medias entre ambos grupos se hizo mayor.

La puntuación de interferencia hace referencia al grado de resistencia mental del individuo, es decir a la capacidad de inhibir estímulos irrelevantes frente a los importantes en determinada tarea (el color frente a la palabra escrita). De manera que el grupo control obtuvo un mayor nivel de resistencia a la interferencia mental y por ende una mejor capacidad para dirigir la atención a determinada característica del estímulo presentado.

Cualitativamente se observa también que el número de errores corregidos y no corregidos espontáneamente fue mayor en el grupo de pacientes, esto quiere decir que no solamente obtuvieron un menor puntaje, sino que además cometieron errores con mayor frecuencia, errores que no lograron identificar.

### Set Test

Al realizar el análisis de la prueba **Set Test**, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.017$ ) en el número de elementos mencionados en la categoría de frutas. Mientras que en colores, animales y ciudades no se encontraron diferencias cuantitativas importantes. En relación al tiempo se observa que en las cuatro categorías los tiempos de ejecución son mayores en el grupo de pacientes. Sin embargo estas diferencias solamente son significativas en la categoría de colores y animales ( $p=0.011$  y  $p=0.033$ ). Finalmente se observa que la fluencia verbal global, total de elementos dados en la prueba, está disminuida significativamente ( $p=0.004$ ) en el grupo de pacientes (ver Tabla 5).

**Tabla 5. Comparación de los puntajes en la prueba de Set Test**

	PACIENTES		CONTROLES		$\chi^2$	p
	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		
Colores	9.29	1.50	10	0	3.619	0.057
Tiempo	36.20	22.38	15.5	7.81	6.520	<b>0.011</b>
Animales	9.57	1.13	10	0	1.714	0.190
Tiempo	40.80	17.63	20	11.49	4.522	<b>0.033</b>
Frutas	9.14	1.46	10	0	5.748	<b>0.017</b>
Tiempo	42.00	18.85	25.5	13.25	3.631	0.057
Ciudades	9.00	2.65	10	0	1.714	0.190
Tiempo	43.60	14.88	29.5	16.28	2.866	0.090
Total	37.00	6.63	40	0	8.143	<b>0.004</b>

Comparación de medias entre el grupo de pacientes con TCE y el grupo control obtenidas en el Set Test.

Con excepción de uno de los pacientes cuyas puntuaciones en esta prueba fueron muy bajas, las diferencias en el número de ítems dados por categoría no estuvieron disminuidas gravemente, sin embargo, la diferencia fue estadísticamente significativa en algunas puntuaciones (ver Tabla 5), lo cual hace referencia a cierta dificultad en el grupo de pacientes en lo referente a su fluidez verbal. Es importante señalar que por la escolaridad de la muestra, las categorías que se pidieron fueron sencillas, por lo que el no poder completar los 10 ítems en el tiempo dado, es un indicador de falla.

En esta prueba es importante señalar el tiempo empleado por los sujetos para cada categoría semántica. Si bien es cierto que solamente hubo diferencias significativas en dos categorías, hay que resaltar que el tiempo promedio requerido por los pacientes fue mayor a 35 segundos en las cuatro tareas, mientras la media de tiempo del grupo control fue menor a 30 segundos. Lo anterior pudiera estar relacionado a una lentificación de la función, es decir que no presentan déficit como tal en la fluencia verbal y la memoria semántica, sino más bien una disminución en la velocidad de procesamiento, puesto que posiblemente si se les hubiera dado más tiempo a los pacientes para completar las categorías, lo hubieran logrado exitosamente.

Otro aspecto cualitativo de interés lo constituye el hecho de que a pesar de haberse solicitado nombres de ciudades en la última categoría, e independientemente de la escolaridad, en el grupo de pacientes se presentó de forma frecuente, el que en lugar de ciudades, dieran nombres de estados de la República Mexicana e incluso de países, rasgo no observado en el grupo control.

A pesar de la indicación dada a los pacientes de no repetir ítems en una misma categoría semántica, los pacientes cometieron este error en más de un caso, denominados errores de perseveración. Además se observó que en esta muestra no hubo errores de intrusión, es decir que no dieron elementos correspondientes a otra categoría semántica.

### Trail Making Test

Las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre ambos grupos en el **Trail Making Test** (ver Tabla 6) fueron en relación al tiempo de ejecución tanto en la sección A ( $p = 0.005$ ), como en la parte B ( $p = 0.001$ ) de la prueba; siendo los pacientes con TCE grave más lentos en la realización de la tarea. En relación a los percentiles promedio obtenidos por ambos grupos, se observa que hay diferencia significativa en la tarea B ( $p = 0.001$ ), resultando que el percentil promedio de pacientes fue de 23.33, y el del grupo control de 85.71. Cabe resaltar que en la sección A, ambos grupos obtuvieron percentiles menores a lo esperado, mientras que en la parte B el grupo control tuvo un percentil promedio mayor a 50, pero el grupo de pacientes se mantuvo por debajo.

**Tabla 6. Comparación entre grupos en el Trail Making Test**

	PACIENTES		CONTROLES		$\chi^2$	P
	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.		
Tiempo ejecución A	81.11	44.96	39.57	6.70	8.064	<b>0.005</b>
Percentil A	18.89	21.62	27.86	15.90	3.623	0.057
Tiempo ejecución B	170.00	80.48	56.57	12.92	10.357	<b>0.001</b>
Percentil B	23.33	23.58	85.71	7.03	16.567	<b>0.000</b>

Ejecución en el Trail Making Test.  $\bar{x}$  = media, D.E. = desviación estándar,  $\chi^2$  = chi cuadrada, comparación de medias,  $p \leq 0.05$ .



En la sección A de la prueba tanto los pacientes como el grupo control lograron completar la secuencia adecuadamente. Hubo pacientes que cometieron un solo error en la parte final de la prueba, la mayoría de las veces corregido espontáneamente. Se observa que los tiempos están significativamente reducidos en el grupo de pacientes, pero la ejecución es acertada, por lo que se infiere lentificación en las dimensiones que evalúa esta prueba, como la capacidad visoespacial y la seriación numérica.

De acuerdo a la tabla de calificación de esta prueba, para obtener un percentil de 50 en la parte A, se requiere completar la prueba en un tiempo de 32 segundos (20-39 años), y en 48 segundos (40-49 años). De manera que se observa que siendo la media de edad del grupo control de 34.14 años, el tiempo promedio requerido para completar la parte A del Trail Making Test queda por debajo de los parámetros establecidos en la tabla de calificación.

Con respecto a la sección B de la prueba, es importante mencionar que tres pacientes no lograron realizarla correctamente, perdiendo toda la secuencia, sobre todo en lo referente a las letras, errores que aunque fueron percibidos no pudieron corregir. La naturaleza de estos errores fue en la alternancia de números y letras, ya que los pacientes iniciaban correctamente el ejercicio y después empezaban a unir dos letras y un número o más de un número y una letra, de manera que no pudieron mantener la seriación en ambas secuencias.

