



REVISTA
NEURO Psicología,
Neuropsiquiatría y
Neurociencias

Órgano oficial de:

Asociación Latinoamericana de Neuropsicología -ALAN

Asociación Colombiana de Neuropsicología

Sociedad Neuropsicológica de Antioquia

Grupo de Neurociencias de Antioquia

Universidad de San Buenaventura

Hispanic Neuropsychological Society

Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias volumen 8, núm. 1, enero-junio del 2008, es una publicación digital semestral, editada por la Asociación Latinoamericana de Neuropsicología (ALAN, A.C.), con domicilio para recibir notificaciones en Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: 3338174383

Página electrónica de la revista:

<http://revistaneurociencias.com>

Correo electrónico: maria.matute@academicos.udg.mx

Editor responsable: Alfredo Ardila Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2026-030214122100-102. ISSN: (en trámite) - ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número: Dra. Gabriela Castillo Parra, Editor Técnico-administrativo, Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Fecha de la última modificación: 29 de mayo del 2008. Tamaño del archivo: 1.92 MB.

Contenidos

Vol. 8 N°.1
Abril 2008

I	Presentación Alfredo Ardila
1	Desarrollo Histórico de las Funciones Ejecutivas Alfredo Ardila, & Feggy Ostrosky-Solís
23	Las Funciones Ejecutivas a través de la Vida Mónica Rosselli, María Beatriz Jurado, & Esmeralda Matute
47	Neuropsicología de Lóbulos Frontales Julio César Flores Lázaro, & Feggy Ostrosky-Solís
59	Funciones Ejecutivas: Aspectos Clínicos Francisco Lopera
77	Trastornos de las Funciones Ejecutivas en la Infancia Natalia Trujillo, & David A. Pineda
95	Neuropsicología de la Violencia y sus Clasificaciones Nallely Arias García, & Feggy Ostrosky-Solís
115	Neurobiología de la Sensibilidad Moral Feggy Ostrosky-Solís, & Alicia E. Vélez García
127	Demencia Fronto-temporal: Un Estudio Neuropsicológico y Neuroradiológico de un Caso Feggy Ostrosky-Solís, Ignacio Madrazo, & Alicia E. Vélez García
141	Batería de Funciones Ejecutivas: Presentación Julio César Flores Lázaro, Feggy Ostrosky-Solís, & Azucena Lozano
159	Rehabilitación de las Funciones Ejecutivas en Caso de Patología Cerebral Juan Carlos Arango Lasprilla, & Mario Alfredo Parra Rodríguez

Instrucciones a los Autores

179

Presentación

A pesar que el concepto de función (o funciones) ejecutiva(s) es relativamente reciente, su estudio se ha convertido en un eje central de la investigación actual en neuropsicología. El primer reporte sistemático de un paciente con una lesión frontal (el paciente Phineas Gage) aparece durante el siglo XIX. El “síndrome frontal”, sin embargo, fue conceptualizado por Feuchtwanger solamente hasta 1923. Durante los años posteriores, generalmente se utilizó el término “síndrome frontal” (o “síndrome prefrontal”) para referirse a todo el conjunto de trastornos cognoscitivos y comportamentales que puede aparecer en caso de lesiones prefrontales del cerebro. Luria señaló que los lóbulos prefrontales cumplen un papel ejecutivo, pero el término “función ejecutiva” sólo comenzó a utilizarse a partir de los años 80’s del siglo pasado, convirtiéndose rápidamente en un concepto central en las ciencias neurológicas y comportamentales contemporáneas.

Las funciones ejecutivas se han convertido en el elemento clave para la comprensión de la racionalidad y la conducta social humana. Generalmente, suponemos que al menos algunos de los componentes de las funciones ejecutivas sólo se encuentran en la especie humana, y en consecuencia, las funciones ejecutivas pueden ser la clave para comprender la cultura, la civilización, la ciencia y la tecnología.

En este número monográfico de la revista *Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias* se revisan los principales aspectos de las funciones ejecutivas, desde su aparición en la filogenia y su desarrollo en la ontogenia, hasta la rehabilitación de los pacientes que presentan trastornos en las funciones ejecutivas consecuentes a lesiones cerebrales; se examinan sus manifestaciones clínicas en niños y en adultos, y se presenta un modelo para la evaluación de las funciones ejecutivas. Además, se consideran dos aspectos centrales relacionados con las funciones ejecutivas: la moralidad y la conducta violenta.

Esperamos que este número monográfico de la revista *Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, que de hecho representa un texto completo sobre las funciones ejecutivas, contribuya al desarrollo fundamental y clínico de la neuropsicología de las funciones ejecutivas.

Alfredo Ardila
Editor



Desarrollo Histórico de las Funciones Ejecutivas

Alfredo Ardila

Florida International University Miami.
Florida, EE.UU.

Feggy Ostrosky-Solís

Universidad Nacional Autónoma de
México. México, D.F., México.

Correspondencia: Alfredo Ardila, Ph.D., ABPN,
Florida International University, Department of
Communication Sciences and Disorders,
HLS139, Miami, Florida 33199, USA. Phone and
fax: (305) 348-2750. Correo electrónico:
ardilaa@fiu.edu

Resumen

Se propone que los lóbulos frontales participan en dos funciones ejecutivas estrechamente relacionadas, pero diferentes: (1) solución de problemas, planeación, formación de conceptos, desarrollo e implementación de estrategias, memoria de trabajo, etc. (funciones ejecutivas “metacognitivas”); es decir, las funciones ejecutivas tal y como se conciben en las neurociencias contemporáneas; y (2) coordinación de la cognición y emoción/motivación (funciones ejecutivas emocionales”): es decir, satisfacer las necesidades biológicas de acuerdo a las condiciones existentes. Las primeras funciones dependen de áreas prefrontales dorsolaterales, mientras que las segundas están asociadas con el área orbitofrontal y medial frontal. Las pruebas que evalúan funciones ejecutivas se enfocan, básicamente, en el primer tipo de funciones. La solución de problemas cotidianos (aplicación funcional de las funciones ejecutivas) requiere más del segundo tipo de habilidades, por lo que las pruebas usuales de funciones ejecutivas carecen de validez ecológica. Evidencia reciente señala que el lóbulo prefrontal humano es similar al de otros primates y homínidos, los cuales probablemente poseen habilidades prefrontales del segundo tipo (emocionales), pero no del primero (metacognitivas). Se considera que las habilidades ejecutivas del primer tipo son el resultado del desarrollo y evolución de algunos “instrumentos conceptuales”; el lenguaje (y el lenguaje escrito como extensión del lenguaje oral) puede representar al más importante. El segundo tipo de habilidad ejecutiva (emocional) es el resultado de la evolución biológica. Las funciones ejecutivas metacognitivas

dependen significativamente de la cultura y los instrumentos culturales.

Palabras clave: funciones ejecutivas, metacognición, evolución del lenguaje.

Summary

It is proposed that prefrontal lobe participates in two closely related but different executive functions abilities: (1) problem solving, planning, concept formation, strategy development and implementation, working memory, and the like ("metacognitive executive functions"); that is, executive functions as usually they are understood in contemporary neurosciences; and (2) coordinating cognition and emotion/motivation ("emotional executive functions"); that is, fulfilling biological needs according to some existing conditions. The first one depends on the dorsolateral prefrontal areas, whereas the second one is associated with orbitofrontal and medial frontal areas. Current executive functions tests basically tap the first ability (metacognitive). Solving everyday problems (functional application of executive functions), however, mostly requires the second ability (emotional); most contemporary executive functions tests consequently have limited ecological validity. Contrary to the traditional points of view, recent evidence points that human prefrontal lobe is similar to the other primates and hominids. Other primates and hominids probably possess the second (emotional executive functions) prefrontal ability, but not the first (metacognitive executive functions) one. It is argued that the first executive function (metacognitive) ability is the result of the development and evolution of some "conceptualization instruments"; language (and written language as an extension of oral language)

may represent the most important one; metacognitive executive functions are significantly dependent of culture and cultural instruments. The second executive function ability (emotional) is the result of a biological evolution shared by other primates.

Key words: executive functions, metacognition, language evolution.

"Nada en biología tiene sentido, excepto a la luz de la evolución".

(Theodosius Dobzhansky, 1973)

¿Qué significa "Funciones Ejecutivas"?

El término "Funciones Ejecutivas" es un término relativamente reciente dentro de las neurociencias. La observación que las áreas cerebrales prefrontales están involucradas en estrategias cognitivas, tales como la solución de problemas, formación de conceptos, planeación y memoria de trabajo, dio como resultado el término "funciones ejecutivas" (Ardila & Surloff, 2007). Luria es el antecesor directo del concepto de funciones ejecutivas. Él propuso tres unidades funcionales en el cerebro: (1) alerta-motivación (sistema límbico y reticular); (2) recepción, procesamiento y almacenamiento de la información (áreas corticales post-rolándicas); y (3) programación, control y verificación de la actividad, lo cual depende de la actividad de la corteza prefrontal (Luria, 1980). Luria menciona que esta tercera unidad juega un papel ejecutivo. Lezak (1983) se refiere al "funcionamiento ejecutivo" para distinguirlo de funciones cognitivas que explican el "cómo" de las conductas humanas. Baddeley (1986) agrupó estas conductas en dominios

cognitivos que incluían problemas en planeación y organización de conductas, desinhibición, perseveración y decremento en fluidez e iniciación. Baddeley también acuñó el término “síndrome disejecutivo”. Cada componente del funcionamiento ejecutivo se añade al conjunto de procesos cognitivos, que incluyen el mantenimiento de un contexto para la solución de problemas, dirección de la conducta hacia un objetivo, control de la interferencia, flexibilidad, planeación estratégica y la habilidad para anticipar y comprometerse en actividades dirigidas a una meta (Denckla, 1994).

La definición de función ejecutiva incluye la habilidad de filtrar información que interfiere con la tarea, involucrarse en conductas dirigidas a un objetivo, anticipar las consecuencias de las propias acciones y el concepto de flexibilidad mental (Denckla, 1996; Goldberg, 2001; Luria 1969, 1980; Stuss & Benson, 1986). El concepto de moralidad, conductas éticas, auto-conciencia y la idea de los lóbulos frontales, como un director y programador de la psique humana, también se contemplan dentro de su definición (Ardila & Surloff, 2007).

Durante finales del siglo XIX y principios del siglo XX, las investigaciones clínicas documentaron diversos trastornos conductuales en casos de patología frontal. El “Síndrome de lóbulo frontal” fue caracterizado por Feuchtwanger (1923), quien correlacionó la patología frontal con conductas que no estaban relacionadas con el lenguaje, la memoria, o déficit sensoriomotores. Enfatizó también los cambios de personalidad, trastornos en la motivación, en la regulación afectiva y en la capacidad para regular e integrar otras conductas. Goldstein (1944) extendió la

capacidad del lóbulo frontal para incluir la “actitud abstracta”, iniciación y flexibilidad mental. Las primeras cuatro décadas del siglo XX, ofrecieron descripciones de las regiones prefrontales con un detalle preciso de la arquitectura cerebral. La Segunda Guerra Mundial dejó un gran número de personas con déficit focales y patología del lóbulo frontal, las cuales fueron extensamente estudiadas. Luria (1966, 1969) relacionó la actividad de los lóbulos prefrontales con la programación de la conducta motora, inhibición de respuestas inmediatas, abstracción, solución de problemas, regulación verbal de la conducta, reorientación de la conducta de acuerdo a las consecuencias conductuales, integración temporal de la conducta, integridad de la personalidad y consciencia. Durante la década de 1970, 1980 y 1990, se dedicaron varios libros al análisis de la corteza prefrontal (e.g., Fuster, 1989; Levin et al., 1991; Miller & Cummings, 1998; Perecman, 1987; Pribram & Luria, 1973; Roberts, Robbins, & Weiskrantz, 1998; Stuss & Benson, 1986). Inicialmente se pensaba que el “lóbulo frontal” y la “corteza prefrontal” eran sinónimos del déficit ejecutivo.

Posteriormente, se hizo evidente que el “síndrome prefrontal” y las “funciones ejecutivas” no son sinónimos. La corteza prefrontal juega un papel clave de monitoreo en las funciones ejecutivas, pero también participan otras áreas del cerebro. Elliott (2003) define el funcionamiento ejecutivo como un proceso complejo que requiere la coordinación de varios subprocesos para lograr un objetivo particular. Los procesos frontales intactos, a pesar de no ser sinónimos del funcionamiento ejecutivo, son parte integral de esta función. Aunque los esfuerzos para localizar el funcionamiento ejecutivo en

áreas cerebrales frontales discretas no han sido concluyentes, el punto de vista actual es que la función ejecutiva es mediada por redes dinámicas y flexibles. Los estudios de neuroimagen han involucrado a regiones posteriores, corticales y subcorticales en el funcionamiento ejecutivo (Roberts, Robbins, & Weiskrantz, 2002).

Históricamente, Phineas Gage se ha convertido en el ejemplo clásico de la patología de lóbulo frontal y del trastorno de las funciones ejecutivas (Harlow, 1868). Phineas Gage era un capataz responsable en una línea de ferrocarril quien sufrió un trágico accidente en el que una barra de metal fue proyectada hacia su lóbulo frontal. Milagrosamente sobrevivió, pero después del accidente, fue descrito como “profano, irascible e irresponsable”. Se reportaron cambios de personalidad graves y de acuerdo con Harlow, comenzó a “comportarse como un animal”. El caso de Phineas Gage se cita generalmente como el ejemplo típico de alteraciones en las funciones ejecutivas. Sin embargo, es obvio que los trastornos presentados por Phineas Gage se situaban básicamente al nivel cognitivo/emocional, no al nivel puramente cognitivo (o metacognitivo). Se observaron los cambios conductuales externos -tal como suele encontrarse en la patología de lóbulo frontal-, pero las alteraciones puramente cognitivas no fueron documentadas, en parte debido a la falta de instrumentos de evaluación apropiados.

Frecuentemente, las funciones ejecutivas son analizadas utilizando diversas estrategias de investigación en condiciones experimentales, tales como solucionar diversos tipos de problemas, hallar semejanzas entre dos palabras, dar una respuesta que requiere la inhibición de otra, etc. Se crea un paradigma en el que se

requiere que los sujetos resuelvan la situación. Ante estos paradigmas se puede registrar simultáneamente la actividad del cerebro utilizando medidas eléctricas cerebrales o registrando el nivel de activación regional. Del mismo modo, las funciones ejecutivas son analizadas en pacientes con daño cerebral para hallar la contribución de diferentes sistemas cerebrales, esta última aproximación constituye el método neuropsicológico clásico. Sin embargo, raramente se analizan las funciones ejecutivas en condiciones ecológicas naturales. ¿Cómo resuelve la gente los problemas cotidianos? Esta es obviamente una pregunta crucial para comprender la conducta humana.

Las pruebas de funciones ejecutivas representan típicamente tareas externas, las cuales requieren la correcta aplicación de algunas habilidades intelectuales para resolverlas; por ejemplo, la prueba de Wisconsin, la Torre de Hanoi, o la prueba Stroop, representan tareas inusuales y desconocidas para los sujetos y que requieren nuevas estrategias de planeación, flexibilidad cognitiva, etc. Sin embargo, son tareas emocionalmente neutras.

Aunque las funciones ejecutivas dependen de redes extensas que incluyen diferentes áreas cerebrales, se asume que la corteza prefrontal juega un papel principal en el control y monitoreo. Más importante, la corteza prefrontal no solamente participa en las operaciones clásicamente reconocidas como ejecutivas (secuenciar, alternar, inhibir, etc.), sino también juega un papel fundamental en la coordinación de la cognición y la emoción. La corteza prefrontal ha sido vista como el centro para la integración entre las emociones y la cognición (Mitchell & Phillips, 2007).

La mayoría de las alteraciones reportadas en Phineas Gage (y en muchos casos de síndrome prefrontal) se refieren a alteraciones conductuales/emocionales; o más exactamente, alteraciones en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación. El lóbulo prefrontal presenta extensas conexiones con áreas subcorticales y del sistema límbico (Barbas, 2006; Damasio & Andersen, 1993) e incluso la parte orbital puede considerarse como una extensión del sistema límbico. De alguna manera, ninguna de las pruebas utilizadas en el laboratorio para evaluar funciones ejecutivas se enfoca en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación y en ese sentido, ninguna prueba de funciones ejecutivas tiene validez ecológica significativa. Una de las funciones principales del lóbulo prefrontal es controlar los impulsos provenientes del sistema límbico: hacer “socialmente aceptables” los impulsos límbicos. La inhabilidad de convertir en socialmente aceptables estas necesidades biológicas básicas, -como en el caso de Phineas Gage-, representa frecuentemente una alteración relevante en pacientes prefrontales. Por supuesto, todos quisiéramos golpear a alguien en un momento de frustración, tomar algo para nosotros cuando está disponible, quedarnos en casa en lugar de ir a trabajar y aproximarnos sexualmente a una potencial pareja sexual. Esto es exactamente lo que hacen muchos pacientes con patología de lóbulo frontal.

En consecuencia, hay dos habilidades de lóbulo prefrontal diferentes pero que están estrechamente relacionadas (e.g., Fuster, 2002; Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004):

(1) Solución de problemas, planeación, inhibición de respuestas, desarrollo e

implementación de estrategias y memoria de trabajo (estas son las funciones que generalmente se entienden como funciones ejecutivas, generalmente medidas a través de pruebas neuropsicológicas de funciones ejecutivas); estas son las habilidades más estrechamente relacionadas con el área dorsolateral de la corteza prefrontal (e.g., Stuss & Knight, 2002), y se puede hacer referencia a ellas como “funciones ejecutivas metacognitivas”.

(2) Coordinación de la cognición y la emoción. Se refiere a la habilidad de satisfacer los impulsos básicos siguiendo estrategias socialmente aceptables. En el último caso, lo que es más importante no necesariamente es el mejor resultado conceptual e intelectual, sino el resultado que va de acuerdo a los impulsos personales. En ese sentido, la función principal del lóbulo prefrontal es encontrar justificaciones aparentemente aceptables para los impulsos límbicos (los cuales constituyen las “funciones ejecutivas emocionales”). Sin duda, si las funciones ejecutivas metacognitivas fueran utilizadas en la solución de problemas sin involucrar impulsos límbicos, la mayoría de los problemas sociales que se presentan en todo el mundo habrían sido resueltos, porque el hombre contemporáneo posee recursos suficientes para solucionar la mayoría de los problemas más relevantes (tales como la pobreza y la guerra). En general, los conflictos humanos se reducirían. Las áreas ventromediales de la corteza prefrontal están involucradas en la expresión y control de las conductas instintivas y emocionales (Fuster, 1997, 2002).

Las observaciones directas sugieren que los problemas cotidianos usualmente poseen un contenido emocional: hablar con

un amigo, con el jefe o con el cónyuge; conducir por la calle; decidir cómo aproximarse a alguien, cómo gastar el dinero, etc. Estas acciones no son neutras emocionalmente, como si lo es la prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin o la Torre de Hanoi. Cuando se involucra a otras personas, no es fácil permanecer emocionalmente neutral. Las acciones sociales no son emocionalmente neutras, porque el poder/sumisión, los beneficios personales y diversas motivaciones biológicas están potencialmente involucrados. Probablemente a través de la evolución humana (durante los últimos 150,000 años) esa ha sido la principal aplicación de las funciones prefrontales: obtener y poder tener un papel dominante, conseguir comida y bienes para nosotros mismos, conseguir una pareja sexual, etc.

Estos dos tipos de funciones ejecutivas (“metacognitivas” y “emocionales”) dependen de áreas prefrontales relativamente diferentes, y de hecho, frecuentemente se distinguen dos variantes principales del síndrome prefrontal, uno que afecta mayormente a la cognición (o más bien, el control de la cognición, es decir, la “metacognición”); y otro que afecta especialmente a la conducta:

(1) *Síndrome orbitofrontal y medial*. El daño orbitofrontal ha sido asociado con la desinhibición, conductas inapropiadas, cambios en la personalidad, irritabilidad, labilidad emocional, poco tacto, y distractibilidad. Estos pacientes son incapaces de responder a claves sociales y atienden sólo a los estímulos presentes. Laiacón et al. (1989) señalaron que estos pacientes no presentan dificultades con tareas, tales como la clasificación de tarjetas. Eslinger y Damasio (1985) acuñaron el término “sociopatía adquirida”

para describir la alteración que conjuga tanto la falta de *insight* como la falta de remordimiento ligado a estas conductas. Esto refleja la naturaleza concreta de este tipo de trastorno. La corteza orbitofrontal parece estar unida predominantemente con estructuras límbicas y basales del cerebro anterior. El daño al lóbulo frontal medial causa apatía o abulia (una forma severa de apatía). Lesiones agudas bilaterales del área medial frontal pueden causar mutismo acinético, en el cual el individuo está despierto y presenta conciencia de sí mismo, pero no es capaz de iniciar acciones (Ross & Stewart, 1981). De acuerdo con Fuster (1997, 2002) las áreas ventromediales de la corteza prefrontal están involucradas en la expresión y control de las conductas emocionales e instintivas.

(2) *Síndrome dorsolateral*. Cummings (1993) señaló que el circuito dorsolateral es el más importante de las funciones ejecutivas. Los déficit más notables son la incapacidad de organizar una respuesta conductual ante un estímulo complejo o novedoso. Los síntomas son un continuo y reflejan la capacidad de cambiar los conjuntos cognitivos, aplicar estrategias existentes y organizar la información en forma tal que se ajuste a las demandas ambientales. Varios investigadores, incluyendo a Luria (1969), han descrito perseveraciones, conductas centradas en el estímulo, ecopraxia y ecolalia. La lateralización ha sido identificada en las alteraciones ejecutivas. Se ha señalado que las áreas ventrales y dorsales de la corteza prefrontal interactúan en el mantenimiento de la toma de decisiones de forma racional y “no riesgosa” (Manes et al., 2002). De acuerdo con Fuster (1997, 2002) la función ejecutiva más general de la corteza prefrontal lateral es la organización temporal de las acciones dirigidas hacia

una meta dentro del campo de la conducta, cognición y lenguaje.

Es evidente que estos dos síndromes prefrontales pueden tener dos manifestaciones clínicas completamente diferentes (metacognitivo y emocional) dependiendo de la localización específica del daño. Esta misma distinción ha sido propuesta por diferentes autores.

¿Hay algo especial en el cerebro humano?

La corteza prefrontal es una extensión de la corteza motora. No es difícil asumir que su función primaria se refiere a algún tipo de movimiento elaborado, o más bien, a una representación de movimientos. Durante mucho tiempo se ha asumido que la corteza prefrontal es significativamente más grande en los humanos que en cualquier otro primate (e.g., Blinkov & Glezer, 1968). Se ha supuesto que esta diferencia en volumen representa una razón importante para dar cuenta de las diferencias en las formas complejas de cognición (funciones ejecutivas).

Sin embargo, tal supuesto ha resultado ser incorrecto. Algunas mediciones del lóbulo prefrontal no han encontrado diferencias entre la corteza prefrontal humana y la de primates no humanos. Semendeferi, Damasio, Frank, y Van Hoesen (1997) y Semendeferi, Lu, Schenker, y Damasio (2002) midieron el volumen total del lóbulo frontal y de sus regiones principales (incluyendo la corteza y la materia blanca justo debajo de ésta) en humanos, chimpancés, gorilas, orangutanes, gibones y macacos, utilizando reconstrucciones cerebrales en tercera dimensión a partir de escaneos de resonancia magnética (RM). Aunque el volumen absoluto del cerebro y del lóbulo frontal fue más grande en los

humanos, el tamaño relativo del lóbulo frontal fue similar en todos los homínidos: macacos (28.1%), gibones (31.1%), orangutanes (35.3%), gorilas (32.4%), chimpancés (35.9%) y humanos (36.7%). Se encontró que los humanos no poseen un lóbulo frontal más grande que lo esperado en comparación con el cerebro de un primate. Más aún, el tamaño relativo de regiones del lóbulo frontal (dorsal, mesial y orbital) fue similar entre los primates estudiados. Los autores sugieren que las habilidades cognitivas especiales atribuidas a la ventaja frontal, pueden ser debidas a diferencias individuales en áreas corticales y a una interconexión más amplia, ninguna de las cuales requirió de un tamaño relativamente mayor del lóbulo frontal durante la evolución de los homínidos.

Schoenemann, Sheehan, y Glotzer (2005) encontró que una diferencia importante entre los humanos y otros primates era el volumen de la materia blanca. Utilizando RM de 11 especies de primates, los autores midieron el volumen de la materia gris, blanca y el volumen total del lóbulo prefrontal y de todo el cerebro en cada espécimen. En términos relativos, se encontró que la materia blanca prefrontal fue la mayor diferencia entre los humanos y los no humanos, mientras que la materia gris no mostró diferencias significativas. Una mayor interconexión cerebral puede representar entonces una característica crucial del cerebro humano. No obstante, hay que tener en mente que los humanos utilizados en este estudio fueron personas contemporáneas, procedentes de zonas urbanas, con niveles educativos altos, etc., no los sujetos humanos que vivían en las condiciones pre-históricas de hace 150,000 años.

Tentativamente se puede concluir que es dudoso que el tamaño de la corteza prefrontal de cuenta completamente de las funciones ejecutivas humanas. Otros factores deben ser considerados, tales como la conectividad (¿mayor estimulación?).

¿Existe alguna habilidad fundamental que explique las funciones ejecutivas?

Han existido desacuerdos alrededor de la unidad o diversidad de las funciones ejecutivas (e.g., De Frias, Dixon, & Strauss, 2006; Duncan, Emslie, Williams, Johnson, & Freer, 1996; Grafman, 2006; Kimberg, d'Esposito, & Farah, 1997; Parkin & Java, 1999). Sin embargo, no es evidente cuál podría ser ese factor unitario particular que satura las diferentes pruebas que miden funciones ejecutivas. La inhibición conductual ha sido considerada como un candidato potencial, ya que se ha identificado como único factor responsable del desempeño exitoso en varias pruebas de funciones ejecutivas (Barkley, 1997) o en combinación con la memoria de trabajo (Pennington & Ozonoff, 1996). Salthouse (1996, 2005) sugirió que el razonamiento y la velocidad perceptual representan un factor que subyace a todas las funciones ejecutivas. Salthouse (2005) observó que el desempeño en dos pruebas comunes de funciones ejecutivas, la prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin y la fluidez verbal, están fuertemente correlacionadas con la habilidad de razonamiento y de velocidad perceptual.

Otros autores ponen en duda la existencia de tal factor unitario. Godefroy, Cabaret, Petit-Chenal, Pruvo, y Rousseaux (1999) señala que ciertos pacientes frontales muestran un buen desempeño en algunas pruebas que evalúan funciones ejecutivas pero no en otras. La correlación entre

diferentes pruebas ejecutivas frecuentemente es de moderada a baja, y muchas veces carece de significancia estadística (Friedman et al., 2003; Lehto, 1996; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003).

Miyake, Friedman, Emerson, Witzky, y Howerter (2000) adoptan una posición intermedia. Estudiaron tres aspectos que a menudo se postulan como funciones ejecutivas (cambio, actualización, e inhibición) y concluyeron que a pesar de ser distinguibles entre sí, comparten un aspecto común. Basados en los resultados de su estudio, los autores postulan que las funciones ejecutivas son “constructos separados pero moderadamente correlacionados” sugiriendo que existen componentes unitarios y no unitarios en el sistema ejecutivo.

Otros autores han señalado diferentes subcomponentes de las funciones ejecutivas: volición, planeación, acción propositiva y desempeño efectivo (Lezak, 1983); control de la interferencia, flexibilidad, planeación estratégica y la habilidad de anticipar y comprometerse en actividades dirigidas hacia una meta (Denckla, 1994); manipulación concurrente de la información, flexibilidad cognitiva, formación de conceptos, y conducta dirigida por claves (Lafleche & Albert, 1995), control atencional, flexibilidad cognitiva, establecimiento de metas (Anderson, 2001); flexibilidad de pensamiento, inhibición, solución de problemas, planeación, control de impulsos, formación de conceptos, pensamiento abstracto y creatividad (Delis, Kaplan, & Kramer, 2001); planeación, iniciación, perseveración y alteración de las conductas dirigidas a una meta (Hobson & Leeds, 2001); formación de conceptos, razonamiento, flexibilidad cognitiva (Piguet et al., 2002); solución de problemas

novedosos, modificación de la conducta como resultado de nueva información, generar estrategias, secuenciar acciones complejas (Elliot, 2003). La mayoría de los subcomponentes en estas interpretaciones de las funciones ejecutivas se refieren exclusivamente al componente metacognitivo y no al componente conductual/emocional.

Se podría conjeturar que la “representación de las acciones” puede constituir al menos un factor básico de las funciones ejecutivas. Nos referiremos únicamente a la “representación de las acciones” y la “percepción del tiempo”, quizás derivada ambas de una sola habilidad central (¿secuenciación?).

Las funciones ejecutivas como internalización de las acciones

Parece evidente que la corteza prefrontal está involucrada en la representación de movimientos. Dos observaciones parecen obvias:

1. Observaciones anatómicas. La corteza prefrontal representa una extensión y evolución de las áreas motoras frontales. Se puede conjeturar que el lóbulo prefrontal participa en actividades motoras complejas y elaboradas.
2. Observaciones clínicas. Diversas alteraciones del control motor se observan en caso de patología prefrontal, tales como las perseveraciones, conductas de utilización, paratonia, reflejos primitivos, etc.

Varios autores han sugerido que el pensamiento, el razonamiento y otras formas de cognición compleja (metacognición) dependen de la

interiorización de las acciones. Se revisará la propuesta de Vigotsky de que el pensamiento (y en general, los procesos cognitivos complejos) están asociados con el lenguaje interno (Vygotsky, 1934/1962, 1934/1978); Vygotsky representa al autor más clásico que sugiere esta interpretación de la cognición compleja. Se hará una mención breve de un autor más reciente, Lieberman (2002a, 2002b) quien propone que el lenguaje, en particular, y la cognición, en general, surgen de secuencias complejas de actividades motoras.

Vygotsky (1934/1978) desarrolló el concepto de *organización extracortical de las funciones mentales superiores* para explicar la interacción de los factores biológicos y culturales en el desarrollo de la cognición humana. En este análisis de Vygotsky, “funciones mentales superiores” es más o menos el equivalente a lo que denominamos aquí como “funciones ejecutivas metacognitivas”. Un factor importante en la organización sistemática de los procesos cognitivos superiores es la inclusión de instrumentos externos (objetos, símbolos, signos), los cuales poseen una historia de evolución independiente dentro de cada cultura. Es este principio de construcción de los sistemas funcionales del cerebro humano a lo que Vygotsky llamó el principio de *organización extracortical de las funciones mentales superiores*, el cual implica que todos los tipos de actividad humana consciente se forman siempre con el apoyo de herramientas y ayudas externas. De acuerdo al concepto de *organización extracortical de las funciones mentales superiores* el papel de los instrumentos externos para establecer conexiones funcionales entre varios sistemas cerebrales es, en principio, universal. Sin

embargo, diferentes mediadores y recursos, o detalles pueden ser diferentes (e.g., la dirección de la escritura y el grado de correspondencia entre grafema y fonema; orientación por medio de mapas o por la conducta de las gaviotas, etc.); se pueden desarrollar y de hecho se desarrollan en diferentes culturas. Por tanto, el análisis de los procesos cognitivos debe, necesariamente tomar en cuenta estas diferencias transculturales (Kotik-Friedgut & Ardila, 2004).

La idea central de Vygotsky es que las formas de cognición superiores (“funciones cognitivas ejecutivas”) dependen de cierta mediación (lenguaje, escritura o alguna otra); los instrumentos usados para mediar estos procesos cognitivos complejos se desarrollan culturalmente. De acuerdo con Vygotsky, la invención (o descubrimiento) de estos instrumentos, resultarán en nuevos tipos de evolución (evolución cultural) que no requieren ningún cambio biológico adicional. Pensar, es interpretado como una actividad motora encubierta (“habla interna”).

Vygotsky asume que el pensamiento y el lenguaje interno se desarrollan de manera diferente e independiente partiendo de raíces genéticas distintas. Antes de los dos años de edad, el desarrollo del pensamiento y el lenguaje es separado. Convergen y se unen alrededor de los dos años de edad y el pensamiento a partir de este punto y en adelante es mediado por el lenguaje (pensamiento verbal). Como consecuencia, el lenguaje se vuelve el principal instrumento para la conceptualización y el pensamiento. De acuerdo con Vygotsky, el lenguaje se desarrolla primero como un habla comunicativo/social externa, después como un lenguaje egocéntrico y finalmente como

un lenguaje interno. La vocalización se vuelve innecesaria porque el niño “piensa” las palabras en lugar de pronunciarlas. El habla interna es para uno mismo; el habla social es para otros. Hay varias formas de lenguaje interno. Vygotsky consideraba que el desarrollo del pensamiento es determinado por el lenguaje. Mientras que en el habla social/externa el pensamiento está contenido en las palabras, en el habla interna las palabras se desvanecen conforme se desarrolla el pensamiento. El lenguaje externo es el proceso de convertir el pensamiento en palabras. El lenguaje interno es lo contrario, es convertir el habla en pensamiento. El habla interna, por ejemplo, sólo contiene predicados. Los sujetos son superfluos. Las palabras son usadas de manera económica. Una palabra en el habla interna puede estar tan llena de significado para el individuo que tomaría muchas palabras poder expresarlo con el habla externa.

Vygotsky separaba dos tipos de conceptos: espontáneos y científicos. Los conceptos espontáneos se desarrollan en paralelo junto con el lenguaje, mientras que los conceptos científicos son los que se aprenden en la escuela. Los niños desarrollan progresivamente conciencia reflexiva a través del desarrollo de los conceptos científicos. La escuela está íntimamente relacionada con el aprendizaje de un nuevo instrumento conceptual: la lectura. El lenguaje escrito es una extensión del lenguaje oral y representa la forma más elaborada del lenguaje.

El significado de las palabras representa la unidad más pequeña del pensamiento y del lenguaje. Estos significados cambian a lo largo de la vida, dependiendo de las experiencias personales. El significado de las palabras es sólo una parte del sentido

completo de la palabra. El sentido de la palabra es la suma de todos los eventos psicológicos (experiencias, contexto, emociones, etc.) que surgen en nuestra conciencia. Luria extendió las ideas de Vygotsky y trató de encontrar los correlatos neurológicos de los diferentes componentes de los procesos cognitivos. Estableció claramente que las funciones mentales son *“...sociales en su origen y complejas y jerarquizadas en su estructura y todas ellas están basadas en un sistema complejo de métodos y medios...”* (Luria, 1973; pp. 30).

En resumen, Vygotsky argumentó que los procesos psicológicos complejos (funciones ejecutivas metacognitivas) derivan de la internalización del lenguaje. El pensamiento se basa en el desarrollo de un instrumento (el lenguaje o cualquier otro), el cual representa un producto cultural.

Lieberman (2002a, 2002b) se refiere específicamente a los orígenes del lenguaje. Postula que los circuitos neuronales que unen la actividad de poblaciones de neuronas separadas en estructuras subcorticales y en la neocorteza a través de todo el cerebro humano, son las que regulan las conductas complejas como caminar, hablar y comprender el significado de las oraciones. El sustrato neuronal que regulaba el control motor (ganglios basales, cerebelo, corteza frontal) en el ancestro común de los simios y el hombre, probablemente se modificó para permitir la habilidad cognitiva y lingüística. Es decir, la actividad motora es el punto de partida para la cognición. El habla comunicativa jugó un papel central en este proceso. Las bases neuronales de la habilidad lingüística humana son complejas e involucran otras áreas, además del área de Broca y Wernicke. Otras áreas corticales y estructuras subcorticales forman parte de

los circuitos neuronales implicados en el léxico, producción y percepción del lenguaje y la sintaxis. Los ganglios basales subcorticales apoyan a los circuitos corticales-estriatales-corticales para regular la producción del habla, la sintaxis compleja y la adquisición de patrones motores y cognitivos que subyacen a la producción del lenguaje y la sintaxis. Probablemente están involucrados en el aprendizaje de referentes semánticos y patrones de sonidos que son identificados como palabras en el diccionario cerebral.

El cerebelo y la corteza prefrontal también están involucrados en el aprendizaje de actos motores. Las regiones frontales de la corteza están implicadas en prácticamente todos los actos cognitivos y en la adquisición de criterios cognitivos; las regiones corticales posteriores son elementos claramente activos del diccionario cerebral. La corteza del cíngulo anterior participa virtualmente en todos los aspectos del lenguaje y del habla. El conocimiento real de las palabras parece reflejar el conocimiento conceptual almacenado en regiones cerebrales que tradicionalmente han sido asociadas con la percepción visual y el control motor.

Algunos aspectos de la habilidad lingüística humana, tales como la estructura conceptual básica de las palabras y la sintaxis simple, son filogenéticamente primitivas y probablemente estuvieron presentes en los primeros homínidos. La producción del lenguaje, la sintaxis compleja y un amplio vocabulario se desarrollaron en el curso de la evolución de los homínidos. La capacidad de lenguaje, que permite una sólida comunicación vocal, es probablemente una característica del humano moderno.

Estos dos autores (Vygotsky y Lieberman), aunque utilizan dos aproximaciones diferentes, han postulado que tanto el desarrollo del lenguaje, como el de la cognición compleja están relacionados con algunos programas motores, secuenciación, internalización de acciones y otros procesos similares.

Conceptualización del tiempo como resultado de la representación espacial: observaciones lingüísticas

La habilidad de integrar actividades a través del tiempo y el espacio puede representar una característica fundamental de las funciones ejecutivas (Fuster, 1997, 2002). La planeación exitosa requiere de la habilidad de secuenciar una serie de actividades en un orden específico.

Sin duda, la representación del tiempo en el lenguaje (cómo se expresa el tiempo en palabras) deriva de las representaciones espaciales (cómo se representa el espacio en palabras). Los elementos básicos de la temporalidad son “antes” y “después”, en relación a “ahora”; es decir, una secuencia de tres momentos (adverbios de tiempo): pasado (antes), presente (ahora) y futuro (después), dependiendo de tres localizaciones espaciales. El tiempo se deriva de la percepción del cambio de A a B: el animal (u otro objeto) estaba en la posición A y ahora está en la posición B. Obviamente esto requiere de la memoria de trabajo. En otras palabras, hay una secuenciación de actividades. La causalidad es el resultado de esta secuencia. Cuando dos eventos están en una secuencia, se asume causalidad. Esta interpretación de la causalidad fue propuesta hace tiempo por Hume (Smith, 1941).

Aquí hay algunos ejemplos para ilustrar que la interpretación del tiempo deriva de la interpretación espacial, tomados del español y el inglés.

En español:

Antes, está obviamente relacionado con “ante” (enfrente de) y “delante” (en la parte anterior). *Adelante*, es lo que está situado antes, enfrente. *Antes*, en otras palabras, simplemente significa que espacialmente está situado enfrente; por extensión, también significa que ocurrió antes.

Después, significa “posteriormente” en lugar; y también “posteriormente en tiempo” (Real Academia Española, 2001). En español la palabra *después* posee un significado espacial y temporal.

En español, el tiempo pasado se refiere al lugar donde alguien ha estado, posee un significado básicamente espacial. La palabra “ahora” se refiere a “este momento” (a esta hora); es interesante que en otras lenguas “ahora” se exprese igual; por ejemplo, en ruso, *-seichas-* también se forma con las palabras “en este momento (esta hora).”

Anterior (enfrente de) y **posterior** (atrás de), al igual que en inglés, poseen un significado tanto espacial como temporal.

En inglés:

After, significa tanto “atrás de un lugar” y “atrás en tiempo” (Webster’s New World, 2000). Es decir, la misma palabra contiene un significado espacial y temporal. Supuestamente el significado espacial es el significado básico y original.

Before, significa “adelante, enfrente de, delante, en el pasado, previamente” (Webster’s New World, 2000). También posee un significado espacial y temporal.

Es decir, la secuencia básica temporal contiene tres elementos espaciales: *Antes* (enfrente) – *Ahora* (en este momento) – *Atrás* (posterior).

El tiempo es conceptualizado como espacio, o más bien, como una secuencia o movimiento: de la posición uno (el animal u objeto estaba en una posición) a la posición dos (el animal u objeto se movió a la posición dos). Es comprensible que necesitemos representar el tiempo de manera similar a la que representamos el espacio. Como únicamente nos movemos en un espacio bidireccional, la representación del tiempo debe ser horizontal. *¡El tiempo se representa siempre de manera horizontal, en el eje de las X!* Nunca de manera vertical, en el eje de las Y. Al revisar gráficas que incluyen una dimensión temporal, es evidente que el tiempo **siempre** se representa en el eje de las X, es decir en el plano horizontal. Interesantemente, cuando se requiere organizar una secuencia de eventos de manera vertical, la tarea se vuelve muy difícil. Ryan, Tree, y Miller (2004) compararon los puntajes de la subprueba de ordenamiento de dibujos del WAIS-III a través de la administración estandarizada (horizontal) o a través de la administración vertical (de arriba hacia abajo). Con la administración estandarizada se obtuvieron significativamente mayores puntajes que con la administración vertical. Es decir, las secuencias temporales deben ser representadas horizontalmente.

De este modo, la conceptualización del tiempo comienza con la representación de un objeto que puede ser colocado en dos posiciones espaciales diferentes: posición A y posición B. Una persona (un animal u objeto) estaba inicialmente en una posición espacial y después se encuentra en una

posición espacial diferente. Por tanto, hay movimiento, un cambio. Comprender el tiempo supone comprensión- y representación- del movimiento. Se puede especular que la comprensión del tiempo supone una representación interna del movimiento de los objetos. En consecuencia, la conceptualización del tiempo requiere de la representación interna de las acciones. Una función básica de la corteza prefrontal puede ser la de representar acciones. Esto puede representar el punto de partida para el pensamiento, el lenguaje interno y la conceptualización temporal.

Se ha propuesto que la cognición espacial pudo haber evolucionado en paralelo con la evolución cultural y las demandas ecológicas. La capacidad para representar elementos y acciones en el espacio podría subyacer a varias habilidades. El hombre contemporáneo puede estar utilizando estas habilidades espaciales en nuevas tareas conceptuales que no existían en tiempo prehistóricos, tales como las matemáticas, la lectura, la escritura, la mecánica, la música, etc. (Ardila, 1993). La secuencia de acciones puede ser el origen de la temporalidad y el pensamiento.

Las funciones ejecutivas en el hombre prehistórico

Algunos estudios recientes se han aproximado a la cuestión de la evolución de la corteza prefrontal (Risberg, 2006; Roth & Dicke, 2005; Winterer & Goldman, 2003). Usualmente se acepta que el *Homo sapiens* apareció hace unos 150, 000 años, y durante este tiempo, la evolución de su cerebro ha sido mínima. Esto significa que los humanos que existían hace 150,000 años tenían básicamente la misma organización neurológica que el hombre contemporáneo, incluyendo los

fundamentos biológicos de las funciones ejecutivas.

¿Cómo fueron utilizadas las funciones ejecutivas por el hombre prehistórico? Algunos artículos se han enfocado en esta pregunta (e.g., Bednarik, 1994, 2003; Coolidge & Wynn, 2001, 2005; Sugarman, 2002; Wayne, 2006).

Coolidge y Wynn (2001) asumen que es posible comparar muchas de las características de las funciones ejecutivas con actividades reconstruidas a partir de evidencia arqueológica. Se analiza la aplicación potencial de varias funciones ejecutivas: (1) Memoria secuencial, en donde la producción y uso de proyectiles hechos de hueso es un marcador potencial. El producto final depende de una serie de acciones secuenciadas. Es una tecnología de múltiples pasos. (2) Tareas de inhibición, en las que algunas acciones y gratificaciones son demoradas, son más difíciles de identificar arqueológicamente. La agricultura requiere de tal inhibición. Ayudas como las trampas, que funcionan ocasionalmente, son tecnologías de inhibición y probablemente estuvieron presentes en el mesolítico europeo. Los ejemplos del paleolítico son menos convincentes. Frederick considera que nada del paleolítico medio requeriría de tareas de inhibición. (3) La organización y planeación, es otra función ejecutiva básica que probablemente fue requerida para actividades tales como la migración y colonización.