Dado que se observa disminución en los tiempos y errores de ejecución, podemos suponer que en esta prueba no se observó solamente lentificación en la tarea, sino que quizá hay también un déficit *per se* en las funciones de atención, concentración y coordinación visomotriz.

## **Torre de Londres**

La **Torre de Londres** es una prueba que no cuenta con puntuaciones estandarizadas en español, ni en población mexicana. Sin embargo se establecieron el mínimo de movimientos necesarios para realizar cada uno de los ejercicios. En la Tabla 7 están representadas tres mediciones por ejercicio: tiempo de reacción, número de movimientos realizados y tiempo total requerido.

Se observó que a excepción del ejercicio tres, el número de movimientos requeridos por el grupo de pacientes para realizar la tarea es mayor en todos los ejercicios, al igual que el tiempo de reacción y el tiempo total requerido (ver tabla 7). Sin embargo no todas las puntuaciones fueron significativas con el análisis estadístico realizado. Con respecto al número de movimientos realizados, se encontraron diferencias significativas en los ejercicios 1, 6, 7, 8 y 10, donde requería mayor número de movimientos el grupo de pacientes que el grupo control para completar la tarea.

El tiempo transcurrido para realizar el primer movimiento (tiempo de reacción) fue estadísticamente mayor en los ejercicios 2, 4, 5, y 7 en el grupo de pacientes. Mientras que el tiempo total empleado solamente fue significativamente mayor en los ejercicios 1 y 6. Cabe resaltar que a pesar de no estar representado en la tabla, el 100% de la muestra (pacientes y grupo control) completó los ejercicios correctamente. Es decir, que independientemente del tiempo requerido y del número de movimientos realizados, la ejecución final de cada ejercicio fue acertada.

**Tabla 7. Comparación del desempeño entre grupos en la Torre de Londres**

Ejercicio		PACIENTES		CONTROL		X <sup>2</sup>	p
		$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		
1 (3 mov.min)	Tiempo de reacción	15.57	25.24	3.17	0.94	3.340	0.068
	Num. Movimientos	9.00	5.23	3.83	0.94	5.966	<b>0.015</b>
	Tiempo total	53.43	30.95	12.33	5.31	6.055	<b>0.014</b>
2 (3 mov.min)	Tiempo de reacción	11.43	8.98	2.50	0.52	11.807	<b>0.001</b>
	Num. Movimientos	10.71	6.63	8.17	4.37	1.233	0.267
	Tiempo total	56.86	41.97	21.67	7.90	3.475	0.062
3 (3 mov.min)	Tiempo de reacción	6.86	4.30	4.83	5.77	1.885	0.170
	Num. Movimientos	7.00	1.73	8.33	3.34	1.428	0.232
	Tiempo total	37.71	28.67	28.33	16.22	0.260	0.610
4 (4 mov.min)	Tiempo de reacción	7.29	3.73	3.50	1.68	4.295	<b>0.038</b>
	Num. Movimientos	10.71	5.06	8.00	3.67	2.143	0.143
	Tiempo total	65.43	80.25	32.67	14.53	1.041	0.308
5 (4 mov.min)	Tiempo de reacción	8.43	6.45	3.17	1.40	4.919	<b>0.027</b>
	Num. Movimientos	5.71	2.14	4.67	0.98	1.661	0.197
	Tiempo total	25.71	16.38	15.50	6.32	1.853	0.173
6 (6 mov.min)	Tiempo de reacción	7.57	7.50	4.83	3.54	1.054	0.305
	Num. Movimientos	12.14	4.74	6.67	1.56	10.284	<b>0.001</b>
	Tiempo total	100.14	154.55	19.67	2.67	7.472	<b>0.006</b>
7 (6 mov.min)	Tiempo de reacción	8.29	3.73	3.83	5.27	6.237	<b>0.013</b>
	Num. Movimientos	11.00	4.32	6.67	1.15	5.663	<b>0.017</b>
	Tiempo total	58.57	63.43	23.33	5.68	2.956	0.086
8 (7 mov.min)	Tiempo de reacción	6.86	5.34	5.33	5.55	0.186	0.666
	Num. Movimientos	13.14	5.40	7.17	0.72	12.030	<b>0.001</b>
	Tiempo total	87.29	110.95	25.50	6.76	2.888	0.089
9 (7 mov.min)	Tiempo de reacción	8.00	4.00	5.50	2.47	1.648	0.199
	Num. Movimientos	9.57	2.15	8.17	1.53	1.993	0.158
	Tiempo total	34.29	20.72	27.17	4.57	0.116	0.734
10 (7 mov.min)	Tiempo de reacción	6.14	4.56	5.00	3.52	0.470	0.493
	Num. Movimientos	11.57	2.94	8.83	2.92	6.717	<b>0.010</b>
	Tiempo total	41.29	27.40	30.17	6.91	0.180	0.671

Comparación de resultados obtenidos en la Torre de Londres. Mov. min.= número de movimientos mínimos para completar el ejercicio,  $\bar{x}$  = media, D.E.= desviación estándar,  $\chi^2$  = valor de chi cuadrada,  $p \leq 0.05$ .

Tanto los pacientes como el grupo control lograron ejecutar exitosamente la totalidad de los paradigmas presentados en la Torre de Londres. Sin embargo, el tipo de ejecución es

diferente en ambos grupos. Primeramente se observó que los tiempos tanto de reacción como totales fueron mayores en el grupo de pacientes con TCE grave. Además, las diferencias que se observaron en el número de movimientos necesarios para la realización de la prueba fue estadísticamente significativa en el 50% de los ejercicios, lo cual refiere una dificultad para anticipar los movimientos adecuadamente, para planear acciones e incluso para establecer y encontrar estrategias de solución eficientemente, la capacidad de previsualizar está disminuida en relación al grupo control y, en muchos casos se trató más bien de un trabajo de ensayo y error y no de planeación de la acción. Es por ello que el grupo de pacientes requirió de mayor cantidad de intentos para lograr un mismo objetivo que el grupo control. Sin embargo, el automonitoreo no se vio afectado en la ejecución de esta prueba, ya que todos los pacientes lograron realizar los ejercicios adecuadamente, de lo contrario, se habrían encontrado casos en los que la ejecución final del ejercicio hubiera estado incompleta y donde el sujeto no pudiera evaluar si su desempeño fue el resultado deseado.