Coolidge y Wynn (2001) concluyen que los registros arqueológicos apoyan la hipótesis que las funciones ejecutivas son una adquisición crítica y tardía en la evolución cognitiva humana. Mithen (1994, 1996) ha propuesto la accesibilidad a módulos mentales como el detonador de la cultura

humana en la era de la transición del paleolítico medio/superior, hace alrededor de 60,000 a 30,000 años. Identificó estos módulos mentales como inteligencia general, inteligencia social, inteligencia histórica natural, inteligencia técnica y lenguaje.

Se puede especular que la habilidad para resolver algunos problemas del ambiente tiene que ser descubiertos por cada generación y no puede ser transmitida a menos que exista una herramienta de transmisión (e.g., el lenguaje). El punto crucial en el origen de las funciones ejecutivas es la posibilidad de transmitir y acumular progresivamente el conocimiento acerca del mundo.

Las funciones ejecutivas como un producto cultural

No existe entonces evidencia convincente de que el hombre del paleolítico haya utilizado funciones ejecutivas (Coolidge & Wynn, 2001), comprendidas como “la habilidad para planear...etc.” (primera interpretación de las funciones ejecutivas). Durante miles de años probablemente las habilidades prefrontales fueron usadas exclusivamente para satisfacer los impulsos básicos de acuerdo a estrategias socialmente aceptables (jerarquía en el grupo, etc.).

¿Cuáles son las claves del desarrollo cultural y cómo fueron creadas? Se puede conjeturar que algunas invenciones fueron cruciales para impulsar la evolución cultural (e.g., Vygotsky, 1934/1962). Por ejemplo, se ha postulado que la fluidez cognitiva es un requisito básico para ejecutar actividades humanas complejas (Gardner, 1983). El lenguaje puede ser considerado como el elemento crucial que impulsó el desarrollo de la evolución cultural. El

lenguaje permite la transmisión del conocimiento. Sin él, los niños pueden aprender de los padres por imitación, pero este aspecto se limita a algunas actividades muy elementales, tales como hacer un hacha de piedra. El lenguaje es el principal instrumento para representar al mundo y para el pensamiento (Vygotsky, 1934/1978). Obviamente el desarrollo del lenguaje fue un proceso lento que tomó miles de años, pero el elemento crítico del lenguaje humano es el uso de la gramática, la cual probablemente apareció hace unos 50,000 años. Probablemente, el hombre de Neandertal no poseía un lenguaje con gramática y de acuerdo a la evidencia arqueológica, no utilizaba funciones ejecutivas. El lenguaje gramatical pudo haberse desarrollado de la internalización de las acciones (Ardila, 2006).

El lenguaje escrito representa una extensión del lenguaje oral. La escritura apareció hace apenas 6,000-8,000 años y su difusión ha sido tan lenta que aún hoy en día cerca del 20% de la población mundial es analfabeta (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2007). El desempeño en pruebas que evalúan funciones ejecutivas está correlacionado significativamente con el nivel educativo (e.g., Ardilla, Ostrosky-Solis, Rosselli, & Gomez, 2000; Ardila & Rosselli, 2007; Ardila, Rosselli, & Rosas, 1989; Ostrosky, Ardila, Rosselli, Lopez, & Mendoza, 1998; Reis & Castro-Caldas, 1997; Rosselli, Ardila, & Rosas, 1990). Por ejemplo, Gómez-Pérez y Ostrosky-Solís (2006) observaron que mientras las pruebas de memoria son sensibles al envejecimiento, las pruebas relacionadas con funciones ejecutivas son más sensibles especialmente al nivel educativo. Se puede argumentar que los analfabetas poseen

funciones ejecutivas básicas (e.g., habilidad de representar acciones internamente) pero carecen de un instrumento importante para organizar las funciones ejecutivas.

Conclusiones tentativas

El análisis de las funciones ejecutivas representa una de las preguntas más estudiadas en las neurociencias contemporáneas. El énfasis en el razonamiento, habilidades de abstracción, anticipación de las consecuencias de la conducta y habilidades similares, ha contribuido a la idea errónea de que la conducta humana está guiada por la racionalidad. La historia humana evidentemente contradice esta idea.

Esta interpretación de la conducta humana está unida a la suposición de que el cerebro humano es único y “superior” al cerebro de otras especies. Nos referimos a nuestra especie como “hombre sabio” (*Homo sapiens*). Al analizar las funciones ejecutivas, tenemos que concluir que existen dos tipos diferentes de estas funciones; metacognitivas y emocionales, las cuales dependen de sistemas cerebrales diferentes. Se puede argumentar que sólo el primer tipo de funciones puede ser considerada como función ejecutiva; sin embargo, usualmente ambos tipos son considerados dentro de la mayoría de definiciones de funciones ejecutivas, asumiendo cierta unidad.

La evaluación actual de las funciones ejecutivas se ha centrado en la abstracción, solución de problemas y habilidades metacognitivas similares. Cuando las situaciones sociales y las motivaciones biológicas están involucradas, la habilidad para solucionar problemas de manera racional parece disminuir de manera

significativa. Las estrategias actuales de evaluación de las funciones ejecutivas presentan limitaciones importantes en su validez ecológica.

El análisis arqueológico ha descubierto sólo algunas evidencias del uso de funciones metacognitivas en el hombre prehistórico. Concluimos que las habilidades metacognitivas representan una adquisición humana reciente, no dependiente de cambios biológicos recientes. Se ha sugerido que el desarrollo de algunos instrumentos culturales, resultaron en un nuevo tipo de evolución. El lenguaje no sólo permite conceptualizar la experiencia inmediata, sino también, gracias a su capacidad de transmitir conocimiento, ha sido propuesto como el principal instrumento cultural de metacognición. La complejidad del lenguaje ha incrementado históricamente con el desarrollo del lenguaje escrito. Sin duda alguna, otros instrumentos culturales también han contribuido al desarrollo de habilidades metacognitivas; por ejemplo, las matemáticas, el dibujo y la tecnología (de la rueda a las computadoras). Las normas sociales (dadas por la ética, el sistema legal, las tradiciones culturales, etc.), también representan instrumentos importantes para las funciones ejecutivas metacognitivas.

Referencias

- Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: Biological, psychological, and developmental considerations. *Developmental Neuropsychology*, 4, 119-136.
- Ardila, A. (1993). Historical evolution of spatial abilities. *Behavioral Neurology*, 6, 83-88.
- Ardila, A. (2006). Orígenes del lenguaje: un análisis desde la perspectiva de las afasias. *Revista de Neurología*, 43, 690-698.
- Ardila, A., Ostrosky-Solis, F., Rosselli, M., & Gomez, C. (2000). Age related cognitive decline during normal aging: The complex effect of education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15, 495-514.
- Ardila, A., Rosselli, M., & Rosas, P. (1989). Neuropsychological assessment in illiterates: Visuospatial and memory abilities. *Brain and Cognition*, 11, 147-166.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clínica*. Mexico: Manual Moderno.
- Ardila, A., & Surloff, C. (2007). *Dysexecutive syndromes*. San Diego: Medlink: Neurology.
- Baddeley A. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Barbas, H. (2006). Organization of the principal pathways of prefrontal lateral, medial, and orbitofrontal cortices primates and implications for their collaborative interaction in executive functions. En J. Risberg, & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp.21-68). Cambridge: Cambridge University Press.
- Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford Press.
- Bednarik, R. G. (1994). Art origins. *Anthropos*, 89, 169-180.

- Bednarik, R. G. (2003). The earliest evidence of palaeoart. *Rock Art Research*, 20, 89-135.
- Blinkov, S. M., & Glezer, I. I. (1968). *Das Zentralnervensystem in Zahlen und Tabellen*. Jena: Fischer.
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. (2001). Executive Functions of the Frontal Lobes and the Evolutionary Ascendancy of Homo Sapiens. *Cambridge Archaeological Journal*, 11, 255-260.
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. (2005). Working Memory, its Executive Functions, and the Emergence of Modern Thinking. *Cambridge Archaeological Journal*, 15, 5-26.
- Cummings, J. L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*, 50, 873-880.
- Damasio, A., & Anderson, S. W. (1993). The frontal lobes. En K. M. Heilman, & E. Valenstein (Eds.), *Clinical neuropsychology* (4a. ed., pp. 401-446). New York: Oxford University Press.
- De Frias, C., Dixon, R., & Strauss, E. (2006). Structure of four executive functioning tests in healthy older adults. *Neuropsychology*, 20, 206-214.
- Delis, D., Kaplan, E., & Kramer, N. (2001). *Delis-Kaplan Executive Function System*. Psychological Assessment Resources, Inc.
- Denckla, M. B. (1994). Measurement of executive function. En G. R. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities: new views on measurement issues* (pp.117-142). Baltimore, MD: Paul H Brooks.
- Denckla, M. B. (1996). A theory and model of executive function: a neuropsychological perspective. En G. R. Lyon, & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory and executive function* (pp. 263-77). Baltimore, MD: Paul H Brooks.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 125-129.
- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R., & Freer, C. (1996) Intelligence and the frontal lobes: the organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30, 257-303.
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49-59.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Feuchtwanger, E. (1923). *Die Funktionen des Stirnhirns*. Berlin: Springer.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172-179.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex*. New York: Raven Press.
- Fuster, J. M. (1997). *The prefrontal cortex-anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. Philadelphia: Lippincott-Raven.

- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J.P., & Rousseaux, M. (1999). Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system? *Cortex*, 35, 1-20.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain*. New York: Oxford University Press.
- Goldstein, K. (1944). The mental changes due to frontal lobe damage. *Journal of Psychology*, 17, 187-208.
- Gómez-Pérez, E., & Ostrosky-Solís, F. (2006). Attention and memory evaluation across the life span: heterogeneous effects of age and education. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 477-494.
- Grafman, J. (2006). Human prefrontal cortex: processes and representations. En J. Risberg, & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp. 69-91). Cambridge: Cambridge University Press.
- Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: current themes and future directions. *Brain and Cognition*, 55, 1-10.
- Harlow, J. M. (1868). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Massachusetts Medical Society Publications*, 2, 327-346.
- Hobson, P., & Leeds, L. (2001) Executive functioning in older people. *Reviews in Clinical Gerontology*, 11, 361-372.
- Kimberg, D., D'Esposito, M., & Farah, M. (1997). Cognitive functions in the prefrontal cortex-working memory and executive control. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 185-192.
- Kotik-Friedgut, B., & Ardila, A. (2004). Systemic-dynamic Lurian theory and contemporary cross-cultural neuropsychology. En T. Akhutina, L. Moskovich, & T. Dorothy (Eds.), *A.R. Luria and contemporary psychology*. (pp. 55-61). New York: Nova Science Publishers.
- Laiacina, M., De Santis, A., Barbarotto, R., Basso, A., Spagnoli, D., & Capitani, E. (1989). Neuropsychological follow-up of patients operated for aneurysms of anterior communicating artery. *Cortex*, 25, 261-273.
- Lafleche, G., & Albert, M. (1995). Executive function deficits in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 9, 313-320.
- Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 29-50.
- Levin, H. S., Eisenberg, H. M., & Benton, A. L. (1991). *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2a. ed.). New York: Oxford University Press.

Lieberman, P. (2002a). *Human language and our reptilian brain*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lieberman, P. (2002b). On the nature and evolution of the neural bases of human language. *Yearbook of Physical Anthropology*, 45, 36-62.

Luria, A. R. (1966). *Human brain and psychological processes*. New York: Harper & Row.

Luria, A. R. (1969). Frontal lobe syndromes. En P. J. Vinken, & G. W. Bruyn (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 2, pp. 725-757). Amsterdam: North Holland.

Luria, A. R. (1973). *The working brain*. London: Penguin books.

Luria, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man* (2a. ed.). New York: Basic

Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., Aitken, M., & Robbins T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 125, 624-39.

Miller, B. L., & Cummings, J. L. (1998). *The human frontal lobes: Functions and disorders*. New York: The Guilford Press.

Mitchell, R. L., & Phillips, L. H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia*, 45, 617-629.

Mithen, S. (1994). From domain specific to generalized intelligence: A cognitive interpretation of the Middle/Upper Palaeolithic transition. En C. Renfrew, & E. B. W. Zubrow (Eds.), *The ancient mind: Elements of cognitive archaeology* (pp. 29-39). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Mithen, S. (1996). *The prehistory of the mind*. London: Thames and Hudson.

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., & Howerter, A. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.

Ostrosky, F., Ardila, A., Rosselli, M. Lopez, G., & Mendoza, V. (1998). Neuropsychological test performance in illiterates. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 645-660.

Parkin, A., & Java, R. (1999). Deterioration of frontal lobe function in normal aging: Influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology*, 13, 539-545.

Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 51-87.

Perecman, E. (Ed). (1987). *The frontal lobes revisited*. New York: The IRBN Press.

Piguet, O., Grayson, G., Browe, A., Tate, H., Lye, T., Creasey, H., & Ridley, L. (2002). Normal Aging and Executive Functions in "Old-old" Community Dwellers: Poor performance is not an inevitable outcome.

International Psychogeriatric Association, 14, 139-159.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Recuperado Abril, 2007, de http://portal.unesco.org/education/en/ev.phpURL_ID=12874&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

Pribam K. H., & Luria, A. R. (Eds.). (1973). *Psychophysiology of the frontal lobes*. New York: Academic Press.

Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua Española* (22^a ed.). Madrid: Espasa.

Reis, A., & Castro-Caldas, A. (1997). Illiteracy: A cause for biased cognitive development. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5, 444-450.

Risberg, J. (2006). Evolutionary aspects of the frontal lobes. En J. Risberg, & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp. 1-20). Cambridge: Cambridge University Press.

Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (1998). *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions*. Oxford: Oxford University Press.

Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (2002). *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions* (2a. ed.). Oxford: Oxford University Press

Ross, E. D., & Stewart, R. M. (1981). Akinetic mutism from hypothalamic damage: successful treatment with dopamine agonists. *Neurology*, 31, 1435-1439.

Rosselli, M., Ardila, A., & Rosas, P. (1990). Neuropsychological assessment in illiterates II: Language and praxic abilities. *Brain and Cognition*, 12, 281-296.

Roth, G., & Dicke, U. (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 250-257.

Ryan, J. J., Tree, H. A., & Miller, L. J. (2004). Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition Picture Arrangement subtest: impact of vertical administration. *Applied Neuropsychology*, 11, 215-217.

Salthouse, T. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.

Salthouse, T. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, 19, 532-545.

Salthouse, T., Atkinson, T., & Berish, D. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566-594.

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

Semendeferi, K., Damasio, H., Frank, R., & Van Hoesen, G. W. (1997). The evolution of the frontal lobes: a volumetric analysis based on three-dimensional reconstructions of magnetic resonance scans of human and ape brains. *Journal of Human Evolution*, 32, 375-388.

Semendeferi, K., Lu, A., Schenker, N., & Damasio, H. (2002). Humans and great apes share a large frontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 272-276.

Smith, N. K. (1941). *The philosophy of David Hume*. Macmillan.

Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.

Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.

Sugarman, R. (2002). Evolution and executive functions: Why our toolboxes are empty? *Revista Española de Neuropsicología*, 4, 351-377.

Vygotsky, L. S. (1934/1962). *Thought and*

language. Cambridge, MA: MIT Press.

Vygotsky, L. S. (1934/1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wayne, C. (2006). The evolutionary origins of volition. En D. Spurrett, H. Kincaid, D. Ross, & L. Stephens (Eds.), *Distributed cognition and the will: Individual volition and social context*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Webster's new world college dictionary. (2000). (3a. ed.). Cleveland: IDG Books Worldwide, Inc.

Winterer, G., & Goldman D. (2003). Genetics of human prefrontal function. *Brain Research: Brain Research Review*, 43, 134-163.

L

Las Funciones Ejecutivas a través de la Vida

Mónica Rosselli

Departamento de Psicología
Florida Atlantic University,
Davie, Florida EEUU

María Beatriz Jurado

Departamento de Psicología
Florida Atlantic University,
Davie, Florida EEUU

Esmeralda Matute

Instituto de Neurociencias,
Universidad de Guadalajara
Guadalajara, México

Correspondencia: Mónica Rosselli, Ph. D.
Departamento de Psicología, Florida Atlantic
University, 2912 College Avenue, Davie,
Florida 33314, EEUU. Correo electrónico:
mrossell@fau.edu

Resumen

Las funciones ejecutivas incluyen un grupo de habilidades cognitivas cuyo objetivo principal es facilitar la adaptación del individuo a situaciones nuevas y complejas yendo más allá de conductas habituales y automáticas. Una gran variedad de destrezas han sido incluidas dentro de las llamadas funciones ejecutivas tales como la capacidad para establecer metas, el desarrollo de planes de acción, la flexibilidad de pensamiento, la inhibición de respuestas automáticas, la autorregulación del comportamiento, y la fluidez verbal. En este artículo se revisa el desarrollo de las funciones ejecutivas en el niño iniciando por el periodo de lactancia y continuando hasta la adultez. Igualmente se examinan los cambios de estas habilidades cognitivas durante la senectud ya que son particularmente sensibles al proceso de envejecimiento.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, lóbulo frontal, desarrollo, flexibilidad, atención, planeación, niños, envejecimiento.

Summary

Executive functions include a group of cognitive abilities that aim to help the individual adapt to new and complex situations. A variety of skills are included among the executive functions such as abilities of goal formation, carrying out goal-directed plans, cognitive flexibility, inhibitory control, self-monitoring, and verbal fluency. This article aims at reviewing the development of executive functions from infancy to adulthood. The age-related decline of executive functions is also examined as executive skills are particularly sensitive to the aging process.

Key words: Executive functions, frontal lobe, development, flexibility, attention, planning, children, aging.

Introducción

Las funciones ejecutivas incluyen un grupo de habilidades cognoscitivas cuyo objetivo principal es facilitar la adaptación del individuo a situaciones nuevas y complejas yendo más allá de conductas habituales y automáticas (Collette, Hogge, Salmon, & van der Linden, 2006). Una gran variedad de destrezas han sido incluidas dentro de las llamadas funciones ejecutivas tales como la capacidad para establecer metas, el desarrollo de planes de acción, la flexibilidad de pensamiento, la inhibición de respuestas automáticas, la autorregulación del comportamiento, y la fluidez verbal (Anderson, 2002, Fisk & Sharp, 2004; Lezak, 1983; Rosselli, Ardila, Lopera, & Pineda, 1997). Las funciones ejecutivas parecen ser indispensables para el logro de metas escolares (Melzter & Krishnan, 2007) y laborales (Crépeau, Scherzer, Belleville, & Desmarais, 1997) ya que coordinan y organizan procesos cognoscitivos básicos, como son la memoria y la percepción (Welsh, 2002) requeridos para un comportamiento propositivo. Es por eso que la alteración de estas funciones puede limitar la capacidad del individuo para mantener una vida independiente y productiva, aún si otras habilidades cognoscitivas se encuentren intactas (Lezak, 1983).

Las funciones ejecutivas han sido conceptualizadas por algunos autores como de naturaleza unitaria es decir que tienen un tronco común y están estrechamente relacionadas entre si (Rodríguez-Aranda & Sudnet, 2006). Siguiendo esta misma línea,

Salthouse (2005) sostiene que las habilidades de razonamiento y rapidez perceptual actúan como funciones básicas para cualquier otro tipo de tarea ejecutiva. Sin embargo, esta posición unitaria ha sido debatida por otros autores dada la numerosa lista de habilidades parcialmente interrelacionadas que se incluyen dentro de las funciones ejecutivas. Así por ejemplo, Godefroy, Cabaret, Petit-Chenal, Pruvo, & Rousseaux (1999) proponen que las funciones ejecutivas son claramente fragmentables. Es poco probable que la capacidad para realizar tareas ejecutivas requiera de una sola habilidad cognoscitiva de base. De hecho se ha observado que los pacientes con lesiones frontales presentan un buen rendimiento en unas pruebas ejecutivas mientras que fracasan en otras (Godefroy et al., 1999). De la misma manera, varios estudios encuentran una baja correlación (alrededor de .40) entre diversas pruebas ejecutivas (Lehto, 1996; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003) y es por eso que se ha concluido que las funciones ejecutivas corresponden a constructos independientes pero moderadamente relacionados (Miyake et al., 2000).

Otra polémica asociada a la definición de “funciones ejecutivas” es su asociación con la capacidad cognoscitiva general. Algunos autores proponen una correlación estrecha entre las dos (Duncan, 2005; Salthouse et al., 2003), mientras que otros consideran que la capacidad intelectual general o factor “g” de inteligencia no constituye la base de las funciones ejecutivas (Ardila, Pineda, & Rosselli, 2000; Welsh, Pennington, & Groisser, 1991).

Las funciones ejecutivas tienen sus bases neuronales en los lóbulos frontales y su

estudio nació de la observación de los cambios conductuales en pacientes con lesiones en este lóbulo cerebral. Estos pacientes presentan entre otras cosas dificultades atencionales, reducción en el autocontrol, y cambios en las habilidades de planeación y organización (Goldberg, 2001; Lezak, Howieson, & Loring, 2004; Stuss & Benson, 1986).

El desarrollo de las funciones ejecutivas en el niño

El desarrollo de las funciones ejecutivas inicia temprano, durante la lactancia y se prolonga durante muchos años, incluso hasta la adultez. De hecho, se considera que son las funciones que tardan más tiempo en desarrollarse. Durante los primeros años de vida, el niño parece vivir en un tiempo presente con reacciones solamente a estímulos que se encuentran en su alrededor inmediato, y es posteriormente cuando, es capaz de representar estímulos del pasado, planear el futuro, y representar un problema desde distintas perspectivas que le permite escoger soluciones apropiadas (Zelazo, Crack, & Booth, 2004). Esta capacidad para planear y solucionar problemas constituye probablemente el inicio de las funciones ejecutivas. La emergencia de las funciones ejecutivas es evidente entonces, cuando el niño da muestras de tener la capacidad para controlar la conducta usando información previa y progresivamente se van optimizando con la interlocución de por una parte la maduración cerebral y por la otra, la estimulación ambiental. Dicho con mayor precisión, existe evidencia del desarrollo de la función ejecutiva durante el primer año de vida. Tomemos como ejemplo el recurso Piagetano para estudiar el conocimiento que el lactante tiene de que un objeto permanece aun cuando es

removido de su vista. Se ha encontrado que es hacia los cinco meses de edad cuando el bebé sabe que un juguete continúa existiendo aún cuando está fuera de su vista; sin embargo, es a partir de los 9 meses de edad aproximadamente que buscará de manera activa el juguete (Baillargeon, Spelke, & Wasserman, 1985). Es en este momento, cuando se observa que el lactante puede actuar sobre un objeto utilizando información previa.

Otro ejemplo de la emergencia de la función ejecutiva es el uso de herramientas. Quizás la situación más evidente para todos es cuando el bebé jala hacia él la manta sobre la cual se encuentra colocado un juguete con el fin de alcanzarlo.

Finalmente, la posibilidad de solucionar problemas es otra conducta que da pautas sobre el desarrollo emergente de la función ejecutiva. Diamond (1990) diseñó una caja con 4 de sus 5 lados cubiertos con un acrílico transparente. Ella encontró que es hacia la edad de 9 meses que el bebé logra sacar un juguete de la caja cuando la abertura está hacia arriba y no es sino hasta el año de edad que es capaz de alcanzar el juguete cuando la abertura es colocada por un lado. Solucionar el problema de tomar el juguete que está al alcance de su vista cuando la trayectoria de su mano es interrumpida por una barrera (la pared de la caja) requiere por una parte la inhibición de conductas anteriores; es decir, de aquella conducta inadecuada para cumplir con su objetivo, y por la otra, del trazo de un plan para resolver el conflicto.

Algunas de las funciones ejecutivas que han sido más estudiadas en psicología son el control atencional, la habilidad para planear, la flexibilidad cognoscitiva y la fluidez verbal. A continuación se presentan

los hallazgos más relevantes asociados al desarrollo de estas funciones en el niño.

Control atencional

El control atencional incluye una mejor atención selectiva y mantenida, y un dominio en la capacidad para inhibir comportamientos automáticos e irrelevantes (Anderson, Levin, & Jacobs, 2002). Para que el niño haga una selección apropiada de la información pertinente y mantenga su atención durante periodos prolongados es esencial que aprenda a inhibir respuestas que surgen de manera automática (Wodka et al., 2007).

El desarrollo del componente inhibitorio de la conducta se ha evaluado tradicionalmente en psicología utilizando el paradigma Piagetiano de “A no B” (Diamond & Goldman-Rakic, 1989; Piaget, 1954) y tareas del tipo “respuesta demorada” (Bell & Fox, 1997; Diamond & Doar, 1989). En la tarea de “A no B” el niño mantiene en la memoria la localización espacial de un objeto o alimento. Para estas tareas se utilizan dos recipientes (A y B) en uno de los cuales se oculta, en presencia del niño, un objeto que es usualmente un juguete; después de un periodo de demora, se le pide al niño que busque el objeto. Cada vez que se originan dos aciertos consecutivos se cambia el objeto al otro recipiente. La tarea de “respuesta demorada” es similar a la anterior con la diferencia de que en esta última se le impide al niño ver los recipientes mientras transcurre la espera. En las dos tareas, sin embargo, el niño debe mantener activa en memoria de trabajo o memoria operativa la localización del objeto.

El niño menor de un año tiene la tendencia en la tarea “A no B”, de tratar de encontrar en el recipiente A un objeto que se pasó, en

su presencia, al recipiente B; esta tendencia a responder al recipiente A es difícil de inhibir aún en casos en los que el objeto está claramente visible en el recipiente B (Diamond, 2002; Harris, 1974). Uno de los cambios más importantes que ocurre en el niño hacia el año de vida es que éste es ya capaz de inhibir el comportamiento automático en mención y comienza a buscar espontáneamente el objeto dentro del recipiente correcto (Diamond, 2002).

Otra prueba utilizada para evaluar la capacidad inhibitoria de respuestas automáticas es la prueba “*día/noche*” (Gerstadt, Hong, & Diamond, 1994); esta prueba fue construida bajo el mismo paradigma de la prueba de Stroop en la que el niño debe inhibir una respuesta que surge automáticamente ante la presencia de un estímulo visual. En la prueba “*día/noche*” el niño debe responder con la palabra *día* cuando se le presenta una lámina con un dibujo de la luna y con la palabra *noche* cuando se le presenta una figura del sol. Entre los 3 y 4 años de edad, el niño realiza esta tarea con mucha dificultad ya que le es difícil inhibir las respuestas verbales de “*día*”, suscitada por el estímulo visual del sol, y la palabra “*noche*” suscitada por el estímulo visual de la luna (Diamond, Kirkham, & Amso, 2002). Esta misma prueba tiene, sin embargo, un bajo nivel de dificultad en niños mayores de 6 o 7 años (Gerstadt et al., 1994).

Mediante pruebas de acción-inhibición como son aquellas que utilizan los paradigmas *Go/No-Go* y *Stop/Signal*, se ha demostrado que la capacidad para inhibir respuestas automáticas continúa mejorando a lo largo de la infancia. Es así como, Williams, Ponesse, Schachar, Logan, y Tannock (1999) encontraron una capacidad para inhibir respuestas significativamente

mejor en niños de 9 y 12 años comparados con niños de 6 a 8 años. La superioridad del control atencional en niños de 9 a 11 años fue corroborado por Brocki y Bohlin (2004) en la prueba de Ejecución Continua (*Continuous Performance Test*). En esta tarea el niño se enfrenta con una serie de estímulos muy semejantes entre si (e.g., letras) pero debe responder únicamente a un estímulo específico, por ejemplo, a la letra X oprimiendo una tecla o levantando la mano. Los errores por comisión en esta prueba denotarían una dificultad inhibitoria. Se ha sugerido que la adquisición de un nivel adulto del control inhibitorio en este tipo de tareas sucede hacia los 10 años de edad (Welsh et al., 1991).

La incapacidad para inhibir respuestas automáticas, observada en niños pequeños no parece ser el resultado de una falta de comprensión de las reglas de una tarea particular. Livesey y Morgan (1991) estudiaron el desempeño de niños de 4 y 5 años en pruebas de acción-inhibición y encontraron que a pesar de que los participantes eran capaces de realizar una discriminación verbal entre las instancias de acción (*go*) e inhibición (*no-go*) y que entendían las reglas de la actividad, no eran capaces de realizar la tarea correctamente al no poder inhibir la respuesta motora inapropiada.

Planeación

La habilidad para planear se refiere a la capacidad para identificar y organizar una secuencia de eventos con el fin de lograr una meta específica (Lezak et al., 2004). Desde la edad de tres años, el niño comprende la naturaleza preparatoria de un plan y es capaz de formular propósitos verbales simples relacionados con eventos familiares. De igual manera, puede solucionar problemas y puede ya

desarrollar estrategias para prevenir problemas futuros (Hudson, Shapiro, & Sosa, 1995). Este tipo de planeación es, sin embargo, simple y menos eficiente a la habilidad para programar que se encuentra en niños de 7 y 11 años, quienes mantienen un plan de acción mucho más organizado y eficaz (Levin et al., 1991).

La ventaja en la solución de problemas asociada con la edad ha sido analizada utilizando pruebas como la Torre de Hanoi (Simon, 1975) y la Torre de Londres (Shallice, 1982). En estas pruebas hay que solucionar una serie de problemas visoespaciales utilizando unos discos de diferentes colores y tamaños que deben ser colocados en estacas. El problema es solucionado cuando el niño logra reproducir un modelo con un mínimo número de movimientos de los discos dentro de las estacas y teniendo en cuenta que nunca se puede colocar un disco grande sobre un disco pequeño. Es por ello esencial para la adecuada solución del problema, que el niño antes de actuar tenga un plan de acción (Byrd, Van der Veen, McNamara, & Berg, 2004). Klahr (1985) encontró que a la edad de 3 a 5 años ya hay una capacidad para programar entre dos y tres movimientos en la solución de problemas de la Torre de Hanoi; esta capacidad de anticipación de los movimientos continúa desarrollándose durante los años preescolares (Klahr & Robinson, 1981) y su desarrollo es paralelo al decremento en el número de movimientos que no están dirigidos al logro una meta clara y que son más bien exploratorios del tipo "ensayo y error". La presencia de movimientos al azar en niños pequeños sugiere una carencia en la representación mental de un objetivo final (Welsh, 1991; Welsh et al., 1991).

Romine y Reynolds (2005) usaron el meta-análisis para demostrar que el período de mayor desarrollo en las habilidades para planear, medidas con las pruebas de las Torres de Londres y de Hanoi, ocurría entre los 5 y los 8 años de edad. Después de esta edad no parecen observarse cambios mayores en la destreza para solucionar estos problemas. Más aún, se ha sugerido que los niños entre los 9 y los 13 años alcanzan ya niveles equivalentes a los del adulto en el desempeño en estas pruebas (Anderson, Anderson, & Lajoie, 1996; Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006; Welsh et al., 1991).

Recientemente Matute y colaboradores (en consideración) confirman que la etapa de desarrollo comprendida entre los 5 y los 8 años se caracteriza por una mejoría acelerada en la solución de problemas que se desacelera entre los 9 y los 10 años. Estos autores utilizan una versión semejante a la de las torres pero sin que se utilicen estacas. Esta versión es conocida como Pirámide de México y forma parte de una batería neuropsicológica (Matute, Rosselli, Ardila, & Ostrosky, 2007). Los resultados obtenidos por Matute y colaboradores (en consideración) sugieren una etapa de desarrollo caracterizada por importantes cambios entre los 5 y los 8 años, que se van haciendo más paulatinos a partir de los 9 y 10 años en cuanto a la precisión en la ejecución en tanto que, la velocidad para realizar los diseños continúa disminuyendo hasta la edad de 16 años. Es interesante anotar que Matute y colaboradores encontraron una leve disminución en el número de aciertos en la solución de problemas en la Pirámide de México en el grupo de los niños de 11 y 12 años, disminución que ya había sido mencionada por Anderson y colaboradores en 2002. Esta regresión según Anderson

podría ser indicio del cambio de estrategias cognoscitivas que el niño sufre antes de entrar en la adolescencia que coincide con el uso de de estrategias mas conservadoras y menos arriesgadas (Matute et al., en consideración). Vale la pena mencionar que este cambio en la velocidad en el progreso de la solución de problemas que se ha descrito en la adolescencia no se extiende necesariamente a otras funciones ejecutivas. Así por ejemplo, se ha descrito un incremento lineal en la precisión y velocidad de tareas de no verbales de tipo inhibitorio después de la adolescencia (Davidson, Cruess, Diamond, O'Craven, & Savoy, 1999).

Tal parece entonces que desde el nacimiento hasta la adolescencia se observa un desempeño gradualmente mejor en tareas de solución de problemas, progreso que se desacelera pero se mantiene durante la adolescencia. En la mayoría de los casos el desempeño en esta etapa del desarrollo es ya equivalente al del adulto. De Luca y colaboradores (2006) encuentra que la cúspide en las habilidades para solucionar problemas se logra, sin embargo, después de la adolescencia entre los 20 y los 29 años.

Flexibilidad cognoscitiva

La flexibilidad cognoscitiva se refiere a la habilidad para cambiar rápidamente de una respuesta a otra empleando estrategias alternativas. Implica normalmente un análisis de las consecuencias de la propia conducta y un aprendizaje de sus errores (Anderson, 2002). Se estima que la flexibilidad cognoscitiva aparece entre los 3 y los 5 años cuando al niño se le facilita cambiar de una regla a otra, por ejemplo, en tareas de clasificación de objetos (Espy, 1997). Es claro que esta flexibilidad es dependiente del número de reglas que se

incluyan en la tarea. Es así como al incrementar el número de reglas y, por lo tanto, la complejidad de la tarea, se hace evidente mayor número de respuestas de tipo perseverativo que denotan menos flexibilidad cognoscitiva.

Zelazo y Frye (1998) conciben el desarrollo de las funciones ejecutivas como derivado de los cambios en el grado de complejidad de las reglas que el niño puede formular y aplicar a la solución de un problema. De acuerdo con esta teoría conocida como del Control y la Complejidad Cognitiva (CCC), el niño a la edad de tres años puede mantener en la mente solamente una regla (o principio), por ejemplo el color, al realizar una prueba de clasificación de tarjetas (“si la tarjeta es roja, va aquí; si la tarjeta es azul, va acá”). Si a un niño de esta edad se le pide que cambie la regla y empiece a clasificar las tarjetas siguiendo una regla diferente, por ejemplo figura en lugar de color (“si la tarjeta tiene una flor, va aquí; si ésta tiene un auto, va acá”), el niño de esta edad probablemente perseverará en clasificar las tarjetas de acuerdo con el principio de color.

De hecho, algunos autores creen que hasta los 7 años de edad, el niño continúa presentando dificultades en pruebas de clasificación en las que se debe mantener acceso mental a varias reglas para poder hacer cambios de una regla a otra durante el desempeño de la tarea (Anderson, Northam, Hendy, & Wrenall, 2001). De Luca y colaboradores (2003) encuentran que la habilidad para cambiar de una estrategia a otra alcanza el nivel del adulto hacia entre los 8 y los 10 años.

La prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtis, 1993) se encuentra entre las pruebas más utilizadas para la evaluación

de las funciones ejecutivas y es la que tiene la relación más estrecha con los lóbulos prefrontales (Alvarez & Emory, 2006). Esta prueba evalúa entre otras cosas la flexibilidad cognoscitiva mediante la capacidad de cambiar de una categoría a la otra cuando la regla que se utiliza es modificada. Claros cambios asociados a la edad han sido encontrados partir de los 5 años (Heaton et al., 1993; Rosselli & Ardila, 1993). En general, los autores son consistentes en afirmar que en niños a mayor edad, mayor será el número de categorías y menos los errores. El número de categorías y de errores es equivalente al del adulto en la adolescencia (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006).

En conclusión, la capacidad del niño para seguir unas reglas en tareas de clasificación y para cambiar de una categoría a otra esta presente en los años preescolares pero se consolida hacia los 6 años de edad y adquiere un nivel adulto hacia los 10 años.

Fluidez verbal

La generación verbal se considera una función ejecutiva que usualmente se evalúa mediante pruebas de fluidez que piden la producción de palabras pertenecientes a un grupo específico dentro de un límite de tiempo. Se conocen dos tipos de pruebas de fluidez verbal: fonológica (o alfabética) y semántica. La primera exige la producción de palabras que se inician con un fonema o letra, por ejemplo, /m/ y la segunda requiere que las palabras generadas pertenezcan a una categoría semántica, como animales. En ambos casos, la tarea demanda la inhibición de palabras que no pertenecen a la categoría especificada (Anderson et al., 2002) y la implementación de estrategias que permitan la generación del mayor

número posible de palabras dentro del tiempo estipulado.

Dentro de las estrategias cognoscitivas que se consideran más importantes para el éxito de estas tareas se encuentra la búsqueda de palabras por agrupaciones bien sea de sonidos similares o de categorías semánticas (Troyer, 2000). Igualmente la habilidad para cambiar de una categoría a otra, una vez la primera haya sido saturada, es otro elemento importante para el éxito en esta tarea (Troyer, Moscovitch, & Winocur, 1997).

En general, diversos estudios han mostrado que los puntajes en pruebas de fluidez verbal mejoran con la edad (Brocki & Bohlin, 2004; Matute, Rosselli, Ardila, & Morales, 2004). De tal suerte que hacia los 6 años un niño puede generar alrededor de 10 nombres de animales en un minuto, a los 9 cerca de 13 y a los 15 años logra una producción aproximada de 15 animales en un minuto (Ardila & Rosselli, 1994; Crockett, 1974; Gaddes & Crockett, 1975; Halperin et al., 1989; Kolb & Whishaw, 1985). Un correlato semejante se observa entre la producción de palabras en categorías alfabéticas y la edad del niño a pesar de que el incremento con la edad en las categorías fonológicas es menor que en las categorías semánticas (Koren, Kofman, & Berger, 2004) debido posiblemente a un nivel de dificultad mayor. Los niños de 6 años producen en un minuto un promedio de 3 a 4 palabras que comienzan por una misma letra y hacia los 12 años son capaces de generar el doble de palabras (Cohen, Morgan, Vaughn, Riccio, & Hall, 1999). No es claro si después de esta edad continua aún aumentando la producción de palabras en pruebas de fluidez verbal. Algunos autores han encontrado que los niños de 10 años ya logran un nivel

equivalente al del adulto en pruebas de fluidez (Anderson, Northam, et al., 2001; Regard, Strauss, & Knapp, 1982), mientras que otros sugieren que esta habilidad continua su desarrollo durante la adolescencia y aún en la adultez temprana (Klenberg, Korkman, & Lahti-Nuuttila, 2001). Matute y colaboradores (2004) encontraron que las habilidades semánticas alcanza el nivel del adulto entre los 14 y los 15 años mientras que las habilidades de fluidez fonológica no alcanzan el nivel del adulto a esta edad. Resultados semejantes han sido encontrados por Hurks y colaboradores (2006).

El desempeño en pruebas de fluidez verbal esta influido por los niveles de vocabulario del niño (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997) y por el medio socio-cultural en el que vive. Así por ejemplo, un bajo nivel educativo de los padres ha sido asociado con una baja producción de palabras en el niño en pruebas de fluidez verbal (Ardila, Rosselli, Matute, & Guajardo, 2005).

Se puede concluir entonces que las habilidades de fluidez verbal semántica y fonológica mejoran con la edad y parecen alcanzar su máximo desarrollo entre la adolescencia y la adultez temprana. El nivel de dificultad de los dos tipos de pruebas de fluidez no es el mismo, teniendo la prueba de fluidez fonológica un nivel de dificultad mayor lo cual se refleja en una menor producción de palabras al compararla con la prueba de fluidez semántica.

Las funciones ejecutivas durante el envejecimiento

Las funciones ejecutivas son de las habilidades cognoscitivas más sensibles al proceso del envejecimiento. De hecho se ha visto que los procesos cognoscitivos mediados por el lóbulo prefrontal sufren un

deterioro con la edad, lo que no sucede con habilidades mediadas por áreas cerebrales más posteriores (Ardila & Rosselli, 2007; Daigneault, Braun, & Whitaker, 1992). La observación de una vulnerabilidad especial del lóbulo prefrontal a los efectos de la edad, junto con la observación del deterioro específico de ciertos procesos cognitivos, llevó al desarrollo de la teoría del “envejecimiento del lóbulo frontal”, la cual propone que los procesos cognoscitivos mediados por el lóbulo frontal son los primeros en sufrir deterioro con la edad avanzada (Dempster, 1992; West, 1996).

A continuación revisaremos el cambio que se ha registrado con el envejecimiento en la habilidad para planear, el control de la atención, la flexibilidad cognoscitiva y la fluidez verbal.

Control atencional

Es ampliamente reconocido que el control de la atención constituye una de las áreas cognitivas donde se observan mayores efectos con la edad avanzada. Entre las teorías más influyentes que intentan explicar los procesos de atención en los ancianos se encuentra la hipótesis de déficit inhibitorio de Hasher y Zacks (1988), la cual propone que un mal funcionamiento de los mecanismos de inhibición es responsable por una gran variedad de problemas cognitivos asociados con la edad. En particular, la falta de control inhibitorio produce, según las autoras, el ingreso a la memoria de trabajo de información irrelevante a la tarea que se realiza, limitando así la capacidad de procesamiento de información relevante. Este déficit inhibitorio trae como consecuencia una mayor distractibilidad, así como un incremento en el número de respuestas inapropiadas y en el tiempo

necesario para producir respuestas correctas (Pousada Fernández, 1998).

Mediante la utilización de pruebas que miden la capacidad para inhibir una respuesta automática, varios autores han podido confirmar lo propuesto por Hasher y Zacks (1988). Utilizando las pruebas Stroop y Haylings (Burgess & Shallice, 1996), un grupo de autores demostró un déficit en el funcionamiento inhibitorio de un grupo de personas de edad avanzada al compararlo con el rendimiento de un grupo de jóvenes (Belleville, Rouleau, & van der Linden, 2006). Específicamente, el tiempo necesario para nombrar los colores durante la parte de interferencia de la prueba Stroop incrementó significativamente en las personas mayores lo que replica los resultados de otros autores (Van der Elst, Van Boxtel, Van Breukelen, & Jolles, 2006). De igual manera, el grupo de mayor edad se distinguió del grupo más joven por presentar un número incrementado de errores y requerir más tiempo para inhibir respuestas inapropiadas en la prueba Haylings.

La relación entre la edad avanzada y los problemas de control inhibitorio también han sido evidenciados mediante el uso de pruebas de ejecución continuada donde se observa un incremento en el número de errores de comisión en los grupos de participantes mayores (Haarmann, Ashling, Davelaar, & Usher, 2005; Mani, Bedwell, & Miller, 2005; Rush, Barch, & Braver, 2006).

Se ha intentado explicar los efectos de la edad en los mecanismos inhibitorios como mediados por una lentificación cognoscitiva. Salthouse y Meinz (1995) propusieron, por ejemplo, que el bajo rendimiento de las personas mayores en varias versiones de la prueba Stroop puede ser explicado por una disminuida rapidez de procesamiento

cognoscitivo y no por un conflicto inhibitorio específico. De igual manera, los resultados del meta-análisis de Verhaeghen y De Meersman (1998) sugieren que el incremento en interferencia en las pruebas de Stroop no es el resultado directo de una vulnerabilidad especial de la inhibición a los efectos de la edad avanzada sino más bien resultado de una lentificación general. Por otro lado, varios autores contradicen estos hallazgos sugiriendo que una vez que se controlan estadísticamente los efectos de la velocidad de procesamiento sobre las pruebas de inhibición aún existe un claro efecto de la edad avanzada (Andrés & Van der Linden, 2000; Rush et al., 2006).