### **Wisconsin Card Sorting Test**

En relación a la ejecución en el **Wisconsin Card Sorting Test**, el tiempo requerido para completarla fue significativamente menor en el grupo control que en el grupo de pacientes (ver Tabla 8). A pesar de que esta prueba considera tres categorías máximas (color, forma, número) a realizar, se le aplicaron los 128 ítems que corresponden a la prueba completa y, se observó que la mayoría realizó nueve series completas, equivalentes a tres repeticiones de cada categoría. Completando sin embargo la sexta serie en la primera mitad del segundo bloque de tarjetas.

Los resultados arrojan que el porcentaje de aciertos y de respuestas conceptuales obtenidos por el grupo control es significativamente mayor al de los pacientes, mientras que el porcentaje de respuestas perseverativas es significativamente menor.

**Tabla 8. Wisconsin Card Sorting Test**

	PACIENTES		CONTROL		X <sup>2</sup>	p
	$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		
Categorías completas	3.88	2.03	9	0.67	13.15	<b>0.000</b>
% aciertos	61.25	14.55	82.4	2.72	12.54	<b>0.000</b>
% errores	38.75	14.55	17.6	2.72	12.54	<b>0.000</b>
% respuestas Perseverativas	18.00	6.68	10.7	2.53	7.70	<b>0.006</b>
% resp. Conceptuales	50.88	18.44	77	5.66	11.48	<b>0.001</b>
Tiempo de ejecución	20.25	8.19	11.8	2.15	8.20	<b>0.004</b>

Comparación de resultados entre el grupo con TCE y el grupo control en el Wisconsin Card Sorting Test.

Nota: Las puntuaciones directas fueron transformadas en porcentajes.

En el rendimiento de esta prueba hay varios puntos que deben mencionarse. Primeramente el grupo control realizó un mayor número de categorías, encontrando rápidamente el patrón que el examinador estaba siguiendo para clasificar las tarjetas. Mientras que el grupo de pacientes presentó deficiencias en los cambios de categoría, requiriendo un mayor número de ensayos para encontrar el criterio correcto.

Dado que el número de errores fue mayor en el grupo de pacientes, es de esperarse también que lo fueran el porcentaje de respuestas perseverativas, lo cual hace referencia a las dificultades que estos pacientes tuvieron para establecer un cambio de estrategia, para cambiar de criterio de categorización y para no perderlo durante la ejecución.

Se observó en el grupo de pacientes que particularmente la categoría de “Número” fue la más complicada de conseguir, ya que fácilmente perdían el criterio y volvían a clasificar

por color o forma, sobre todo cuando además del número coincidía alguna otra característica con la tarjeta estímulo.

### **Cuestionario de Beck para la Depresión**

Con respecto al grado de depresión entre el grupo de pacientes y el grupo control no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Por lo que los resultados encontrados en este trabajo, la disminución en el rendimiento del grupo de pacientes frente al grupo control, no se deben a la presencia de síntomas depresivos.

### **Relación entre el tiempo de evolución del TCE y las funciones ejecutivas**

**Tabla 9. Correlación: Tiempo de evolución y funciones ejecutivas**

<b>Prueba</b>	<b>Sp (r)</b>	<b>P</b>
Torre de londres ejercicio 5 tiempo de reacción	0.752	<b>0.019</b>
Torre de londres ejercicio 5 tiempo total	0.700	<b>0.036</b>
Torre de londres ejercicio 6 número de movimientos	0.713	<b>0.031</b>
Torre de londres ejercicio 6 tiempo total	0.702	<b>0.035</b>
Torre de londres ejercicio 7 tiempo de reacción	0.672	<b>0.047</b>
Torre de londres ejercicio 7 tiempo total	0.695	<b>0.038</b>
Torre de londres ejercicio 9 tiempo total	0.762	<b>0.017</b>
Torre de londres ejercicio 10 tiempo de reacción	0.859	<b>0.003</b>
Torre de londres ejercicio 10 número de movimientos	0.847	<b>0.004</b>
Percentil del Trail Making Test B	-0.701	<b>0.035</b>
Porcentaje de aciertos del Wisconsin	-0.723	<b>0.043</b>
Porcentaje de errores del Wisconsin	0.723	<b>0.043</b>
Tiempo de ejecución en el Wisconsin	0.880	<b>0.004</b>

Muestra el coeficiente de correlación de Spearman (Sp r) y la probabilidad entre el tiempo de evolución de los pacientes con TCE y el desempeño en las funciones ejecutivas.

La Torre de Londres fue la prueba que tuvo mayor relación con el tiempo de evolución del traumatismo craneoencefálico, sobre todo en los tiempos de reacción y el tiempo total.

Esto significa que aquellos pacientes cuyo tiempo de evolución fue mayor, también tuvieron un desempeño menor en esta prueba. Con la sección B del Trail Making Test se obtuvo una correlación negativa ( $r = -0.701$ ;  $p = 0.035$ ), mientras que en el Wisconsin Card Sorting Test las únicas variables que se relacionaron con el tiempo de evolución del padecimiento fueron el porcentaje de errores, porcentaje de aciertos y el tiempo de ejecución de la prueba.

En la Tabla 9 se observa que hay un patrón particular en la ejecución de los pacientes con TCE grave, de manera que mientras mayor sea el tiempo de evolución, mayor serán las dificultades en las funciones ejecutivas. Los tiempos de la Torre de Londres (de reacción y totales), la ejecución en el Trail Making Test B y el número de aciertos y errores en el Wisconsin Card Sorting Test son parámetros que se relacionan en mayor medida con el tiempo de evolución en los pacientes con TCE grave. De acuerdo a lo anterior se infiere que a pesar de que las cinco pruebas aplicadas para evaluar las funciones ejecutivas en los pacientes con TCE grave fueron sensibles a la detección del déficit en las funciones ejecutivas en este tipo de pacientes en relación al grupo control, la ejecución en la prueba de Palabras y Colores de Stroop, el Trail Making Test A y el Set Test no tiene relación directa con el tiempo de evolución del TCE.

## **DISCUSIÓN**

### **PALABRAS Y COLORES DE STROOP**

En un estudio realizado por Rath et al., en el 2004, en el cual aplicaron diferentes pruebas cognitivas, entre ellas el Stroop, a 61 pacientes con TCE y un grupo control de 58 sujetos (de 20 a 65 años de edad y una escolaridad promedio de 15 años). Encontraron que la media de elementos dados en el Stroop fue de 86.4 en el grupo con TCE, mientras que en el control fue de 104.7. Si se transforman las puntuaciones T con las que se trabajó en el presente estudio en puntajes directos, se obtiene que la media de elementos dados por los pacientes en la primer tarea del Stroop en los pacientes fue de 80, mientras que en el grupo control fue de 100, coincidiendo con el estudio previamente descrito.

En este mismo estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en las medidas de memoria, razonamiento y funciones ejecutivas, Sin embargo sí las hubo en las pruebas relacionadas con atención y velocidad en el procesamiento como los son la de Stroop y Cancelación visual. Estos resultados son consistentes con reportes previos (Eslinger y Damasio, 1985; en Rath et al, 2004) que indican que el desempeño cognitivo relativamente intacto que se observa en las pruebas neuropsicológicas en los pacientes con TCE no representan la magnitud de dificultades funcionales que tienen estos pacientes; sugiriendo la importancia de usar medidas sensibles a los déficits observados en las personas con TCE.

Los resultados reportados en este trabajo coinciden con lo encontrado en estudios anteriores, por ejemplo el realizado por Goethals et al., 2004, en el que los pacientes con



daño cerebral difuso obtuvieron un déficit importante en el nivel de resistencia a la interferencia mental.

### SET TEST

El Set Test es una prueba que evalúa la fluencia verbal semántica, no fonológica. Se considera que el resultado normal para adultos es de 29 ó más aciertos, y mayor a 27 en el caso de los adultos mayores, y cuando se trata de disminuciones importantes en el número de elementos dados por categoría se puede usar como un indicador de posible proceso degenerativo progresivo. En los resultados presentados ambos grupos tuvieron una media de aciertos mayor a este rango, por lo que podemos suponer que los pacientes en general conservan la función evaluada. Sin embargo es importante mencionar que dada la sencillez de la prueba y las características de los sujetos (escolaridad mínima de 6 años), no debieran existir diferencias significativas entre el grupo control y de pacientes si no se tratara de un déficit. Otra de las características que se pueden observar en esta prueba es en relación a respuestas perseverantes, es decir, si en el cambio de categoría el sujeto continúa dando elementos de la categoría anterior. Este tipo de respuestas no se observaron en los pacientes de TCE grave de esta muestra.

Las diferencias entre el grupo control y el de pacientes estuvieron más relacionadas con los tiempos de ejecución, habiendo una lentificación en los sujetos con TCE. Además, la media de elementos dados en la totalidad de la prueba fue de 37 en los pacientes y de 40 en el grupo control, que a pesar de ser únicamente 3 elementos más resultó estadísticamente significativa.

## TRAIL MAKING TEST

El propósito del Trail Making Test es evaluar la velocidad de procesamiento, alternancia secuencial, flexibilidad cognitiva, búsqueda visomotriz y funciones ejecutivas (Periañez et al., 2007).

En un estudio realizado en el 2007 por Periañez et al., en pacientes normales, con esquizofrenia y con TCE, se encontraron diferencias significativas entre el grupo de pacientes con TCE y el grupo de sujetos normales en el tiempo requerido para realizar el TMT en sus dos secciones. La muestra de pacientes con TCE estuvo compuesta por 90 sujetos, con los cuales se obtuvieron adicionalmente datos normativos para esta población clínica. Estos autores encontraron que para los pacientes con educación menor a 11 años, la media de ejecución en el TMT-A fue de 82.7 segundos, mientras que en la sección B de la misma prueba, la media fue de 218 segundos. En los sujetos cuya escolarización mínima es de 12 años, la media encontrada para el TMT A fue de 63.4 segundos, y en el TMT B de 145.3 segundos. Los mismos autores encontraron que en la muestra de sujetos normales los tiempos requeridos para completar la prueba fueron significativamente inferiores.

Como resultado de este trabajo realizado por Periañez et al., (2007), se obtuvieron las tablas percentiles, donde el percentil 50, en sujetos normales, corresponde a un tiempo medio de 27 segundos en el TMT A y de 51 segundos en el TMT B. Mientras que para los pacientes con TCE (n=90) encuentran que el percentil 50 corresponde a una ejecución de 52 segundos, y de 120 segundos en la parte A y B respectivamente.

Al igual que en el trabajo realizado por Periañez et al., (2007), los datos arrojados en este trabajo refieren una disminución importante en el tiempo promedio requerido por los pacientes con TCE grave para completar el Trail Making Test; lo cual es un indicio de las dificultades que esta población clínica presenta en la velocidad de procesamiento, la flexibilidad mental y la alternancia secuencial, siendo deficientes aún en tareas sencillas, en la capacidad de anticipar y organizar sus acciones.

Con respecto a esta prueba, hay que señalar que los participantes del grupo control en este trabajo tuvieron un desempeño menor al esperado en la sección A de la prueba, se observó que de forma individual y grupal no alcanzaron el percentil 50. Lo anterior implica que las puntuaciones de los pacientes en ésta misma sección están también por debajo de lo esperado en relación a otros estudios realizados con esta población clínica. Esto quiere decir que los percentiles de las tablas actuales con las que se califica la prueba son insuficientes para nuestra población, por lo que hacen falta realizar investigaciones con el Trail Making Test en población normal mexicana. No obstante, la tendencia observada, donde el rendimiento de los pacientes con TCE es menor a los sujetos controles, sigue siendo un indicador importante para detectar fallas o alteraciones de las funciones frontales y, por lo tanto esta prueba es sensible en esta población clínica.

Sin embargo en la sección B de la prueba, las diferencias encontradas entre ambos grupos fueron mayores. Tradicionalmente ha sido ésta segunda parte la que se ha utilizado en investigación. En este caso, se observan dos aspectos importantes, por un lado la lentificación de los pacientes y por otro los errores cometidos. Esto implica que ésta sección del Trail Making Test discrimina mejor entre población normal y población clínica,

así mismo sugiere que los pacientes con TCE grave de este estudio padecen no sólo una lentificación en el procesamiento, sino un déficit, al menos en las dimensiones que se evalúan con este instrumento.

### TORRE DE LONDRES

Para llevar a cabo una acción de manera exitosa, es necesario hacer una planeación cuidadosa de las acciones necesarias que finalicen en la realización de una meta determinada. Unterrainer y Owen (2006), plantean que primero es necesario crear una representación mental tanto de la situación como del objetivo que se quiere lograr, estableciendo las acciones requeridas para transformar una situación inicial en una situación final. De manera que cualquier problema tiene tres componentes o características: el estado inicial, el objetivo final y los pasos que el sujeto realiza para lograr esa transición. Adicionalmente debe considerarse que existen diferentes maneras de lograr un objetivo, por una parte hay diferentes vías de solución a un problema y además hay algunas que son más apropiadas que otras. Pareciera que los pacientes con TCE grave tienen dificultades en el tercer componente de la solución de problemas.

En un primer estudio reportado por Shallice en 1982, pacientes con lesiones corticales en regiones anteriores izquierdas, requirieron significativamente de un mayor número de movimientos en la Torre de Londres que un grupo control (Unterrainer y Owen, 2006).

En un análisis referente a la localización de la lesión de los pacientes y la ejecución en la Torre de Londres, se aprecia que el número de movimientos es en general mayor en los pacientes cuya región afectada es anterior. Las diferencias son mayores en los tiempos de

reacción y totales en los 10 paradigmas de la prueba; siendo los pacientes con lesiones anteriores más lentos en relación a aquellos pacientes con lesiones no anteriores.