En conclusión, es claro que el control de la atención, y en especial el funcionamiento de los mecanismos inhibitorios, muestran un déficit con la edad avanzada. Los resultados a veces contradictorios obtenidos en diversos estudios podría quizá explicarse por la variabilidad en el tipo de tarea; en otras palabras, es posible que la relación entre la edad y el control inhibitorio solamente sea evidente mediante el uso de ciertas pruebas de atención y no de otras (Van Gerven, Van Boxtel, Meijer, Willems, & Jolles, 2007).

Planeación

Otra de las funciones ejecutivas que parecen sufrir cambios con el envejecimiento en la capacidad para planear. Daigneault et al. (1992) investigaron a un grupo de adultos menores de 65 años y encontraron un decremento en la habilidad para regular el comportamiento de acuerdo a un plan. De manera similar, Zook, Welsh, & Ewing (2006) encontraron un declive en los puntajes obtenidos en la prueba Torre de Londres-Revisada comenzando a la edad de 60 años. Este déficit, sin embargo,

estaba más correlacionado con otras habilidades no verbales, utilizadas usualmente dentro de la inteligencia “fluida”, que con la edad cronológica. De hecho, los problemas presentados en las pruebas de las Torres son problemas viso-espaciales novedosos que correspondería al componente fluido de la cognición.

Rönnlund, Lövdén, y Nilsson (2001) también encontraron una sensibilidad a los efectos de la edad en la prueba de la Torre de Hanoi en la que la habilidad para planear es esencial. Este grupo de investigadores encontró que la edad avanzada estaba correlacionada con un incremento en el número de movimientos necesarios para completar esta tarea, y una lentificación gradual en la velocidad de ejecución de la prueba, así como un aumento en el número de movimientos por ensayo y error. Los autores concluyen que la prueba de la Torre de Hanoi no solamente es un instrumento eficaz para determinar los efectos de la edad sobre algunos aspectos de la cognición, sino que también es indiferente a los efectos de la educación, así como ya lo había reportado Glosser y Goodglass (1990). En un estudio más reciente, el mismo grupo de autores analizó el rendimiento de personas de edad avanzada en la prueba de la Torre de Hanoi comparándolos dentro de un estudio de tipo longitudinal (la misma muestra evaluada dos veces en tiempos diferentes) con otro de tipo croseccional (dos muestras de dos edades diferentes evaluadas en un momento determinado; Rönnlund, Lövdén, & Nilsson, 2008). Los resultados obtenidos usando un diseño longitudinal demostraron muy pocos cambios del desempeño en la prueba asociados a la edad entre la década de los 30's y la década de los 60's pero cambios importantes de lentificación en su realización y presencia de errores después

de los 65 años. El estudio crossectional, por otro lado, encontró un deterioro gradual en los puntajes de esta prueba desde los 35 hasta los 85 años. Los autores concluyen que en los estudios crosseccionales en los que se comparan dos grupos con edades diferentes existen variables educativas que diferencian a las dos cohortes y que podrían estar actuando como variables aleatorias limitando los resultados.

Brennan, Welsh, y Fisher (1997) examinaron la interacción entre la dificultad de la prueba y los efectos de la edad comparando el rendimiento en la Torre de Hanoi entre un grupo de adultos jóvenes (edad promedio 19 años) y dos grupos de adultos de edad avanzada (edades promedio 65 y 75 años, respectivamente). Al realizar la prueba utilizando 3 discos, no hubo diferencias significativas entre el rendimiento de los tres grupos; al incrementar la complejidad de la prueba a 4 discos, sin embargo, el grupo de adultos jóvenes obtuvo un puntaje significativamente superior al de los otros dos grupos.

Los resultados de los estudios mencionados permiten concluir que de hecho existe un efecto de la edad sobre el rendimiento en pruebas ejecutivas que evalúan la capacidad de planear, a pesar de que se mantiene indefinida la edad precisa en la que este deterioro es evidente por primera vez así como los posibles efectos que tengan la complejidad y las características de prueba de medición que se utilice. De hecho, un estudio reciente demostró que al utilizar una prueba de planificación más ecológicamente válida (la planificación de un horario de trabajo) en vez de una prueba neuropsicológica estandarizada como sería la Torre de Londres, las diferencias en eficiencia entre

un grupo joven y uno adulto desaparecen (Phillips, Kliegel, & Martin, 2006). Estos resultados sugieren entonces que la capacidad para planear dependería significativamente del tipo de tarea que se utilice.

Flexibilidad Cognoscitiva

Las capacidades de flexibilidad cognoscitiva en la población adulta han sido extensivamente estudiadas mediante la prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin (*Wisconsin Card Sorting Test* [WCST]), aunque no se han obtenido aún resultados concluyentes. Axelrod y Henry (1992) encontraron un incremento significativo en el número de errores y respuestas perseverativas después de los 60 años, así como una disminución en el número de categorías completadas. Daigneault et al. (1992) reportaron de igual manera un incremento en el número de perseveraciones junto con un decremento en el número de categorías obtenidas. Salthouse, Fristoe y Rhee (1996) demostraron que la edad avanzada tiene un efecto negativo en casi todas las variables de la prueba WCST. Crawford, Bryan, Luszcz, Obonsawin, y Stewart (2000) encontraron también un deterioro significativo mediado por la edad utilizando una variante de la prueba WCST, la prueba de Clasificación de Tarjetas Modificada (*Modified Card Sorting Test*), al comparar un grupo de personas de edad avanzada a un grupo más joven.

Entre las teorías propuestas para explicar los efectos de la edad sobre las pruebas de flexibilidad cognoscitiva se encuentra la de Ridderinkhof, Span, y van der Molen (2002) quienes sugieren un deterioro en la habilidad de los adultos mayores para formar nuevas hipótesis respecto a reglas que cambian constantemente. Esta teoría

estaría en concordancia con aquella que propone que la inteligencia fluida es muy sensible al envejecimiento (Belsky, 1990). Offenbach (1974) propone, por otro lado, que ésta población envejeciendo presenta fallas en la utilización de la información retroalimentada en pruebas como el WCST como resultado de limitaciones en la memoria de trabajo. Por último, Salthouse (1996) explicó el deterioro en la flexibilidad como resultado de una velocidad de procesamiento lentificada la cual disminuye la cantidad de información que puede ser activada simultáneamente. Este autor utilizó una variante de la Prueba de Rastreo (*Trail Making Test*) y encontró que los efectos de la edad sobre la flexibilidad cognoscitiva podían ser explicados mediante la influencia de la lentificación de la velocidad de procesamiento sobre la memoria de trabajo (Fristoe, Salthouse, & Woodard, 1997; Salthouse et al., 2000). Sin embargo, Wecker, Kramer, Hallam, y Delis (2005) encontraron un efecto de la edad avanzada sobre las pruebas de flexibilidad cognoscitiva aún tras tomar en consideración los efectos de la velocidad motora y perceptual.

Algunos estudios, sin embargo, no han encontrado una diferencia significativa en la eficiencia para realizar pruebas de flexibilidad cognoscitiva entre grupos de jóvenes y grupos de adultos de edad avanzada. Utilizando el WCST, Mejía, Pineda, Álvarez, y Ardila (1998) no observaron diferencias entre dos grupos compuesto por individuos con edades entre 55 y 70 años y 71 a 85 años. De manera sorpresiva, Haaland, Vranes, Goodwin, y Garry (1987) encontraron un decremento en el número de errores perseverativos junto con un incremento en el número de categorías obtenidas por personas mayores en comparación con grupos más jóvenes.

Este grupo de autores solamente reportó deterioro en la habilidad de flexibilidad cognoscitiva después de los 80 años de edad.

En resumen, la mayoría de la investigación sobre flexibilidad cognoscitiva ha demostrado que con el paso del tiempo las personas de edad avanzada cometen más errores de tipo perseverativo y necesitan más tiempo para la realización de la tarea. Sin embargo, estos hallazgos no son siempre consistentes. Estas diferencias podrían ser resultantes de variabilidad en el tamaño de las muestras estudiadas y en inconsistencia en los niveles educativos de los participantes.

Fluidez Verbal

El estudio de los cambios en la fluidez verbal en la población de edad avanzada ha generado resultados opuestos y contradictorios. Mientras algunos autores aseguran que no existe un efecto de la edad sobre la fluidez verbal otros sugieren que los jóvenes obtienen mejores puntajes que las personas mayores en este tipo de pruebas. Por ejemplo, Fisk y Sharp (2004) no encontraron evidencia alguna que sustente la teoría de un efecto negativo de la edad en la fluidez verbal, con la excepción de paradigmas que incluían la manipulación simultánea de información (dual-task). De igual manera, Bolla, Lindgren, Bonnacorsy, y Bleecker (1990) reportaron que el nivel de inteligencia verbal, más no la edad cronológica, era capaz de predecir el nivel de fluidez verbal en un grupo de personas mayores. Rodríguez-Aranda y Sundet (2006) analizaron diferentes tipos de pruebas de función ejecutiva y encontraron un claro efecto de la edad en todas las pruebas estudiadas menos en la prueba de fluidez verbal. Algunos autores sugieren que la

fluidez verbal se mantiene sin cambio por la edad gracias a que depende de una fuente de conocimiento verbal que se mantiene intacta con el paso de los años (Crawford et al., 2000). De hecho varios autores han encontrado que el nivel de vocabulario es poco sensible al paso del tiempo (Emery, 1985; Mitrushina, Patel, Satz, D'Elia, & McConnell, 1989) y solamente se hacen evidentes en la octava década de la vida (Emery, 1985).

Por otro lado, Brickman et al. (2005) reportaron un deterioro linear en la función de la fluidez verbal a medida que avanza la edad. Estos autores pudieron replicar los resultados presentados anteriormente que proponen que la fluidez verbal semántica sufre un déficit más tempranamente que la fluidez fonológica (Auriacombe et al., 2001; Crossley, D'Arcy, & Rawson, 1997). Asimismo, Bolla, Gray, Resnick, Galante, y Kawas (1998) encontraron un efecto significativo de la edad en la fluidez verbal fonológica y semántica al estudiar un grupo de personas mayores con alto nivel educativo. Un meta-análisis reciente también demostró un deterioro lento de las funciones de fluidez fonológica a partir de los 40 años de edad, el cual se vuelve rápido a partir de los 60 años (Rodríguez-Aranda & Martinussen, 2006).

No queda claro por qué se han obtenido resultados tan divergentes con respecto a los cambios asociados a la edad dentro de la función de fluidez verbal, pero es posible que una falta de control del nivel educativo dentro del diseño experimental esté involucrada. El efecto de la educación en las pruebas de fluidez verbal ha sido claramente establecido (Ardila et al., 2000), y debe ser estrictamente controlado junto con otras variables socioeconómicas.

El lóbulo frontal y las funciones ejecutivas

El desarrollo de las funciones ejecutivas está estrechamente relacionado con la maduración del lóbulo frontal, en especial de la región prefrontal, la cual esta relativamente inmadura en el niño recién nacido y continúa su maduración durante la niñez y hasta entrada la adolescencia (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs, & Catroppa, 2001; Fuster, 1993). Los cambios principales que se observan en el lóbulo prefrontal durante su desarrollo incluyen procesos de arborización, mielinización y sinaptogénesis (Anderson, Northam, et al., 2001). El desarrollo progresivo de las funciones ejecutivas durante la infancia coincide con la aparición gradual de conexiones neuronales dentro de los lóbulos frontales (Anderson, Northam, et al., 2001; Bell & Fox, 1997; Nagy, Westerberg, & Klingberg, 2004; Powell & Voeller, 2004).

Se han demostrado períodos en el desarrollo humano en los que aparece un desarrollo más marcado de la corteza prefrontal (Klingberg, Vaidya, Gabrieli, Moseley, & Hedehus, 1999) con mayor mielinización, y con el consecuente incremento de la sustancia blanca. El primero de estos períodos se observa entre el nacimiento y los 2 años, el segundo entre los 7 y los 9, y el último al final de la adolescencia, entre los 16 y los 19 años (Anderson, Northam, et al., 2001; Sowell et al., 2003). Varios autores han correlacionado los cambios estructurales que ocurren en los lóbulos frontales en diferentes grupos de edad con medidas explícitas de las habilidades ejecutivas (Sowell, Delis, Stiles, & Jernigan, 2001).

La relación entre las funciones ejecutivas y los lóbulos prefrontales ha sido igualmente confirmada por estudios con poblaciones

infantiles que presentan daño cerebral. Así, por ejemplo, los niños con lesiones frontales presentan dificultad en la solución de problemas, con disminución de su flexibilidad cognoscitiva (Jacobs & Anderson, 2002). Se ha observado además que estos niños tienen reducción en la capacidad para planear así como en el control de sus impulsos (Hernández et al., 2002). Está claro, sin embargo, que los lóbulos frontales dependen en gran parte de las numerosas aferencia y eferencias con otras regiones del cerebro y, por lo tanto, su maduración no es independiente de otras áreas del cerebro; ello bien podría simplemente reflejar la integración en el desarrollo general de la corteza cerebral. Más aún, se ha sugerido que el desarrollo de las llamadas funciones ejecutivas podría entonces depender en gran parte del desarrollo gradual del lenguaje, de la rapidez en el procesamiento de la información, y de la capacidad de atención y de memoria (Anderson, Northam et al., 2001).

El lóbulo frontal también sufre importantes cambios anatómicos como consecuencia del envejecimiento. Entre estos cambios se observan una reducción tanto en el número de neuronas como en su funcionamiento; estas modificaciones cerebrales aparecen antes en el lóbulo frontal que en otras regiones cerebrales (West, 2000). Se ha estimado, por ejemplo, que la reducción del volumen cerebral en las áreas frontales está entre el 10 y el 17%, mientras que los lóbulos occipital, parietal y temporal reducen su volumen solamente en un 1% (Haug & Eggers, 1991). Estudios longitudinales en personas mayores han demostrado una reducción en el flujo sanguíneo cerebral en las regiones prefrontales antes de que se observen cambios en otras áreas de la corteza

cerebral. La vulnerabilidad selectiva del lóbulo frontal durante el envejecimiento ha sido cuestionada por Greenwood (2000) quien propone que el envejecimiento se asocia con cambios tanto estructurales como funcionales de otras áreas cerebrales, como son los lóbulos parietales y temporales.

La asociación entre funciones ejecutivas y los lóbulos frontales ha sido claramente señalada mediante la utilización de técnicas de neuroimagen. A través de estos procedimientos se ha encontrado que la participación del lóbulo frontal no es homogénea, ya que diversas regiones en este lóbulo participan de manera diferencial en diferentes funciones ejecutivas (Stuss & Alexander, 2000; Stuss et al., 2002). Así por ejemplo, la región dorsolateral prefrontal derecha jugaría un papel fundamental en el control ejecutivo en tareas de flexibilidad cognoscitiva (Lie, Specht, Marshal, & Fink, 2006), mientras que las regiones prefrontales rostro laterales izquierdas serían centrales en la planeación de tareas con alto nivel de dificultad (Wagner, Koch, Reichenbach, Sauer, & Schlosser, 2006) y las regiones prefrontales mediales se activarían fundamentalmente en tareas que requieren inhibición comportamental (Talati & Hirsch, 2005). Las técnicas de neuroimagen han demostrado además que como mediador de las funciones ejecutivas, el área prefrontal trabaja en colaboración con otras regiones cerebrales, tales como el lóbulo parietal, regiones subcorticales y algunos núcleos talámicas (Kassubek, Juengling, Ecker, & Landwehrmeyer, 2005; Lie et al., 2006; Monchi, Petrides, Strafella, Worsley, & Doyon, 2006; Wagner et al., 2006). Más aún, se ha registrado activación de numerosas áreas cerebrales, además de la observada en la región prefrontal, cuando se realizan las pruebas neuropsicológicas

que evalúan la función ejecutiva (para una revisión, Alvarez & Emory 2006; Jurado & Rosselli, 2007).

Es claro entonces que las funciones ejecutivas se asocian con los lóbulos prefrontales. Sin embargo, dada la complejidad de estas funciones la participación de otras áreas cerebrales parecería necesaria.

Conclusiones

La investigación sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas ha demostrado que estas se desarrollan de manera progresiva desde el nacimiento y alcanzan niveles del adulto hacia los 10 años en cuanto a la capacidad para cambiar de una estrategia a la otra, mientras que las habilidades de planeación y generación verbal continúan su desarrollo hacia la adolescencia y aún durante la adultez temprana. De igual manera, las funciones ejecutivas en general tienden a declinar con el envejecimiento siendo la década de los 60's y 70's particularmente sensibles a estos cambios. La modificación de las funciones ejecutivas a través de la vida se ha correlacionado con cambios a nivel estructural y funcional de los lóbulos frontales. Sin embargo, los pocos estudios que han relacionado las tareas específicas de una función ejecutiva con su correspondiente activación cerebral han demostrado la participación de otras áreas cerebrales. La mayoría de los estudios aquí revisados son de tipo transversal haciendo difícil el control de variables de tipo generacional y educativo y poniendo en evidencia la necesidad de estudios de tipo longitudinal para lograr una mejor comprensión de los cambios en las funciones ejecutivas con el paso del tiempo y sus correspondientes correlatos con las modificaciones a nivel cerebral.

Referencias

- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16, 17-42.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8, 71-82.
- Anderson, P., Anderson, V., & Lajoie, G. (1996). The Tower of London test: validation and standardization for pediatric population. *Clinical Neuropsychologist*, 10, 64-65.
- Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20, 385-406.
- Anderson, V., Levin, H., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective. En D. T. Stuss, & R.T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 504-527). New York: Oxford University Press.
- Anderson, V., Northam, E., Hendy, J., & Wrenall, J. (2001). *Developmental Neuropsychology: A clinical approach*. New York: Psychology Press.
- Andrés, P., & van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *Journal of Gerontology*, 55, 373-380.
- Ardila, A., Pineda, D., & Rosselli, M. (2000). Correlations between intelligence test scores and executive function measures.

Archives of Clinical Neuropsychology, 15, 31-36.

Ardila, A., & Rosselli, M. (1994). Development of language, memory and visuospatial abilities in 5 to 12 year old children using a neuropsychological battery. *Developmental Neuropsychology*, 10, 97-120.

Ardila, A. & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología Clínica*. México, D.F., Mexico: Manual Moderno

Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, G. (2005). The influence of parents educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, 28, 539-560.

Auriacombe, S., Fabriogoule, C., Lafont, S., Amieva, H., Jacquim-Gadda, H., & Dartigues, J. F. (2001). Letter and category fluency in normal elderly participants: A population based study. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 8, 98-108.

Axelrod, B. N., & Henry, R. R. (1992). Age-related performance on the Wisconsin Card Sorting Test, Similarities, and Controlled Oral Word Association Tests. *The Clinical Neuropsychologist*, 6, 16-26.

Baillargeon, R., Spelke, E. S., & Wasserman, S. (1985). Object permanence in five-month-old infants. *Cognition*, 20, 191-208.

Bell, M. A., & Fox, N. A. (1997). Individual differences in object permanence. Performance at 8 months: locomotor experience and brain electrical activity. *Developmental Psychobiology*, 31, 287-297.

Belleville, S., Rouleau, N., & Van der Linden, M. (2006). Use of Hayling task to measure inhibition of prepotent responses in normal aging and Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, 62, 113-119.

Belsky, J. K. (1990). *The psychology of aging theory, research, and interventions*. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company.

Bolla, K., Lindgren, K., Bonaccorsy, C., & Bleecker, M. (1990). Predictors of verbal fluency (FAS) in the healthy elderly. *Journal of Clinical Psychology*, 46, 623-628.

Bolla, K., Gray, S., Resnick, S., Galante, R., & Kawas, C. (1998). Category and letter fluency in highly educated older adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 12, 330-338.

Brennan, M., Welsh, M., & Fisher, C. (1997). Aging and executive function skills: An examination of a community-dwelling older adult population. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 1187-1197.

Brickman, A., Paul, R., Cohen, R., William, L., MacGreggor, K., Jefferson, A., et al. (2005). Category and letter fluency across the adult lifespan: Relationship to EEG theta power. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 561-573.

Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571-593.

Burgess, P., & Shallice, T. (1996). Response suppression, initiation, and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 34, 263-273.

Byrd, D., Van der Veen, T., McNamara, J., & Berg, K. (2004). Preschoolers don't practice what they preach: Preschoolers' planning performances with manual and spoken response requirements. *Journal of Cognition and Development*, 5, 427-449.

Cohen, M. J., Morgan, A. M., Vaughn, M., Riccio, C. A., & Hall, J. (1999). Verbal fluency in children: developmental issues and differential validity in distinguishing children with attention-deficit hyperactivity disorder and two subtypes of dyslexia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 14, 433-443.

Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging. *Neuroscience*, 139, 209-221.

Crawford, J., Bryan, J., Luszcz, M., Obonsawin, M., & Stewart, L. (2000). The executive decline hypothesis of cognitive aging: Do executive deficits qualify as differential deficit and do they mediate age-related memory decline? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 7, 9-31.

Crépeau, F., Scherzer, B. P., Belleville, S., & Desmarais, G. (1997). A qualitative análisis of central executive disorders in a real-life work situation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 7, 147-165.

Crockett, D. J. (1974). Component analysis of within correlations of language-skill tests in normal children. *Journal of Special Education*, 8, 361-375.

Crossley, M., D'Arcy, C., & Rawson, N. S. (1997). Letter and category fluency in community dwelling Canadian seniors: A

comparison of normal participants to those with dementia of the Alzheimer or vascular type. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 19, 52-62.

Daigneault, S., Braun, C. M., & Whitaker, H. A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology*, 8, 99-114.