En 1990 Owen et al., realizaron un estudio en la Universidad de Cambridge con pacientes con escisión frontal unilateral o bilateral, en el que evaluaron la memoria espacial y la planeación. El grupo de pacientes mostró menos eficiencia en el uso de estrategias en relación al grupo control. Asimismo, en la prueba de la Torre de Londres observaron que los pacientes con daño frontal requieren mayor cantidad de movimientos para completar la tarea-problema y también el tiempo de los movimientos aumentó significativamente.

Serino et al., (2006), realizaron un estudio sobre las funciones ejecutivas en pacientes con antecedente de TCE de por lo menos 4 meses, con escolaridad media de 10 años y una media de edad de 40 años. La muestra estuvo compuesta por 37 pacientes cuyo grado de severidad del TCE iba de leve a severo. En los resultados reportan que en la prueba de la Torre de Londres los pacientes con TCE tienen un desempeño cualitativamente semejante a los sujetos normales, es decir que no hay diferencias significativas, sin embargo, el tiempo de ejecución es significativamente menor en el grupo con TCE.

De acuerdo a diversos estudios realizados con técnicas de imagenología cerebral funcional (Owen, 1996 en Unterrainer y Owen, 2006), donde se ha usado la Torre de Londres, se ha demostrado que la corteza frontal izquierda dorsolateral (áreas 9 y 46 de Broadmann) tiene una activación importante en las tareas de planeación. En estos mismos estudios se demostró que la actividad de la corteza dorsolateral frontal correlaciona con la complejidad del problema, mientras que la activación parietal posterior y occipital es independiente a la

dificultad del mismo, por lo que sugieren que la corteza frontal dorsolateral juega un papel central en la planeación de soluciones en la Torre de Londres, mientras que la corteza posterior contribuye fundamentalmente a los aspectos visuales y espaciales que se procesan durante la tarea (Unterrainer y Owen, 2006).

Al agregarle dificultad a la tarea, es decir al requerir mayor número de movimientos para completar la tarea los pacientes tuvieron más dificultad para ejecutar el ejercicio y encontrar la estrategia adecuada para llegar a la solución del problema, por lo que permanecían con la solución anterior, sugiriendo que el proceso de cambio (switching) en estos pacientes está comprometido.

#### WISCONSIN CARD SORTING TEST

El WCST es una de las pruebas neuropsicológicas más ampliamente utilizadas en la actualidad y esto se debe a los resultados que se han obtenido cuando se evalúan las funciones frontales. Al igual que en los estudios realizados por Stuss et al., (2000), los resultados encontrados en el presente trabajo describen el déficit que tienen los pacientes con TCE grave en la categorización y el aumento de respuestas perseverativas en relación al grupo control.

La solución de problemas es conceptualizada en dos dimensiones: 1) las habilidades necesarias y 2) la orientación del problema. Lezak (1995) propone que las habilidades necesarias para solucionar un problema incluyen: definición y formulación del problema, generación de alternativas, toma de decisión e implementación de la solución y verificación. Por otra parte, la orientación del problema hace referencia a un componente

afectivo, motivacional, e incluye las creencias y expectativas que hay cuando se presenta un problema que se debe solucionar.

El WCST ha sido utilizado ampliamente como un indicador de la habilidad para solucionar problemas (Daniel, Webster y Scott, 1986; King y Snow, 1982; Wiegner y Donders, 1999; en Rath et al, 2004)

Se puede observar que los pacientes con TCE en el presente estudio, tuvieron dificultad en el automonitoreo de la conducta, dado que cometieron más errores perseverativos (el doble que el grupo control), esto a su vez implica que se les dificulta mantener una conducta y cambiar de estrategias para solucionar un paradigma particular, por lo que en tareas como el WSCT tienen menos categorías completas.

Cuando la regla de clasificación es más compleja, por ejemplo “número”, hay mayores dificultades para encontrar el patrón. Una vez que se han realizado tres series (color, forma y número) y nuevamente se inicia con el color, los sujetos del grupo control no tuvieron dificultades para continuar los tres patrones en el mismo orden. Sin embargo, los pacientes que lograron completar las tres primeras series, intentaron clasificar de alguna otra manera, y tuvieron muchas más dificultades para repetir las mismas respuestas. Es decir, que aunque habían encontrado las estrategias de solución, el monitoreo de la conducta y la flexibilidad mental para regresar a la respuesta que anteriormente había funcionado estaba más comprometido en este grupo con TCE.

## DEPRESIÓN

A pesar de que en estudios como el de Lovejoy en el 2001 (citado en Rath et al., 2004), se ha visto que la disminución en el rendimiento cognitivo en los pacientes con TCE se debe a los efectos de la depresión. En el estudio realizado por Rath et al., (2004), fue una variable corregida con análisis de Bonferroni, con lo que se obtuvo que la depresión no afecta de manera importante el desempeño cognitivo de los pacientes con TCE. En la presente investigación no se encontraron diferencias significativas en el grado de depresión de los pacientes y los sujetos del grupo control, por lo que los resultados obtenidos no se consideran alterados por el estado de ánimo al momento de la evaluación.



## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES**

En la actualidad existen en la literatura dos hipótesis relacionadas a las alteraciones cognitivas que se presentan en los pacientes con traumatismo craneoencefálico.

### **Hipótesis sobre la velocidad de procesamiento:**

Algunos investigadores proponen que los déficits cognitivos secundarios a los TCE son consecuencia de un déficit en la velocidad de procesamiento. De manera que de acuerdo a esta hipótesis, las diferencias observadas entre los pacientes con TCE y los sujetos normales no se deben a la alteración de alguna función específica, sino al enlentecimiento global del procesamiento. Por ejemplo, se ha observado que el tiempo de ejecución en la Torre de Londres es menor en los pacientes con TCE, sin embargo la puntuación es normal en los otros parámetros evaluados en esta prueba (Serino et al., 2006).

### **Hipótesis de la memoria de trabajo:**

Existe otra línea teórica en la que se propone que los déficits funcionales que presentan los pacientes después de un TCE se deben a la alteración del sistema ejecutivo central de la memoria de trabajo, que se define como un sistema de capacidad limitada que mantiene y elabora temporalmente la información, por lo que es el soporte de los procesos de pensamiento humano. De acuerdo a este modelo, existen tres componentes, los dos que almacenan información verbal y no verbal respectivamente y el sistema ejecutivo central, que coordina las funciones cognitivas y procesa la información de la memoria de trabajo. De manera que es el sistema implicado en la solución de problemas y anatómicamente con el funcionamiento del lóbulo frontal (Serino et al, 2006).

De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo, se puede observar que el grupo de pacientes cometió más errores en las cinco pruebas aplicadas, errores que les fue más difícil identificar y corregir de manera espontánea. Estos errores fueron primordialmente de perseverancia en el Wisconsin Card Sorting Test y en la Torre de Londres. Mientras que en el Trail Making Test los errores cometidos fueron de secuenciación y por lo tanto más relacionados con la alternancia, las estrategias, la memoria de trabajo y por supuesto la atención e inhibición. En el Stroop se observó la lentitud en el procesamiento, ya que al ser una prueba sencilla, la disminución de elementos dados por tiempo es un indicador importante de velocidad en el procesamiento.

Se observó una disminución generalizada, matizada por el tiempo. Dado que en todas las pruebas utilizadas el tiempo es una variable importante a considerar, éste se vio reflejado en los resultados del grupo de pacientes, los cuales requirieron de mayor tiempo para lograr la ejecución correcta, por lo que se infiere que las funciones ejecutivas evaluadas están lentificadas en los pacientes con TCE. Lo anterior no implica que no tengan fallas en la inhibición, la planeación, anticipación, fluencia verbal, secuenciación y categorización, sino que éstas fallas pudieran estar acentuadas por la lentificación misma. Por lo anterior, hay dos posibilidades claras; si únicamente se tratara de una disminución en la velocidad de procesamiento, los pacientes con TCE grave serían capaces de realizar las tareas correctamente, pero si ésta lentificación es vista como una consecuencia secundaria más del traumatismo y no como la causa del déficit cognitivo *per se*, entonces cabe la posibilidad de que aún dejando el tiempo abierto en los pacientes para realizar la tarea solicitada, cometan equivocaciones. Para poder describir y explorar este punto es necesario realizar estudios con tareas de tiempo de reacción simples y complejos.

Dada la heterogeneidad de la muestra con respecto a la región lesionada en los pacientes, no es posible en este trabajo aclarar o describir si las fallas observadas en los pacientes obedecen a un mecanismo común de alteración como sugieren las hipótesis expuestas o si la particularidad de la lesión en cada paciente hace esta distinción. Es decir, que en algunos casos se deba a la lentificación en el procesamiento cognitivo y en otros casos se trate más bien de un déficit cognitivo en las funciones ejecutivas. Para ello es necesario realizar investigaciones sistemáticas con pacientes con TCE y lesiones en diferentes regiones cerebrales, realizar la evaluación neuropsicológica junto con los estudios de imagen, tener estudios de caso en los que se puedan realizar evaluaciones a diferentes tiempos y que permitan observar la evolución y naturaleza de los cambios cognitivos y de la conducta.

Estudios neuropsicológicos realizados anteriormente (Ponsford y Kinsella, 1992; Van Zomeren, Brouwer y Deelman, 1984) reportan un enlentecimiento en el tiempo de reacción y la velocidad de procesamiento en los pacientes con TCE. Sin embargo, investigaciones más recientes (Polo et al., 2002; Ríos et al., 2004) sugieren que este enlentecimiento ocurre en conjunción con alteraciones severas en el control ejecutivo, que incluye la flexibilidad cognitiva, la solución de problemas y la memoria de trabajo.

Los pacientes con TCE tienden a tener mayores dificultades para abordar situaciones novedosas que requieren de flexibilidad mental, aunque en problemas sencillos y no novedosos su desempeño es relativamente bueno (Perlstein et al., 2006).

Las funciones ejecutivas han sido asociadas al funcionamiento de los lóbulos prefrontales, sin embargo, dependen de la integridad de otras regiones cerebrales como la corteza del

cíngulo, los ganglios basales, núcleos talámicos (dorsomedial) y el cerebelo (Goldberg y Bougakov, 2005). Puesto que no todos los pacientes de la muestra de este estudio tenían lesiones frontales, pero sí disminución en el rendimiento de las pruebas aplicadas, se puede confirmar que las funciones ejecutivas pueden estar alteradas sin presentarse necesariamente daño frontal. Sin embargo, es un dato que hay que tratar con precaución, ya que en este caso solamente se trabajó con pacientes con TCE grave, y para indagar más sobre las estructuras no frontales que participan en las funciones ejecutivas y el tipo de participación de cada una de ellas, es necesario realizar estudios más extensos y específicos con pacientes con severidad de traumatismo variada, y aplicando una batería neuropsicológica más extensa que de cuenta de la naturaleza de dichas alteraciones en las funciones ejecutivas.

En un estudio realizado por Mazaux et al., (1997), cuyos objetivos fueron medir la alteración de las actividades sociales que presentaban los pacientes con TCE cinco años después del traumatismo y cuáles eran los aspectos neuropsicológicos asociados a la pérdida de la autonomía en estos pacientes, encontraron que de manera muy significativa las dificultades en la flexibilidad mental, desorganización conceptual y en la planeación reportadas, mantienen una correlación positiva con actividades como salir de casa, ir de compras, usar el transporte público, manejar asuntos financieros y administrativos y regresar a trabajar. Adicionalmente reportan también una importante correlación de estos aspectos con las puntuaciones en la Escala de Outcome de Glasgow (Mazaux et al., 1997). Refiriendo la importancia de esclarecer los mecanismos por los cuales las funciones ejecutivas se desarrollan, se alteran y pudieran rehabilitarse. Las dificultades que tienen los pacientes con TCE grave en la vida cotidiana y los mecanismos que tanto familia como

pacientes han implementado para compensar las fallas, son la clave y objetivo del trabajo neuropsicológico, no sólo en lo referente a la posibilidad de describir y comprender mejor el funcionamiento y organización cerebral, sino también abre la posibilidad de establecer proyectos de rehabilitación para esta población cada vez mayor de adultos jóvenes.

De acuerdo a las hipótesis planteadas al inicio de este trabajo se concluye que:

- Los pacientes con TCE grave presentan déficit en las funciones ejecutivas en comparación con un grupo control.
- El tiempo de evolución del TCE repercute en la ejecución de algunas pruebas que evalúan funciones ejecutivas. La velocidad de procesamiento en este grupo de pacientes está relacionada directamente con el tiempo de evolución del padecimiento.
- La inhibición de la respuesta, nivel de resistencia a la interferencia mental, es menor en el grupo de pacientes con TCE grave que en el grupo control, por tanto la prueba de Colores y Palabras de Stroop es un instrumento sensible para esta población clínica.
- El Set Test no mostró diferencias contundentes en cuanto a la fluencia verbal y la memoria semántica se refiere. Por lo que pudiera ser que no existen diferencias entre ambos grupos en estos campos cognitivos o que esta prueba no sea la adecuada para estos pacientes. Se deben realizar estudios posteriores más específicos para fluencia verbal y funciones lingüísticas utilizando la prueba de Boston, algunas de las subpruebas de vocabulario del WAIS, etcétera.