Davidson, M., Cruess, L., Diamond, A., O'Craven, K., & Savoy, R. (1999, Abril). Comparison of executive functions in children and adults using directional Stroop tasks. Poster presentado en el Encuentro Bienal de la Society for Research in Child Development en Albuquerque, Nuevo México.

De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the Cantab: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25, 242-254.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development in aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.

Diamond, A. (1990). Developmental time course in human infants and infant monkeys, and the neural bases of, inhibitory control in reaching. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 637-676.

Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood. En D. T. Stuss, & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function*

(pp. 406-503). New York: Oxford University Press.

Diamond, A., & Doar, B. (1989). The performance of human infants on a measure of frontal cortex function, the delayed response task. *Developmental Psychobiology*, 22, 271-294.

Diamond, A., & Goldman-Rakic, P. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74, 24-40.

Diamond, A., Kirkham, N., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, 38, 352-362.

Duncan, J. (2005). Frontal lobe function and general intelligence: Why it matters. *Cortex*, 41, 215-217.

Emery, O. B. (1985). Language and aging. *Experimental Aging Research*, 11, 3-60.

Espy, K. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13, 495-499.

Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 874-890.

Fristoe, N., Salthouse, T., & Woodard, J. (1997). Examination of age-related deficits on the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuropsychology*, 11, 428-436.

Fuster, J. (1993). Frontal lobes. *Current Opinion in Neurobiology*, 3, 160-165.

Gaddes, W. H., & Crockett, D. J. (1975). The Spreen-Benton aphasia tests, normative data as a measure of normal language development. *Brain and Language*, 2, 257-280.

Gerstadt, C., Hong, Y., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of 3½-7 year old children on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129-153.

Glosser, G., & Goodglass, H. (1990). Disorders in executive control functions among aphasic and other brain-damaged patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 12, 485-501.

Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J. P., & Rousseaux, M. (1999). Control functions of the frontal lobe: Modularity of the central-supervisory system. *Cortex*, 35, 1-20.

Golberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.

Greenwood, P. (2000). The frontal aging hypothesis evaluated. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 705-726.

Haaland, K., Vranes, L., Goodwin, J., & Garry, P. (1987). Wisconsin Card Sorting Test performance in a healthy elderly population. *Journal of Gerontology*, 42, 345-346.

Haarmann, H., Ashling, G., Davelaar, E. & Usher, M. (2005) Age-related declines in context maintenance and semantic short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58, 34-53.

Halperin, J. M., Healy, J. M., Zeitchik, E., Ludman, W. L., & Weinstein, L. (1989). Developmental aspects of linguistic and mnemonic abilities in normal children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 518-528.

Hasher, L., & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. En G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp.193-225). New York: Academic Press.

Harris, P. L. (1974). Perseverative search at a visible empty place by young infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18, 535-542.

Haug, H., & Eggers, R. (1991). Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiology of Aging*, 12, 336-338.

Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtis, G. (1993). *Wisconsin Card Sorting Test (WCST), anual, revised and expanded*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Hernández, M. T., Sauerwein, H. C., Jambaqué, I., De Guise, E., Lussier, F., Lortie, A., Dulac, O., & Lassonde, M. (2002). Deficits in executive functions and motor coordination in children with frontal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 40, 384-400.

Hudson, J., Shapiro, L., & Sosa, B. (1995). Planning in the real World: Preschool children's scripts and plans for familiar events. *Child Development*, 66, 984-998.

Huizinga, M., Dolan, C., & van der Molen, M. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.

Hurks, P., Vles, J., Hendriksen, J., Kalff, A., Feron, F., & Kroes, M. (2006). Semantic category fluency versus initial letter fluency over 60 seconds as a measure of automatic and controlled processing in healthy school-aged children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 684-695.

Jacobs, R., & Anderson, V. (2002). Planning and problem solving skills following focal frontal brain lesions in childhood: Analysis using the Tower of London. *Child Neuropsychology*, 8, 93-106.

Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213-233.

Kassubek, J., Juengling, F. D., Ecker, D., & Landwehrmeyer, G. (2005). Thalamic atrophy in Huntington's disease co-varies with cognitive performance: A morphometric MRI analysis. *Cerebral Cortex*, 15, 846-853.

Klahr, D. (1985). Solving problems with ambiguous subgoal ordering: Preschoolers' performance. *Child Development*, 56, 940-956.

Klahr, D., & Robinson, M. (1981). Formal assessment of problem-solving and

planning processes in preschool children. *Cognitive Psychology*, 13, 113-148.

Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuuttila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3 to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 20, 407-428.

Klingberg, T., Vaidya, C. J., Gabrieli, J. D. E., Moseley, M. E., & Hedehus, M. (1999). Myelination and organization of the frontal white matter in children: A diffusion tensor MRI study. *NeuroReport*, 10, 1-5.

Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (1985). *Fundamentals of human neuropsychology* (2a. ed.). New York: Freeman.

Koren, R., Kofman, O., & Berger, A. (2005). Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 1087-1104.

Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 29-50.

Levin, H., Culhane, K., Hartmann, H., Evankovich, K., Mattson, A., & Harwood, H. (1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functions. *Developmental Neuropsychology*, 7, 377-396.

Lezak, M. (1983). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment* (4a. ed.). New York: Oxford University Press.

Lie, C., Specht, K., Marshall, J., & Fink, G. R. (2006). Using fMRI to decompose the neural processes underlying the Wisconsin Card Sorting Test. *NeuroImage*, 15, 1038-1049.

Livesey, D. J., & Morgan, G. A. (1991). The development of response inhibition in 4- and 5-year-old children. *Australian Journal of Psychology*, 43, 133-137.

Mani, T., Bedwell, J., & Miller, S. (2005). Age-related decrements in performance on a brief continuous performance test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 575-586.

Matute, E., Chamorro, Y., Inozemtseva, O., Barrios, O., Rosselli, M. & Ardila, A. (En consideración). Efecto de la edad en una tarea de planeación y organización ("Pirámide de México") en escolares. *Revista de Neurología*.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Morales, L. (2004). Verbal and non-verbal fluency in Spanish speaking children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 647-660.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil*. México: Manual Moderno.

Melzter, L., & Krishnan, K. (2007). Executive function difficulties and learning disabilities: Understandings and misunderstandings. En L. Melzter (Ed.), *Executive function in education: From theory to practice* (pp. 77-105). New York: Guilford Press.

- Mejía, S., Pineda, D. Alvarez, L., & Ardila, A. (1998) Individual differences in memory and executive function abilities during normal aging. *Psychology and Aging*, 4, 271-284.
- Mitrushina, M., Patel, P. G., Satz, P., D'Elia, & McConnell, M. J. (1989). Changes in semantic memory processing in normal and at risk aging adults. *Developmental Neuropsychology*, 5, 321-334.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Monchi, O., Petrides, M., Strafella, A., Worsley, J., & Doyon, J. (2006) Functional role of the basal ganglia in the planning and execution of actions. *Annals of Neurology*, 59, 257-264.
- Nagy, Z., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1227-1233.
- Offenbach, S. I. (1974). A developmental study of hypothesis testing and cue selection strategies. *Developmental Psychology*, 10, 484-490.
- Phillips, L. H., Kliegel, M., & Martin, M. (2006). Age and planning tasks: The influence of ecological validity. *International Journal of Aging & Human Development*, 62, 175-184.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. Oxford: Basic.
- Pousada Fernández, M. (1998). El déficit en los mecanismos de inhibición como hipótesis explicativa de la pérdida de memoria asociada a la edad. *Anales de Psicología*, 14, 55-74.
- Powell, K. B., & Voeller, K. K. S. (2004). Prefrontal executive function syndromes in children. *Journal of Child Neurology*, 19, 785-797.
- Regard, M., Strauss, E., & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 839-844.
- Ridderinkhof, K. R., Span, M. M., & van der Molen, M. W. (2002). Perseverative behavior and adaptive control in older adults: Performance monitoring, rule induction, and set shifting. *Brain and Cognition*, 49, 382-401.
- Rodriguez-Aranda, C., & Martinussen, M. (2006). Age-related differences in performance of phonemic verbal fluency measured by Controlled Oral Word Association Task (COWAT): A meta-analytic study. *Developmental Neuropsychology*, 30, 697-717.
- Rodriguez-Aranda, C., & Sundet, K. (2006). The frontal hypothesis of cognitive aging: Factor structure and age effects on four frontal tests among healthy individuals. *Journal of Genetic Psychology*, 167, 269-287.
- Romine, C., & Reynolds, C. (2005). A model of the development of frontal lobe

functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12, 190-201.

Rönnlund, M., Lövdén, M., & Nilsson, L. G. (2001). Adult age differences in Tower of Hanoi performance: Influence from demographic and cognitive variables. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 8, 269-283.

Rönnlund, M., Lövdén, M. & Nilsson, L.G. (2008). Cross-sectional versus longitudinal age gradients of Tower of Hanoi performance: The role of practice effects and cohort differences. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 15, 40-67.

Rosselli, M., & Ardila, A. (1993). Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test in 5-to 12-year-old children. *The Clinical Neuropsychologist*, 7, 145-154.

Rosselli, M., Ardila, A., Lopera, F., & Pineda, D. (1997). *Neuropsicología Infantil*. Medellín: Prensa Creativa.

Ruff R. M., Light, R. H., Parker S. B., & Levin, H. S. (1997). The psychological construct of word fluency. *Brain and Language*, 57, 394-405.

Rush, B., Barch, D., & Braver, T. (2006). Accounting for cognitive aging: Context processing, inhibition or processing speed? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 588-610.

Salthouse, T. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.

Salthouse, T. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of

executive functioning. *Neuropsychology*, 19, 532-545.

Salthouse, T., Atkinson, T., & Berish, D. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566-594.

Salthouse, T., Fristoe, N. M. & Rhee, S. H. (1996). How localized are age-related effects on neuropsychological measures? *Neuropsychologia*, 10, 272-285.

Salthouse, T., & Meinz, E. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 50B, 297-306.

Salthouse, T., Toth, J., Daniels, K., Parks, C., Pak, R., Wolbrette, M., et al. (2000). Effects of aging on efficiency of task switching in a variant of the trail making test. *Neuropsychology*, 14, 102-111.

Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B*, 298, 199-209.

Simon H. A. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, 268-288.

Sowell, E. R., Delis, D., Stiles, J., & Jernigan, T. L. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: a structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7, 312-322.

Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L., &

- Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human lifespan. *Nature Neuroscience*, 6, 309-315.
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. New York: Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Floden, D., Binns, M. A., Levine, B., McIntosh, A. R., et al. (2002). Fractionation and localization of distinct frontal lobe processes: Evidence from focal lesions in human. En D. T. Stuss, & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 392-407). New York: Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven.
- Talati, A., & Hirsch, J. (2005). Functional specialization within the medial frontal gyrus for perceptual go/no-go decisions based on "what," "when," and "where" related information: an fmri study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 981-993.
- Troyer, A. K. (2000). Normative data for clustering and switching on verbal fluency tasks. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22, 370-378.
- Troyer, A. K., Moscovitch, M., & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: Evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11, 138-1460.
- Van der Elst, W., Van Boxtel, M., Van Breukelen, G., & Jolles, J. (2006) The Stroop color-word test: Influence of age, sex, and education; and normative data for a large sample across the adult range. *Assessment*, 13, 62-79.
- Van Gerven, P., Van Boxtel, M., Meijer, W., Willems, D., & Jolles, J. (2007). On the relative role of inhibition in age-related working memory decline. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 95-107.
- Verhaeghen, P., & De Meersman, L. (1998). Aging and the Stroop effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13, 120-126.
- Wagner, G., Koch, K., Reichenbach, J. R., Sauer, H., & Schlosser, R. G. M. (2006). The special involvement of the rostrolateral prefrontal cortex in planning abilities: An event-related fMRI study with the Tower of London paradigm. *Neuropsychologia*, 44, 2337-2347.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Hallam, B. J., & Delis, D. C. (2005). Mental flexibility: Age-effects on switching. *Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Welsh, M. C. (1991). Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. *Cognitive Development*, 6, 59-76.
- Welsh, M. C. (2002). Developmental and clinical variations in executive function. En D. L. Mofese, & V. J. Molfese (Eds.), *Developmental variations in learning applications to social, executive functions, language, and reading skills* (pp. 139-185). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.

West, R. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.

West, R. (2000). In defense of the frontal lobe hypothesis of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 727-729.

Williams, B., Ponesse, J., Schachar, R., Logan, G. & Tannock, R. (1999) Development of inhibitory control across the life span. *Developmental Psychology*, 35, 205-213.

Wodka, E., Mahone, M., Blankner, J., Larson, J., Fotedar, S., Denckla, M., & Mostofsky, S. (2007). Evidence that response inhibition is a primary deficit in ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29, 345-356.

Zelazo, P., Craik, F., & Booth, L. (2004). Executive functions across the lifespan. *Acta Psychologica*, 115, 167-183.

Zelazo, P. D., & Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: II. The development of executive function. *Current directions in Psychological Science*, 7, 121-126.

Zook, N., Welsh, M., & Ewing, V. (2006). Performance of healthy, older adults on the Tower of London Revised: Associations with verbal and nonverbal abilities. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 1-19.



Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana

Julio César Flores Lázaro

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

Feggy Ostrosky-Solís

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

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

Agradecimiento

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

Resumen

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

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

Summary

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

heterogeneous influence in human behaviour.

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

Introducción

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

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

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

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

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

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

Neuroanatomía funcional de los lóbulos frontales

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

- *Corteza frontal dorsolateral*

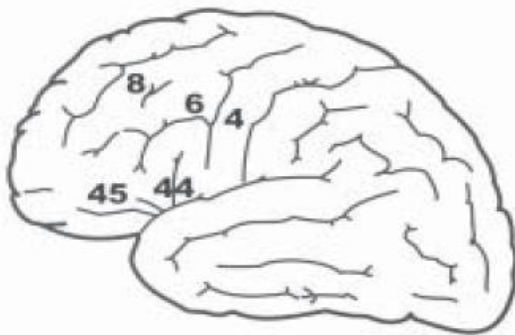
La corteza frontal dorsolateral es la región más grande y filogenéticamente más nueva de la corteza frontal, principalmente su región media y anterior (Stuss & Levine, 2000). Se divide en cuatro áreas principales: corteza motora, premotora, dorsolateral y anterior.

- *Corteza motora y premotora*

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

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

Corteza motora y premotora.



Nota: las coordenadas sólo son ilustrativas.

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

- *Corteza prefrontal dorsolateral*

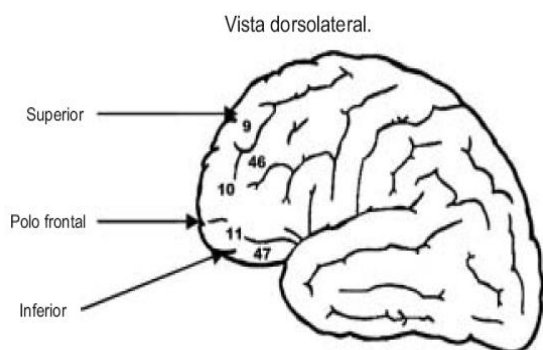
La región anterior a la corteza motora y premotora se denomina corteza prefrontal (CPF) (ver figura 2) y, en comparación con los primates más cercanos, representa la

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

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

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

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



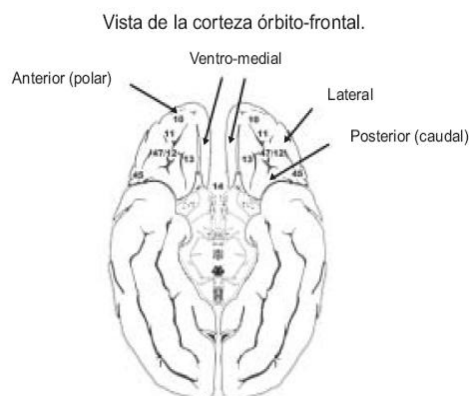
Numeración de acuerdo a Petrides y Pandya (2002).
Nota: las coordenadas sólo son ilustrativas.

Figura 2. Visión esquemática de las distintas áreas de la CPFDL.

- **Corteza orbitofrontal**

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

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



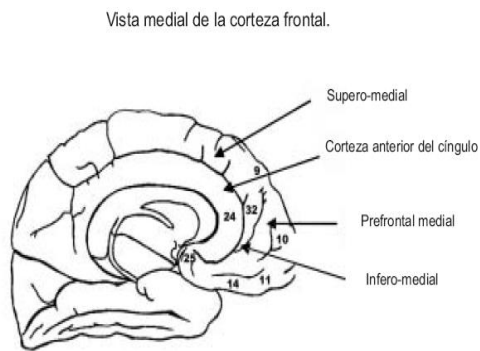
Numeración de acuerdo a Petrides y Pandya (2002) y Ongur y cols. (2003).
Nota: Las coordenadas sólo son ilustrativas.

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

- **Corteza frontomedial**

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

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



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

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

- **Diferencias hemisféricas**

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

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

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

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

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

Lóbulos frontales y funciones ejecutivas

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

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

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

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

- *Planeación*

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

- *Control conductual*

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

- *Flexibilidad mental*

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

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

- *Memoria de trabajo*

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

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

- *Fluidez*

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

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

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

- *Metacognición*

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

- *Mentalización*

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

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

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

- *Conducta social*

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

- *Cognición social*

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

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

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

Neuropsicología del daño frontal

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

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

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

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

Conclusiones

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

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

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

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

Referencias

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Funciones Ejecutivas: Aspectos Clínicos

Francisco Lopera Restrepo

Coordinador del Grupo de
Neurociencias de Antioquia,
Universidad de Antioquia,
Medellín, Colombia.

Correspondencia: Francisco Lopera Restrepo.
Calle 62 # 52-59, Torre 1, Piso 4, Laboratorio
411. Sede de Investigaciones Universitarias
(SIU). Universidad de Antioquia, Medellín,
Colombia. Teléfono 219-64-44. Correo
electrónico: flopera@une.net.co

Agradecimiento

Al CODI, Universidad de Antioquia por la financiación
del programa SOSTENIBILIDAD 2007-2008 al grupo
de Neurociencias de Antioquia.

Resumen

La función ejecutiva se refiere a la función directiva, gerencial y rectora del cerebro. Es el cerebro del cerebro. En realidad la función rectora o gerencial del cerebro, es más bien un conjunto de funciones directivas que incluyen aspectos muy variados de la programación y ejecución de las actividades cerebrales. Las lesiones de los lóbulos frontales, en especial de las regiones prefrontales se asocian con alteraciones en las funciones ejecutivas. Hay tres grandes síndromes dis-ejecutivos relacionados con alteraciones en diferentes regiones de los lóbulos frontales: síndrome prefrontal dorsolateral, síndrome orbitofrontal y síndrome mediobasal o cingular. Las lesiones de la región prefrontal dorsolateral producen un síndrome seudodepresivo, alteración de la flexibilidad expresada como conductas de perseveración, conductas de utilización y trastornos de la memoria de trabajo y de la memoria de contexto. El síndrome prefrontal orbital se asocia a lesiones o disfunciones de la región orbital de los lóbulos frontales. Se manifiesta como un comportamiento desinhibido, pueril, egocéntrico y a veces maníaco pareciéndose a un síndrome seudopsicopático. El síndrome medio basal o cingular produce alteraciones de la memoria emocional, en las tareas de supervisión atencional y en la toma de decisiones. Mientras la corteza lateral prefrontal es esencial para sostener representaciones transitorias aún cuando el estímulo relacionado no está presente, la región prefrontal ventromedial conecta la información con la experiencia pasada, especialmente con asociaciones afectivas.

Dada la importancia del tamaño de los lóbulos frontales y de las funciones ejecutivas, muchos síndromes clínicos se

acompañan de un núcleo fundamental de alteraciones de las funciones ejecutivas como sucede en la esquizofrenia, el S de Gilles de la Tourette, el trastorno por déficit de atención con hiperactividad, la demencia frontotemporal y otros trastornos.

Palabras clave: Función ejecutiva, cerebro ejecutivo, atención, planeación, programación, control cerebral. Disfunción ejecutiva, cerebro del cerebro, cerebro anterior. Lóbulos frontales.

Summary

The executive function talks about to the directive, and governing function of the brain. It is the brain of the brain. In fact the governing function of the brain is rather a set of directive functions that include aspects varied of the programming and execution of the cerebral activities. The injuries of the frontal lobes, in special of the prefrontal regions are associated with alterations in the executive functions. There are three syndromes dis-executives related to alterations in different regions from the frontal lobes: dorsolateral prefrontal syndrome, orbitofrontal syndrome and mediobasal or cingular syndrome. The injuries of the dorsolateral prefrontal region produce a pseudodepressive syndrome, alteration of the flexibility expressed like perseveración conducts, conducts of use and alteration of the working memory and the memory of context. The orbital prefrontal syndrome is associated to injuries of the orbital region of the frontal lobes. It is pronounced like behavior disinhibited, and looking like a pseudopsychopathic syndrome. The syndrome basal or Cingular produces alterations of the emotional memory, in the tasks of atencional supervision and the decision making. While the prefrontal lateral cortex is essential to maintain transitory

representations even though the related stimulus is not present, the ventromedial prefrontal region connects the information with passed experience, especially with affective associations. Given to the importance of the frontal lobes and of the executive functions, many clinical syndromes are accompanied by a fundamental nucleus of alterations of the executive functions as it happens in the schizophrenia, the S of Gilles of the Tourette, the attention deficit with hyperactivity disorder, the frontotemporal dementia and other disorders.

Key words: Executive function, executive brain, attention, planning, programming, cerebral control. Executive dysfunction, brain to the brain, anterior brain. Frontal lobes.

1. Introducción

Antes de considerar los aspectos clínicos de las funciones ejecutivas y de sus alteraciones o disfunciones debemos reconocer claramente el concepto de función ejecutiva.