- La flexibilidad mental, la categorización y el cambio de estrategias son aspectos cognitivos de las funciones ejecutivas que se alteran de manera significativa en los pacientes con TCE grave.
- Las tareas de anticipación y planeación son elementos de las funciones ejecutivas que en los pacientes con TCE grave muestran disminución importante.

Es importante mencionar las limitaciones de este trabajo. En primer lugar la cantidad de pacientes, a pesar de que la  $n$  de la muestra fue pequeña, hay que recordar que se trata de pacientes tardíos, es decir, tienen más de 1 año de evolución, por los que su asistencia a centros hospitalarios es reducida. Sin embargo, para corroborar los hallazgos de la presente investigación es necesario ampliar el tamaño de la muestra en futuras investigaciones.

Una segunda limitante es la dificultad para homogenizar los pacientes en función de la región cerebral lesionada, que sin lugar a duda permitiría un análisis tanto cuantitativo como cualitativo más extenso. Asimismo sería fundamental comparar el desempeño de los pacientes con TCE grave con otra población neuropsicológica, y con pacientes con TCE leve o moderado, de manera que la descripción del perfil de este grupo de pacientes en particular pueda ser completada de manera más específica. Finalmente sería necesario realizar estudios de caso para encontrar aquellas particularidades que en los estudios con grupos son difíciles de observar.

Hay que resaltar que aún existen datos controvertidos en los hallazgos de disfuncionalidad en los pacientes con TCE severo y con las pruebas que tradicionalmente se emplean para evaluar las Funciones Ejecutivas (Wisconsin, Trail Making Test, Palabras y Colores de

Stroop, Torre de Londres, Torre de Hanoi), puesto que en población mexicana son escasos los estudios desarrollados que utilicen una batería neuropsicológica de funciones ejecutivas para valorar las poblaciones con daño neurológico.

Con las modificaciones metodológicas propuestas se plantea la posibilidad de corroborar información presentada, para en un futuro realizar programas de rehabilitación pertinentes para este tipo de pacientes.

## REFERENCIAS

- Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (1991). *Diagnóstico del Daño Cerebral. Enfoque Neuropsicológico*. México: Trillas.
- Ardila A, y Rosselli M. (2007). *Neuropsicología clínica*. México: El Manual Moderno.
- Barkley R.A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121: 65-94.
- Beck A.T. y Steer R.A. (1984). Internal Consistencies of the original and revised Beck Depression Inventory. *Journal of Clinical Psychology*, 40 (6):1365-1367.
- Benton A.L. y Sivan A.B. (2007). Clinical Neuropsychology: A brief History. *Disease a Month: DM*, 53: 142-147.
- Bigler E. (2001). The lesions in traumatic brain injury: implications for clinical neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 16: 95-131.
- Bruns J, y Hauser A.W. (2003). The Epidemiology of Traumatic Brain Injury: A review. *Epilepsia*, 44 suppl 10: 2-10.
- Burruss J.W., Hurley R.A., Taber K.H., Rauch R.A., Norton R.E. y Hayman L.A. (2000). Functional Neuroanatomy of the Frontal Lobe Circuits. *Radiology*, 214: 227-230.
- Carpenter M.B. (1999). *Neuroanatomía: Fundamentos*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Casalis F., Feydy A., Valabregue R., Pelegrini I. y Pierot L. (2006). fMRI study of problem-solving alter severe traumatic brain injury. *Brain Injury*. 20 (10): 1019-1028.
- Casey B.J., Giedd J.N., Thomas K.M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54: 241-257.
- Culberston W y Zillmer E. (1999). *Tower of London Drexel Univesity (Examiners Manual, Research version)*. Toronto: Ed MHS.
- Davidson M., Amso D., Anderson L.C. y Diamond A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 44: 2037-2078.
- Estévez-González A, García-Sánchez C y Barraquer-Bordas L. (2000). Los Lóbulos Frontales: El cerebro ejecutivo. *Revista de Neurología*, 31 (6): 566-577



- Fletcher P.C y Henson R.N. (2001). Frontal Lobes and human memory. Insights from functional neuroimaging. *Brain*, 124: 849-881.
- Flores L.J.C. (2006). *Neuropsicología de los Lóbulos frontales*. México: Colección Juan Manzur Ocaña, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Gennarelli T.A. (1987). Cerebral concussion and diffuse brain injuries. En P. R. Cooper (Ed.), *Head Injury* (pp. 108-124). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Gennarelli T.A. (1993). Mechanisms of brain injury. *Journal of emergency Medicine*, 11, suppl 1: 5-11.
- Goethals, I., Audenaert, K., Jacobs, F., Lannoo, E y Van de Wiele C. (2004). Cognitive neuroactivation using SPECT and the Stroop Colored Word Test in patients with diffuse brain injury. *Journal of Neurotrauma*. 21 (8): 1059-1069.
- Goldberg E. (2001). *The executive brain*. Drakontos: Oxford University Press.
- Goldberg E. y Bougakov D. (2005). Neuropsychologic Assessment of Frontal Lobe Dysfunction. *Psychiatric Clinics of North America*, 28: 567-580.
- Golden J.C. (2001). Stroop. *Test de colores y palabras* (Manual, 3ª ed). Madrid: Publicaciones de psicología aplicada.
- Goldman J.C. (1983). *Foundations of clinical neuropsychology*. New York: Plenum Press.
- González M.A, Pueyo R. y Serra J.M. (2004). Secuelas Neuropsicológicas de los Traumatismos Craneoencefálicos. *Anales de Psicología*. 20 (2): 303-316.
- Heaton R., Chelune G., Talley J., y Curtiss G. (2001). *Test de Clasificación de tarjetas de Wisconsin*. Madrid: Tea Ediciones.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática- *INEGI* (2005).
- Isaacs B., Akhtar A.J. (1972). The Set test: a rapid test of mental function in old people. *Age and Ageing*, 1: 222-226.
- Jenkins A., Teasdale G., Hadley M., MacPherson P. y Rowan J. (1986). Brian lesions detected by magnetic resonance imaging in mild and severe head injuries. *Lancet*. 2: 445-446.
- Junqué C. (1995). El lóbulo Frontal y sus disfunciones. *Neuropsicología*. Madrid: Síntesis psicología.
- Kaplan H.I., Sadock B.J. (1999). *Sinopsis de psiquiatría: ciencias de la conducta psiquiátrica clínica*. Madrid: Médica Panamericana.