Como su nombre lo indica la función ejecutiva se refiere a la función directiva, gerencial y rectora del cerebro. Es el cerebro del cerebro. Utilizando las analogías de una organización empresarial, educativa o de una orquesta, la función ejecutiva es la que corresponde al gerente de la empresa al rector de la Universidad o al director de la orquesta. Cada uno de estos directores de la empresa, institución educativa u orquesta sabe todos los detalles sobre su organización. El rector sabe quiénes son sus decanos y qué departamentos y secciones coordinan; el empresario conoce todas las secciones de

su empresa; y el director de orquesta conoce todos los instrumentos y los músicos que tocan cada uno de ellos. La función ejecutiva entonces se refiere a la capacidad de dirigir, orientar, guiar, coordinar, ordenar la acción conjunta de los elementos de la empresa o de la orquesta para lograr un fin o una meta. Debe verificar, criticar y corregir, en caso de desviación de la meta o de los objetivos. Si falla el director de orquesta, falla toda la orquesta. Si falla el gerente, la empresa puede entrar en bancarrota y, si falla el rector la institución educativa puede entrar en anarquía y caos. En cierto sentido la función ejecutiva también se puede considerar como la instancia gubernamental del cerebro. Es la instancia de la norma; de la ley. Es la instancia que traza línea sobre lo que se debe hacer o ejecutar y es también la instancia que censura, que corrige y sanciona o castiga. Es la ley social, moral y ética que guía nuestra vida; es la instancia planificadora y organizadora de nuestras acciones.

Visto de ésta manera, la función ejecutiva es la función mental o cognitiva por excelencia. De nada serviría tener una excelente habilidad lingüística, de memoria, de capacidad visuoperceptual y habilidades motoras si no hubiera un gerente que coordine y oriente todas estas habilidades. No basta con tener una inteligencia normal y buenas habilidades cognitivas en percepción, memoria y lenguaje. Además, es necesario tener una adecuada función ejecutiva que controle y coordine la acción conjunta de todas estas habilidades. El sentido común sabe identificar personas talentosas en la sociedad con altos niveles de inteligencia que se desperdician y fracasan en todos sus proyectos. Aunque la vida los ha dotado de todas las posibilidades para tener éxito, fracasan por

incapacidad de administrar adecuadamente sus habilidades y su talento. En este sentido es preferible que la vida nos dote de una buena capacidad para manejar un talento pobre que un gran talento con poca capacidad de manejarlo. De ahí la importancia de la función ejecutiva, la más importante de las funciones mentales superiores emergentes en la evolución.

Parece que existe fuerte similitud entre la evolución del cerebro, de la sociedad y de los sistemas computacionales hechos por el hombre. Cada uno de ellos está caracterizado por una transición desde el principio modular de organización, propio de estructuras más arcaicas y primarias, al principio gradienta y distribuido, propio de estructuras más interconectadas y complejas. En esa etapa altamente evolucionada del proceso emerge un SISTEMA DE CONTROL EJECUTIVO para poner riendas en la perspectiva de anarquía y caos que paradójicamente aumenta con el aumento de complejidad de cualquier sistema (Goldberg, 2004).

2. Componentes de las funciones ejecutivas

En realidad más que de una función ejecutiva deberíamos hablar de funciones ejecutivas, o del cerebro ejecutivo, porque la función rectora o gerencial del cerebro es más bien un conjunto de funciones directivas que incluyen aspectos muy variados de la programación y ejecución de las actividades cerebrales entre las cuales podríamos mencionar las siguientes:

1. Iniciativa, Volición, Creatividad: tener creatividad e iniciativa para planificar y programar acciones es uno de los componentes fundamentales de la función ejecutiva. Se refiere a la capacidad de ser creativo para

inventar opciones y alternativas ante situaciones nuevas y necesidades adaptativas y a la capacidad de activar el deseo y la voluntad para la acción.

2. Capacidad de Planificación y organización: no basta con tener voluntad, iniciativa y creatividad, es necesario planificar y organizar planes de acción para llevar a cabo las iniciativas que conduzcan al cumplimiento de metas. Dentro de este aspecto está contemplada la capacidad de formular hipótesis, realizar cálculos y estimaciones cognitivas y generar estrategias adecuadas para resolución de problemas y conflictos.
3. Fluidez y flexibilidad para la ejecución efectiva de los planes de acción: se debe contar con una fluidez en los procesos de ejecución del plan pero sobre todo en los procesos de análisis y verificación de la ejecución de los planes de acción. Esta fluidez incluye flexibilidad para retroceder, corregir, cambiar el rumbo de los planes de acuerdo a verificaciones de los resultados parciales que se obtengan.
4. Procesos de Atención selectiva concentración y Memoria operativa: las funciones ejecutivas requieren el concurso de procesos atencionales, de la atención selectiva para acciones específicas y de una adecuada memoria operativa o memoria de trabajo para mantener activos los diferentes pasos y ejecutar con éxito los planes de acción.
5. Procesos de Monitoreo y Control Inhibitorio: se requiere además capacidad de monitorear todos los pasos, inhibir impulsos que puedan poner en riesgo el éxito de un plan y

activar otros que dinamicen el proceso y monitorear todos los pasos para garantizar el feliz cumplimiento de los objetivos y las metas.

En el contexto de las actividades de la vida del individuo, cualquiera de estos aspectos de la función ejecutiva puede estar alterado o volverse disfuncional con un impacto clínico en su vida cotidiana.

Como puede observarse la mayoría de éstos aspectos claves de las funciones ejecutivas se pueden identificar como funciones que han sido tradicionalmente relacionadas con los lóbulos frontales y especialmente con las regiones prefrontales de éstos lóbulos. Por esto mismo los aspectos clínicos y alteraciones de las funciones ejecutivas son inconfundibles con los aspectos clínicos del síndrome frontal y especialmente con el síndrome prefrontal.

Hay tres regiones prefrontales estrechamente ligadas a las funciones ejecutivas y que se pueden identificar como las áreas de Brodman (AB): Dorsolateral (AB 8, 9, 10), Orbitofrontal (AB 10, 11, 13) y Medial-Cingular (AB 24). Este conjunto de áreas conforman el llamado cerebro ejecutivo.

3. El cerebro del cerebro: El lóbulo EJECUTIVO o el CEREBRO EJECUTIVO

La civilización humana y la consciencia son inseparables del surgimiento de los lóbulos frontales, o del cerebro ejecutivo. La mayor evolución de la corteza cerebral ha sido la emergencia del lenguaje y de las funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas dependen de la parte anterior de los lóbulos frontales específicamente de la corteza prefrontal que representa el 29% del total de la corteza en los humanos, el 17% en el chimpancé, el 8.5% en el macaco y representa el 3.5% del total de la corteza

cerebral del perro. Es la parte del cerebro más bien conectada. Está conectada a la corteza de asociación posterior, la mayor estación de integración perceptual y también con la corteza promotora, ganglios basales, y cerebelo, todos relacionados con el control motor y del movimiento. Está conectada con los núcleos dorsomedianos del tálamo la mayor estación de integración dentro del tálamo, con el hipocampo y estructuras relacionadas claves en la memoria, con el cíngulo anterior que regula emoción, con la amígdala que regula las más básicas relaciones entre el individuo y los miembros de la especie y con hipotálamo que controla las funciones vitales homeostáticas. Se conecta con el tallo y con los núcleos responsables de la activación y del despertar (Goldberg, 2004).

La intensa conectividad de los lóbulos Prefrontales los hace importantes para la coordinación e integración de todas las áreas cerebrales. Esta extrema conectividad hace de los lóbulos frontales una estructura de mucho riesgo ante las enfermedades pero según Hughlings Jackson esta propiedad de la corteza prefrontal puede ser el prerequisite crítico para la conciencia. La evolución de la conciencia, la máxima expresión del desarrollo del cerebro, es paralela a la evolución de la corteza prefrontal o cerebro ejecutivo que funciona como una red de tres grandes sistemas funcionales ejecutivos: dorsolateral, orbital y medial, cuyas lesiones o disfunciones originan síndromes diferentes de alteraciones del cerebro ejecutivo.

4. Síndrome prefrontal dorsolateral

Las lesiones de la región prefrontal dorsolateral producen un cuadro clínico que se conoce como síndrome prefrontal dorsolateral y que se manifiesta con

cambios depresivos, humor triste, indiferencia afectiva, hipoespontaneidad verbal, acinesia, apatía e inercia motriz, falta de iniciativa para la acción, desinterés por el mundo exterior, por el pasado y el futuro. El síndrome dorsolateral se ha conocido como síndrome pseudodepresivo porque produce un comportamiento que simula el de un paciente severamente deprimido. Pero la diferencia radica en que el paciente deprimido tiene un afecto triste mientras que el paciente con síndrome dorsolateral tiene un afecto plano, neutro y muestra una sensación de indiferencia general. La característica más notable del comportamiento del lesionado prefrontal dorsolateral es una incapacidad para iniciar y terminar cualquier comportamiento. Inercia de iniciación y de terminación. Si se le pide que dibuje círculos le cuesta empezar pero cuando empieza le cuesta terminar. Al paciente Vladimir había que guiarle la mano para iniciar a dibujar y luego detenérsela para que terminara (Goldberg, 2004). La naturaleza dominante de la inercia de iniciación y terminación es típica en el síndrome prefrontal dorsolateral. A continuación describiremos otras manifestaciones típicas del síndrome prefrontal dorsolateral.

4.1. Alteración de la flexibilidad cognitiva y conductual: perseveración

Una de las principales manifestaciones del síndrome prefrontal dorsolateral es la perseveración, la cual es una forma de pérdida de la flexibilidad. La flexibilidad cognitiva y conductual es una habilidad de las funciones ejecutivas dependiente de los lóbulos frontales. La alteración de la flexibilidad se puede expresar como conductas de PERSEVERACIÓN. En este caso, el paso de una tarea a otra es imposible y fragmentos de la tarea previa se

unen a la nueva. La perseveración es la repetición anormal de un comportamiento específico, debido a rigidez y falta de flexibilidad en los programas de acción. Afecta los actos motores o los verbales; si se le pide al paciente con lesión frontal dibujar un círculo, tiende a realizar dicha actividad de manera repetitiva y no puede controlar la tendencia a la perseveración. El mecanismo de acción motora está intacto pero lo que falla es el mecanismo de autocontrol del movimiento, ya que el paciente no puede parar la actividad. Ha perdido la función ejecutiva que permite programar la acción de parada de la acción. Otra modalidad de perseveración que se observa en pacientes con lesiones prefrontales masivas consiste en repetir la misma acción, como respuesta a solicitudes diferentes. Por ejemplo, cuando se le pide dibujar una cruz, el paciente puede hacerla, pero al solicitarle inmediatamente después hacer un cuadrado, el paciente dibuja de nuevo la cruz y así sucesivamente, ante nuevas órdenes sigue produciendo la misma respuesta. Esto es lo que se denomina comportamiento motor estereotipado que no es otra cosa que una conducta motora que no obedece a un plan programado de acción motora dirigido a un fin, como se esperaría bajo el control de funciones ejecutivas normales.

Cada tipo de perseveración está provocada por la ruptura del control ejecutivo ejercido por los lóbulos frontales sobre una parte distinta de la corteza. Cuando se le pide al paciente con lesión frontal que dibuje un círculo y persevera realizando múltiples círculos esta acción refleja el fracaso de la función ejecutiva para guiar a la corteza motora. Cuando se le pide que dibuje una cruz, un círculo y un cuadrado y persevera dibujando la cruz y luego el círculo con una cruz en el interior y luego un cuadrado con

una cruz en su interior, este tipo de perseveración refleja el fracaso de la función ejecutiva para guiar la corteza premotora (Goldberg, 2004).

4.2 Alteraciones del comportamiento dependiente del campo

La capacidad para responder a estímulos externos es el primer atributo de un cerebro primitivo. La evolución del cerebro se caracteriza por la transición lenta y laboriosa desde un cerebro que simplemente reacciona hasta un cerebro capaz de sostener una acción deliberada y sostenida. La capacidad de seguir un curso dirigido por un plan interno, surge bastante tarde en la evolución y es paralela al desarrollo de los lóbulos frontales. El daño de los lóbulos frontales retrocede el comportamiento del cerebro a estas formas primitivas reactivas dependiente de campo. La conducta de utilización es una conducta típica dependiente de campo que consiste en que el paciente usa lo que encuentra en su medio como reacción primaria al estímulo. Si encuentra una peinilla se peina, si encuentra un vaso con agua bebe, si encuentra un lápiz escribe, si encuentra una prenda se la pone. Lhermitte (1983) llamó a esta conducta comportamiento de utilización. En los casos más extremos el comportamiento dependiente de campo toma la forma de imitación directa, llamada ecolalia (imitación del habla) o ecopraxia (imitación de la acción). Hay una pérdida del control inhibitorio sobre la conducta dependiente de campo.

Lhermitte (1983) considera la conducta de utilización y de imitación como síntomas de desconexión frontoparietal. Según él, al liberarse los lóbulos parietales de las influencias inhibitorias de los lóbulos frontales, el paciente queda a merced de los estímulos del medio ambiente, sobre los

cuales pierde su autonomía, su autocontrol ejecutivo. Sin embargo, Botez et al. (1987) sugieren que éste es un comportamiento regresivo que se presenta tanto en lesiones frontales como en lesiones cerebrales difusas y que no tiene valor localizador, tan preciso como pensaba Lhermitte.

4.3 Alteraciones de la memoria de trabajo

Los pacientes con lesiones prefrontales se comportan aparentemente como sujetos normales. No tienen alteraciones neurológicas gruesas. No presentan una alteración en la percepción, en el lenguaje ni en la inteligencia y tampoco muestran trastornos de la memoria a largo plazo pero pueden tener dificultades en memoria operativa o memoria de trabajo. Es necesario distinguir entre la memoria almacenada a largo plazo y su activación para ser utilizada en alguna tarea actual (memoria activa, memoria operativa o memoria de trabajo). Nuestra habilidad para retener información en memoria a corto plazo es muy limitada. Sólo podemos manejar pocas piezas de información al mismo tiempo. Los pacientes con lesiones cerebrales nos han ilustrado sobre la disociación de los sistemas neurales de la memoria en dos grandes sistemas: el sistema de la memoria a corto plazo y el de la memoria a largo plazo. Muchos pacientes con severas dificultades para almacenar nuevas memorias en el sistema de memoria a largo plazo muestran pequeñas dificultades en los test de memoria a corto plazo. La función crítica de la memoria a corto plazo es convertir la nueva información adquirida en huellas de memoria a largo plazo. Sin embargo, la función esencial de la memoria de trabajo no se considera simplemente como una forma de registrar y almacenar información para futuros propósitos sino más bien como

un proceso de activación de memorias ya registradas que se actualizan con los contenidos presentes de la cognición. No respondemos como autómatas a una situación perceptiva, utilizamos nuestra memoria pasada para analizar, reaccionar o tomar decisiones sobre situaciones presentes.

La corteza prefrontal lateral es la región cerebral más involucrada en la memoria de trabajo. Los monos con lesiones de esta región cerebral pueden construir memorias asociativas visuales pero tienen baja eficiencia en tareas de memoria de trabajo (Goldman-Rakic, 1992). El test de permanencia del objeto de Piaget es una tarea de memoria de trabajo. Un niño observa al experimentador que oculta una recompensa en uno de dos lugares. Después de unos pocos segundos se le pide al niño que lo encuentre. Los niños menores de un año son incapaces de cumplir esta tarea porque aún no han madurado sus lóbulos frontales. El niño en estas condiciones actúa como si se guiara por este principio: “lo que no está a la vista no está en la mente”. Pero a medida que el niño y sus lóbulos frontales maduran cambia el principio y aprende a representar el objeto en su mente y ya no depende de su presencia visual para reconocer su existencia y deducir su localización. Esta capacidad de saber de la existencia del objeto y retener su localización en su ausencia visual es dependiente de la memoria de trabajo (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 1998). Los pacientes con lesiones frontales tienden a perseverar. Seleccionan la misma posición en varios ensayos porque no retienen donde quedó el objeto. La perseveración, además de ser un síntoma de rigidez cognitiva, puede ser también el resultado de una alteración de la memoria de trabajo.

La mayoría de las veces recordamos porque necesitamos la información recordada para algo. No se recuerda por recordar. Se recuerda para hacer uso del recuerdo. Esto implica una tarea de selección del conjunto de representaciones mnésicas disponibles en nuestro sistema de memoria a largo plazo. Es una tarea de selección activa aplicada sobre el universo de nuestro conocimiento almacenado. Esa tarea de selección generalmente se hace de manera automática y sin esfuerzo por uno de los componentes de las funciones ejecutivas en los lóbulos frontales: la memoria de trabajo. Puesto que la selección de la información requerida para resolver un problema se hace en los lóbulos frontales, éstos deben saber en qué parte de la corteza está almacenada dicha información. Esto sugiere que todas las áreas de la corteza están representadas de algún modo en los lóbulos frontales. Tal representación probablemente es grosera más que específica y permite a los lóbulos frontales saber qué tipo de información está almacenada en cada sitio pero no la información específica. Un aspecto muy importante de la memoria activa es su constante y rápido cambio de contenido. Las representaciones actualizadas en la memoria de trabajo deben salir tan pronto hayan prestado su servicio a la tarea cognitiva actual para dar lugar a la activación de otras representaciones que deben participar en nuevos procesos. Este tipo de memoria de trabajo está alterada muy tempranamente en la demencia. La indecisión, la duda y la delegación creciente en los demás para tomar decisiones son tan comunes como el deterioro de memoria o las dificultades para encontrar palabras en las etapas tempranas del deterioro cognitivo en los ancianos y son síntomas de alteración de la memoria de trabajo. Los

atributos de intencionalidad y volición se ponen realmente en juego en situaciones que requieren elección entre opciones múltiples o ambiguas y esa capacidad de elegir, de seleccionar, de decidir, de tomar decisiones en situaciones ambiguas es la que se comienza a deteriorar tempranamente en las demencias muy especialmente en la Demencia Frontotemporal (DFT) (Goldberg, 2004).

Se requieren dos condiciones para el buen funcionamiento de un sistema de memoria de trabajo: 1) debe haber un mecanismo de acceso a información almacenada, y 2) debe haber una manera de mantener la información activa. La corteza prefrontal puede hacer las dos operaciones. La corteza prefrontal puede ser el depósito temporal de representaciones procedentes de otras áreas cerebrales. La información no estaría almacenada permanentemente en la corteza prefrontal pero es mantenida allí mientras sea relevante para realizar una tarea. La memoria de trabajo es como un sistema de memoria RAM donde se actualiza la memoria del disco duro (a largo plazo) para participar en actividades o programas que se están ejecutando actualmente. También se puede pensar como un motor de búsqueda que sabe seleccionar en toda la WEB del cerebro la información que se necesita para una tarea determinada. El motor de búsqueda estaría en la corteza prefrontal, mientras que la información semántica en la WEB estaría almacenada en las áreas posteriores de la corteza. Existen ricas conexiones entre la corteza prefrontal y la corteza de asociación sensorial en las regiones parietales y temporales. Cuando se percibe un estímulo se crea una activación entre la región prefrontal y la corteza posterior formando una activación reverberante del circuito por el tiempo que dure la acción.

En 1992 se propuso un modelo de memoria de trabajo con dos subsistemas que compiten por el acceso a una central ejecutiva. Un sistema: el visoespacial activa representaciones de objetos y de su localización espacial. El otro sistema: el lingüístico, se refiere a una lupa fonológica que mantiene representaciones lingüísticas vía articulatoria (habla o repetición subvocal) (Baddeley, 1992, 1998). Algunos han pensado que estos dos sistemas representan también las funciones de memoria de trabajo del hemisferio derecho (subsistema visoespacial) y el hemisferio izquierdo (subsistema verbal). Esto se apoya en imágenes funcionales que muestran más activación de la región prefrontal derecha cuando la tarea de memoria de trabajo es visoespacial y mayor activación prefrontal izquierda cuando la tarea es verbal. Por ejemplo, cuando la tarea es generar un verbo asociado a un nombre se activa más la región del área de Broca (Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993).

Las lesiones prefrontales, especialmente las de la región dorsolateral tanto al lado izquierdo como al lado derecho afectan el funcionamiento normal de la memoria de trabajo lo cual altera la integridad de los procesos cognitivos.

4.4 Alteraciones de la memoria de contexto

Los pacientes con lesiones frontales tienen dificultad para recordar la fuente de la información aprendida y en las personas sanas hay evidencias de ligamiento de la memoria de contexto con los lóbulos frontales (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989). Nuestro conocimiento no sólo está limitado al contenido sino también al contexto en el cual tuvo lugar el aprendizaje. En esencia recordar un episodio aprendido es recordar detalles acerca de lugar y tiempo y del episodio en

sí mismo. La fuente de la memoria se refiere al origen de la información o al contexto en el cual la información fue aprendida y depende de los lóbulos frontales. No solamente codificamos el contenido de un estímulo sino que también codificamos cuándo y dónde sucedió. En muchas tareas de reconocimiento no es necesario recordar estos marcadores de tiempo y espacio. No siempre necesitamos recordar donde aprendimos algo. Con recordar el evento en sí mismo es suficiente. Cuando estamos haciendo una torta no necesitamos recordar donde aprendimos la receta pero si olvidamos un paso de la receta resulta útil saber dónde encontrar dicha información. De acuerdo a la disociación entre memoria del contenido y memoria del contexto se puede deducir que la memoria de la fuente (del contexto) requiere excesivos recursos atencionales con respecto a la memoria de contenido. La memoria de contenido es más relevante y menos sensible a los problemas atencionales.

La corteza prefrontal no solamente provee una memoria RAM de MEMORIA DE TRABAJO, sino que usa mecanismos inhibitorios para minimizar información que no es relevante para la situación actual. El grado de activación de una representación es inversamente proporcional a cuánto tiempo hace que el estímulo fue presentado. La pérdida de inhibición en lesionados frontales hace que permanezcan entretenidas las representaciones y el juicio de recencia se hace difícil, por eso las lesiones frontales están asociadas además de alteraciones de la memoria de trabajo y de contexto con alteraciones en juicios de memoria reciente (Jasper, 1995).