- Kerlinger F.N y Lee H.B. (2002). *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales* (4ª ed). México: Mc Graw Hill.
- Lange, R.T., Iverson, G.L., Zakrzewski, M.J y Ethel-King, P.E. (2005). Interpreting the trail making test following traumatic brain injury: comparison of traditional time scores and derived indices. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27 (7): 897-906.
- Lezak D.M. (1995). *Neuropsychological Assessment*. 3ª ed. Oxford: Oxford University Press.
- Lezak D.M. (2004). *Neuropsychological Assessment*. 4ª ed. Oxford: Oxford University Press.
- Luria A.R. (1973). *El Cerebro en acción*. Barcelona: Martínez Roca.
- Luria A.R. (1995). *Las Funciones corticales superiores del hombre* (2ª ed). La Habana: Orbe.
- Manes F., Sahakian B., Clark L., Rogers R. y Antoun N. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*. 125: 624-639.
- Mazaux J.M., Masson F., Levin H.S., Alaoui P., Maurette P y Barat M. (1997). Long-Term Neuropsychological outcome and Loss of Social Autonomy After Traumatic Brain Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78: 1316-1320.
- Miller E.K. (2000). The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Review of Neuroscience*, 1: 59-65.
- Miller B y Cummings J. (1999). *The Human Frontal Lobes*. Capítulo 27. New York: The Guilford Press.
- Millis, S.R., Rosenthal M., Novach, T.A., Sherer, M. y Nick, T.G. (2001). Long term neuropsychological outcome after traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 16 (4): 343-355.
- Mitchell A.J. (2004). *Neuropsychiatry and behavioral neurology explained*. Saunders.
- Muñoz J.M., Tobal J.J. y Cano V.A. (2000). Evaluación de las alteraciones emocionales en personas con traumatismo craneoencefálico. *Psicothema*, Universidad Complutense de Madrid.
- Newsome M.R., Scheibel R.S. y Steinberg J.L. (2007). Working memory brain activation following severe traumatic brain injury. *Cortex*. 43 (1): 95-111.
- Owen A.M., Downes J.J., Sahakian B.J. y Polkey C.E. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 28 (10): 1021-1034.

Papazian O., Alfonso I. y Luzondo R.J. (2006). Trastorno de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42 (3): 45-50.

Perlstein M.W., Larson J.M., Dotson M.V., Kelly G.K. (2006). Temporal dissociation of components of cognitive control dysfunction in severe TBI: ERP's and the cued Stroop Task. *Neuropsychologia*, 44: 260-274.

Periañez, J.A., Ríos-Lago, M., Rodríguez-Sánchez, J.M., Adrover-Roig, D., Sánchez-Cubillo, I., Crespo-Facorro, B., Quemada, I.J, y Barceló, F. (2007). Trail Making Test in traumatic brain injury, schizophrenia and normal ageing: sample comparisons and normative data. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22: 433-447.

Pinel J.P. (2001). *Biopsicología* (4a ed). España: Prentice Hall

Polo M.D., Newton P., Rogers D., Escera C., y Butler S. (2002). ERP's and behavioral índices of long-term preattentive and attentive déficits after closed head injury. *Neuropsychologia*, 40: 2350-2359.

Ponsford J, Kinsella G. (1992).Attentional déficits following closed brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 14: 822-838.

Posner M. I., Dehaene S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, 17: 75-79.

Rath J.F., Langenbahn D.M., Simon D., Sherr R.L., Fletcher J. y Diller L. (2004). The construct problem solving in higher level neuropsychological assessment and rehabilitation. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19: 613-635.

Rains D. (2004). *Principios de Neuropsicología humana*. México: Mc Graw Hill

Rios M., Periañez J.A., y Muñoz-Céspedes J.M.(2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, 18:257-272.

Ríos M, Cabestrero R y Maestú F. (2008). Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos. España.

Rivera G.A.L. (2006). *Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños con Trastorno de déficit de atención e hiperactividad*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en psicología. Facultad de estudios superiores, Iztacala. Asesor: Dra. María Guillermina Yañez Téllez.

Rolls E.T. (2002). The Functions of the orbitofrontal cortex. In Stuss, *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.

Rowbotham G.F. (1964). *The mechanisms of injuries of the head*. Londres.

Sakagami M y Pan X. (2007). Functional role of the ventrolateral prefrontal cortex in decision making. *Current opinion in Neurobiology*, 17: 228-233.

Scheid R., Walter K., y Guthke T. (2006). Cognitive sequelae of diffuse axonal injury. *Archives of Neurology*, 63 (3): 418-424.

Secretaría de Salud. Estadísticas vitales. (2001). [www.ssa.gob.mx](http://www.ssa.gob.mx) 28-01-2006

Serino A., Ciaramelli E., Santantonio A., Malagu S. y Servadei F. (2006). Central executive system impairment in traumatic brain injury. *Brain Injury*, 20 (1): 23-32.

Stuss D.T. (1992). Biological and Psychological development of Executive Functions. *Brain and Cognition*, 20: 8-23.

Stuss D. T., Levine B., Alexander M. P., J. Hong, Palumbo C., Hamer L., Murphy K. J. and Izukawa D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, [38 \(4\)](#): 388-402.

Teasdale G, Jannett B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *The Lancet*, 13: 81-84.

Tirapu-Ustárroz J., Muñoz-Céspedes J.M., Valero-Peigrín C. y Albéndiz-Ferreras A (2005). Propuesta de un protocolo para la evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41 (3): 177-186.

Torralva T., y Manes, F. (2004). Funciones ejecutivas y trastornos del lóbulo frontal. *Neurología cognitiva*, 11 (4).

Unterrainer J.M y Owen A.M. (2006). Planning and problem solving: From Neuropsychology to functional neuroimaging. *Journal of Physiology-Paris*, 99: 308-317.

Van Zomerén A.H., Brouwer W.H., y Deelman B.G. (1984). Attentional deficits: the riddles of selectivity, speed and alternance. En Brooks N (Ed). *Closed Head Injury: Psychological, social and family consequences*. New York: Oxford University Press.

Wood R.L y Rutherford N.A. (2006). Psychosocial adjustment 17 years after severe brain injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 77: 71-75.

**Anexo 1**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO**

*Fecha:* \_\_\_\_\_

Por medio de la presente me comprometo a participar en el estudio “*Alteración de las Funciones ejecutivas en pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Grave del INNN*” que se está realizando en la Unidad de Cognición y Conducta del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Me han explicado que el estudio consiste en la realización de una evaluación neuropsicológica a cargo de la Psic. Isabel Torres Knoop y la Psic. Gabriela Miranda Tenorio, con la finalidad de determinar la presencia y severidad de alteraciones en algunas funciones cognoscitivas, este tipo de estudios no compromete mi integridad física ni psicológica. Mi participación dentro del estudio es voluntaria y podré abandonar el mismo sin que se afecte la relación médico- paciente, y mi atención médica en el Instituto no se verá determinada por mi colaboración en el estudio.

Se garantiza el anonimato y confidencialidad de los datos. De igual manera, autorizo que los datos obtenidos en el presente estudio puedan ser publicados con fines de investigación científica.

**Atentamente**

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL FAMILIAR