5. Síndrome prefrontal orbital

El síndrome prefrontal orbital se asocia a lesiones o disfunciones de la región orbital de los lóbulos frontales. Se manifiesta como comportamiento desinhibido, pueril, egocéntrico y a veces megalomaniaco o maniaco. Los pacientes siempre se ven optimistas y eufóricos. Generalmente muestran un comportamiento hiperactivo pero improductivo. Hacen de todo y nada. A veces presentan hipersexualidad, bulimia y trastornos vegetativos. También pueden tener trastornos del olfato (anosmia) o trastornos de la visión (hemianopsia) por lesiones de la vía olfativa o visual en su paso por la superficie orbital. El síndrome orbitofrontal es en muchos aspectos lo contrario del síndrome dorsolateral. Los pacientes están emocionalmente desinhibidos. Su tono emocional oscila constantemente entre la euforia y la irritabilidad con una franca deficiencia en el control de impulsos. Hacen lo que les apetece cuando les da la gana sin ninguna preocupación por las normas sociales. No tienen previsión por las consecuencias de sus actos, pueden incurrir en robos, comportamiento sexualmente agresivo, conducción imprudente y otras conductas antisociales. Son egoístas, fanfarrones, pueriles, obscenos, y sexualmente explícitos. El síndrome orbitofrontal se llamaba síndrome pseudo-psicopático, porque algunos pacientes con síndrome orbitofrontal pueden incurrir en comportamientos antisociales. Son individuos con una franca carencia de inhibiciones. No controlan sus impulsos. No tienen control volitivo sobre sus actos aunque tengan consciencia de la inconveniencia social de los mismos. Por ejemplo, un paciente con síndrome de Gilles de la Tourette (GT), trastorno del desarrollo que se caracteriza por tics

motores múltiples, tics verbales y conductas obsesivo-compulsivas no puede inhibir su tendencia a producir expresiones verbales obscenas o a satisfacer el impulso de tocar al otro en sus partes íntimas pese a que sabe de la restricción social de este tipo de conductas.

La temprana interacción madre-niño es importante para el desarrollo normal de la corteza orbitofrontal durante los primeros meses de vida y las experiencias estresantes en el inicio de la vida pueden dañar de forma permanente la corteza orbitofrontal predisponiendo a trastornos psiquiátricos (Schoore, 1997). El daño o mal desarrollo de la corteza orbitofrontal produce una especie de AGNOSIA MORAL. Se ha reportado estudios de dos adultos jóvenes que sufrieron daños en los lóbulos frontales en una etapa muy temprana de la vida. Ambos se embarcaron en comportamientos antisociales: mentiras, pequeños robos, ausentismo escolar, ni siquiera reconocían que sus acciones eran erróneas (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1999).

Un paciente con el síndrome ORBITOFRONTAL puede distinguir lo correcto de lo erróneo y pese a todo ser incapaz de utilizar este conocimiento para regular su comportamiento. Un paciente con lesión prefrontal isquémica en el territorio de la arteria cerebral anterior (ACA) secundaria al consumo crónico de cocaína no podía controlar su impulso de consumir droga. Cada 15 días al recibir su salario en una sola noche lo consumía todo en cocaína. Al percatarse de lo inconveniente de su conducta solicitó y firmó ante tesorería que no se le entregara su cheque quincenal y delegó en su esposa la tarea de reclamarlo. A pesar de ello en cada quincena fiaba y consumía el valor de

su quincena en cocaína. Tenía una incapacidad total para inhibir su impulso pese a su capacidad de evaluar y reconocer cognitivamente la inconveniencia de su conducta. Era consciente de su conducta irresponsable pero no podía abandonarla.

El alcance de nuestras responsabilidades está definido por el alcance de nuestro control volitivo que implica más que el conocimiento consciente. Implica la capacidad de anticipar las consecuencias de una acción propia, la capacidad de decidir si debería o no llevarse a cabo la acción, y la capacidad de elegir entre acción e inacción. Un paciente con síndrome de GT es consciente de lo que le está sucediendo pero no puede evitarlo. La capacidad de control volitivo depende de la integridad de los lóbulos frontales. La capacidad de contención depende principalmente de la corteza ORBITOFRONTAL.

6. Síndrome mediobasal y cingular

El cíngulo anterior, situado en la profundidad de los lóbulos frontales y con una arquitectura primitiva de tres capas corticales, hace parte del sistema límbico ayudando a modular las respuestas autonómicas y emocionales pero tiene también un papel muy importante en tareas de supervisión atencional. Por eso algunos lo reconocen como un SISTEMA DE SUPERVISION ATENCIONAL.

Ha creado mucho interés el hecho de que el cíngulo anterior se activa frecuentemente en muchos tipos de estudios de neuroimágenes funcionales con tomografía por emisión de positrones (PET). Por ejemplo, la actividad metabólica en la parte anterior del cíngulo se incrementa cuando se generan asociaciones semánticas a palabras, mientras que una lesión del

cíngulo anterior no produce trastornos del lenguaje. Por eso se piensa que es una estructura que opera como sistema de atención ejecutiva. Este sistema sirve para asegurarse que el procesamiento en otras regiones del cerebro es el más eficiente para la tarea actual. Sus interacciones con la corteza prefrontal permiten seleccionar el proceso de memoria de trabajo adecuado para la acción. Sus interacciones con la corteza posterior sirven para amplificar la actividad de un módulo perceptual sobre otros (Raichle, 1994). La naturaleza especial de la supervisión atencional del cíngulo radica en que el cíngulo responde principalmente a tareas nuevas, a la novedad. La actividad inicial del cíngulo en una tarea cognitiva estudiada mediante neuroimágenes funcionales, refleja la localización de los recursos atencionales de estímulos nuevos. Por ejemplo, en una tarea de repetir una palabra se activa el cíngulo anterior y en una de generar un verbo asociado a una palabra dada se activa el cíngulo y el lóbulo temporal. La PET identifica tres focos de actividad durante la tarea de generación de palabras (cíngulo, corteza prefrontal y corteza temporal). La actividad del cíngulo marca el inicio de la nueva tarea. Esta capacidad de discriminar entre novedad y familiaridad está alterada en pacientes con lesiones frontales y es un marcador de disfunción ejecutiva y del sistema de supervisión atencional.

La novedad y la familiaridad son dos características que definen la vida mental de una criatura capaz de aprendizaje. En un estado temprano del proceso de aprendizaje el organismo está frente a la novedad y en el último estado del proceso de aprendizaje está frente a un estado de rutinización o familiaridad. La transición de novedad a familiaridad o rutinización es el

ciclo universal de nuestros aprendizajes. El hemisferio derecho (HD) se ha relacionado con la novedad cognitiva, mientras que el hemisferio izquierdo (HI) se ha relacionado con las rutinas cognitivas (Goldberg, 2004). La novedad y la rutina son relativas. Lo que es nuevo para un individuo es familiar para otro. Por lo tanto, el papel de los dos hemisferios en la cognición es dinámico, relativo e individualizado. La distinción entre NOVEDAD Y FAMILIARIDAD puede ser aplicada a cualquier organismo capaz de aprendizaje y las diferencias hemisféricas basadas en esta distinción pueden realmente existir en especies no-humanas. En el aprendizaje de una tarea nueva el HD predomina en su actividad pero cuando ya se tiene experiencia en la tarea el control predominante lo toma el HI. El control dominante se traspasa de un hemisferio al otro. El HD es particularmente activo cuando la tarea es nueva pero su activación decrece cuando la tarea es familiar (Martin, Wiggs, & Weisberg, 1997). Esto significa que la asociación del HD con la Novedad y del HI con la familiaridad no depende de la información sino que es Universal. Así que los cambios de activación reflejan aspectos generales del aprendizaje más que aprendizajes de ítems específicos. Cada hemisferio cerebral está comprometido en todos los procesos cognitivos, pero su relativo grado de compromiso varía de acuerdo a los principios de NOVEDAD O FAMILIARIDAD. La emergencia de estos principios en la evolución le confiere al cerebro un gran poder computacional. Usando PET para estudio de una tarea frontal se examinaron los cambios de los patrones de activación en el curso del aprendizaje. La activación de los lóbulos frontales fue evidente al principio y al final del entrenamiento pero hubo mayor activación al inicio que al final del

experimento. Pero lo más interesante fue el cambio de activación. Al principio la mayor activación fue en el HD y al final en el HI de las estructuras prefrontales.

Ambos lóbulos frontales normalmente se activan con la Novedad, pero lo hace más intensamente el derecho que es anatómicamente mayor que el izquierdo. Con el aprendizaje el lugar de control cognitivo se desplaza del HD al HI y desde las partes frontales hacia las partes posteriores de la corteza (Goldberg, 2004).

6.1 Alteraciones del procesamiento emocional y toma de decisiones

La corteza cingulada anterior tiene un papel inhibitorio sobre la expresión de la angustia. Inhibe a la amígdala que expresa emociones negativas. El cíngulo ejerce un control sobre la amígdala moderando la expresión de angustia (Posner & Rothbart, 1998). Una sociedad de individuos en los que la amígdala activa no estuviera controlada por la corteza cingulada anterior estaría peleándose constantemente. La corteza cingulada anterior hace posible el discurso civilizado y la resolución de conflictos (Goldberg, 2004).

Damasio (1996) demostró que las lesiones frontales alteran el procesamiento emocional midiendo la respuesta galvánica de la piel (un registro electrofisiológico que mide conductancia eléctrica de la piel, la cual se modifica por cambios autonómicos como sudoración etc., y es la base del detector de mentiras). La respuesta galvánica de la piel desaparece en estos pacientes ante la presentación de estímulos afectivos. Cuando se usan imágenes neutrales vs. imágenes emocionales (desastre, accidente, desnudez, etc.), en los sujetos controles se observa un incremento de la respuesta galvánica de la piel con las imágenes emocionales con respecto a las

neutrales. Los pacientes con lesiones prefrontales ventromediales fallan en mostrar respuesta emocional autonómica. Los sujetos control muestran una reactividad a los estímulos emocionales que no se ve en los lesionados frontales (Tranel & Damasio, 1994).

El procesamiento emocional en la amígdala se proyecta a la corteza prefrontal ventromedial y al cíngulo anterior. Cuando el cazador se topa con una serpiente la información visual activa las memorias afectivas a través de proyecciones a la amígdala. Estas memorias no sólo producen cambios autonómicos como incremento en la rata de frecuencia cardiaca y presión arterial sino que el sujeto usa la información emocional para decidir el paso siguiente: correr o detenerse a observar. La amígdala realiza una evaluación pre-cognitiva, afectiva de la situación en términos de valor para la supervivencia (LeDoux, 2000). Damasio (1986) desecha la creencia de que el razonamiento y la emoción son procesos cognitivos separados. El piensa que el razonamiento es guiado por la evaluación emocional de las consecuencias de una acción y argumenta que las memorias afectivas son necesarias para tomar decisiones. La íntima conexión entre la región prefrontal ventromedial y el sistema límbico se usa como vía que media la toma de decisiones. Las representaciones mentales no son abstractas, están ligadas a experiencias afectivas. Cuando la región ventromedial prefrontal está dañada el paciente puede estar consciente de la pérdida de un ser querido pero está desprovisto del dolor emocional que acompaña la pérdida y esto puede modificar su conducta y su forma de tomar decisiones. Así como la corteza lateral prefrontal es esencial para sostener

representaciones transitorias aún cuando el estímulo relacionado no está presente, la región prefrontal ventromedial conecta la información con la experiencia pasada, especialmente con asociaciones afectivas. Cuando la corteza prefrontal está dañada la conducta está fuertemente ligada al estímulo presente y las reacciones desligadas de las experiencias pasadas.

7. Síndromes disejecutivos específicos

Una gran cantidad de trastornos neurológicos y psiquiátricos variados se asocian a trastornos de las funciones ejecutivas. Mencionaremos los más representativos afectando al cerebro ejecutivo.

7.1 Esquizofrenia

Es un trastorno que afecta al 1% de la población. Pude tener factores de susceptibilidad genética pero los factores ambientales juegan un papel importante en su expresión y su curso clínico. Parece ser más dominante y precoz en hombres que en mujeres. Empieza con episodios psicóticos. Pero además de la psicosis, la esquizofrenia se caracteriza por un déficit cognitivo que es permanente, presente incluso antes de y entre los episodios psicóticos y es a menudo más limitante que la psicosis. El trastorno cognitivo se caracteriza fundamentalmente por un síndrome disejecutivo. Kraepelin la llamó demencia precoz y con razón sugería que se relacionaba con una disfunción o alteración de los lóbulos frontales. Se ha utilizado PET para estudiar esquizofrénicos encontrándose hipofrontalidad severa. En personas sanas los lóbulos frontales son normalmente fisiológicamente más activos que el resto de la corteza (Franzén & Ingvar, 1975; Reaedler, Knable, & Weinberger, 1998). Esta pauta se conoce

como hiperfrontalidad. La HIPERFRONTALIDAD en los sujetos normales es un fenómeno robusto y altamente reproducible. Puede demostrarse con electroencefalograma (EEG), tomografía por emisión de un fotón único (SPECT) y PET (Goldberg, 2004).

En ciertos trastornos la pauta de hiperfrontalidad desaparece y está reemplazada por hipofrontalidad. La hipofrontalidad es una señal segura de disfunción severa de los lóbulos frontales. Los síntomas negativos de la esquizofrenia son los síntomas reveladores de la disfunción frontal. Incluyen la falta de iniciativa e impulso y la monotonía afectiva. Tienden a perseverar y a hacer asociaciones tangenciales y sueltas. La primera manifestación psicótica de la esquizofrenia usualmente es a los 18 años cuando se debe haber completado la maduración frontal. Desde el punto de vista de los circuitos de neurotransmisores en la esquizofrenia está afectado el circuito dopaminérgico mesolímbico-mesocortical. Hay dos grandes sistemas dopaminérgicos que se originan en núcleos del tallo cerebral: El NIGRO-ESTRIATIAL que se origina en la sustancia nigra y el MESOLÍMBICO- MESOCORTICAL que se origina en el área tegmental ventral. El primero se proyecta a los ganglios basales y no está afectado en la esquizofrenia. El segundo está asociado con la esquizofrenia. El sistema mesolímbico-mesocortical subdivide a su vez en dos componentes: El MESOLÍMBICO que se proyecta en la región mesial profunda del lóbulo temporal y el MESOCORTICAL que corresponde al sistema de conexión RETICULO-FRONTAL y su disfunción está específicamente involucrada en la esquizofrenia (Goldberg, 2004).

7.2 Síndrome disejecutivo secundario a trauma craneoencefálico

El trauma craneoencefálico (TEC) es una epidemia silenciosa. Los pacientes con TEC con frecuencia pierden el impulso, la iniciativa, se hacen pasivos e indiferentes, bromistas, emocionalmente volátiles, inestables, irritables, ariscos, e impulsivos. Estos cambios reflejan un deterioro sutil de las funciones ejecutivas y, por lo tanto, de los lóbulos frontales. Los estudios de la tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética nuclear (RMN) del cráneo generalmente son normales. En la mayoría de los casos no hay lesión demostrable de los lóbulos frontales. Sin embargo, las disfunciones prefrontales son más evidentes con estudios de neuroimágenes funcionales. Se ha utilizado SPECT para estudiar pautas de flujo sanguíneo cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) leve. Invariablemente el flujo sanguíneo cerebral es anormal y suele estar reducido en los lóbulos frontales (Masdeu, Abdel-Dayem, & Van Heertum, 1995). Como en la esquizofrenia la lesión cerrada de cráneo produce una hipofrontalidad sin lesión frontal. Es probable que el mecanismo sea un daño de las conexiones del tallo cerebral hacia los lóbulos frontales. Un síndrome de desconexión RETICULO-FRONTAL.

7.3 Síndrome de desconexión retículo-frontal

EL tallo cerebral contiene los núcleos responsables de la activación del resto de la corteza cerebral. Algunos de estos núcleos se denominan colectivamente como SUSTANCIA RETICULAR ACTIVANTE O FORMACIÓN RETICULAR. Dentro de este grupo llama la atención los núcleos del área tegmental ventral que contiene un conjunto de conexiones

descendentes y ascendentes que comunican los lóbulos frontales y los núcleos reticulares del tallo cerebral ventral. A través de estas conexiones los lóbulos frontales ejercen su control sobre diversas estructuras cerebrales modulando su nivel de activación. “Si los lóbulos frontales son el aparato de toma de decisiones, entonces la formación reticular es un amplificador que sirve para comunicar estas decisiones al resto del cerebro con una voz sonora y clara” (Goldberg, 2004). Anteriormente se pensaba que estos núcleos de proyección difusa tenían una función de activación inespecífica de la corteza cerebral pero cada vez se van revelando funciones más específicas y puntuales de algunos de estos núcleos de la formación reticular. El área tegmental ventral del tallo cerebral, por ejemplo, da origen al sistema DOPAMINERGICO MESOCORTICAL que se proyecta a los lóbulos frontales. “Si los lóbulos frontales son el centro de TOMA DE DECISIONES del cerebro, el AREA TEGMENTAL VENTRAL es su fuente de energía, la batería y el camino dopamínico mesocortical ascendente es el cable de conexión” (Goldberg, 2004).

A veces se observan pacientes con un claro síndrome prefrontal que no tienen una lesión estructural evidenciable en los lóbulos frontales. Un síndrome prefrontal puede ser causado por una desconexión retículo frontal lo cual se puede presentar con relativa frecuencia en casos de traumas cerrados de cráneo y aún en casos de trauma leve y se conoce como un síndrome de DESCONEXIÓN RETICULO-FRONTAL (Goldberg, Bilder, Hughes, Antin, & Mattis, 1989), que no es más que un síndrome disejecutivo frontal secundario a una lesión en tallo o a sus conexiones con los lóbulos frontales. El primer caso reportado con este síndrome y el más representativo es el caso

Kevin (Goldberg et al., 1989). Este caso fue también el primer caso bien documentado de deterioro de memoria remota sin un déficit comparablemente severo de nuevo aprendizaje (amnesia retrógrada sin amnesia anterógrada) (Goldberg et al., 1981).

7.4 TDAH: El Síndrome disejecutivo más frecuente en la población infantil

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es el síndrome de disfunción ejecutiva más común en la edad escolar. Afecta del 5-10% de los niños en edad escolar. La forma hiperactiva del TDAH está involucrada con disfunción orbitofrontal y sus conexiones y la forma inatenta del TDAH es más probable que esté relacionada con una disfunción dorsolateral. Aunque el núcleo central del TDAH es el trastorno atencional, generalmente se asocia a conductas de disfunción ejecutiva como la impulsividad, dificultades en organización, planificación, previsión, memoria operativa y comportamiento social.

La atención puede describirse como un proceso de tipo bucle que implica interacciones complejas entre la corteza prefrontal, el tallo cerebral ventral y la corteza posterior. El daño de cualquiera de estas estructuras o de sus conexiones puede interferir con la atención produciendo una forma de déficit atencional. La corteza prefrontal modula al tallo basándose en la retroalimentación que recibe de las partes posteriores de la corteza.

Los lóbulos frontales son muy vulnerables a una gran gama de trastornos de ahí que hay una alta tasa de disfunción frontal y trastorno de atención. EL TDAH es una de las causas más frecuentes de esta disfunción pero pueden existir otras causas funcionales y estructurales. El tema del

TDAH y su relación con las funciones ejecutivas y los lóbulos frontales se tratará más ampliamente en otro artículo de esta publicación.

7.5 Síndrome de Guilles de la Tourette

El síndrome de Guilles de la Tourette (GT) es un claro síndrome dis-ejecutivo fronto-subcortical donde están involucrados los lóbulos frontales y los ganglios basales, caracterizado por pérdida del control de impulsos, tics motores múltiples y verbales y expresiones verbales involuntarias, a menudo altamente inoportunas y ofensivas. Guilles de la Tourette describió en 1885 los tics faciales y corporales, gruñidos, compulsiones, expresiones obscenas y una exploración incesante del entorno. Estos síntomas aparecen en varias combinaciones que suelen cambiar con el tiempo. Pueden ser sutiles o muy notables. Tiende afectar más a los hombres.

En el síndrome de GT los núcleos caudados escapan de algún modo al control prefrontal. Junto con el tálamo, los ganglios basales son los antecesores evolutivos de la corteza. Su papel original fue reemplazado por los LÓBULOS FRONTALES que en los mamíferos desarrollados ejerce una influencia inhibitoria sobre los núcleos caudados. En el Tourette esta influencia inhibitoria de la corteza frontal sobre los núcleos caudados está alterada. El paciente con Tourette tiene perseveración y dependencia de campo y tiene en el borde de los labios lo que tiene en su mente. El síndrome de GT está asociado a trastorno obsesivo compulsivo (TOC) y TDAH. El síndrome de GT se acompaña probablemente de TOC si se afecta el caudado izquierdo y de TDAH si está afectado el caudado derecho (Goldberg, 2004). La rigidez puede ser una variante individual normal de las funciones de los

lóbulos frontales pero las formas más profundas de rigidez se expresan como un trastorno obsesivo compulsivo (TOC) en el que están implicados además los ganglios basales.

7.6. Demencia frontotemporal

En las demencias frontotemporales cuyo principal representante es la enfermedad de Pick se produce una degeneración selectiva de los lóbulos frontales. Este síndrome se caracteriza por francas alteraciones de personalidad y del comportamiento y por un síndrome de alteración de funciones ejecutivas. Los pacientes presentan deterioro en su creatividad, intuición, en el control de impulsos y desarrollan conductas socialmente inaceptables. Demandan gratificación inmediata, no tienen en cuentas las normas sociales y no se ven limitados por miedo al castigo o a las sanciones sociales. Pierden el control de sus propias decisiones hasta el punto de que algunos psicópatas y enfermos mentales con disfunción ejecutiva buscan la forma de volver al hospital o a la cárcel como una forma de automedicación, como un intento de compensar su déficit ejecutivo que les hace incapaces de tomar sus propias decisiones. En cierto sentido necesitan actuar con el cerebro ejecutivo de otro. Esto es muy evidente cuando se le solicita a un paciente con enfermedad de Pick realizar espontáneamente y por copia un dibujo. Mientras que la copia es perfecta, servil, la producción espontánea es muy deficiente. Hay una franca disociación entre la ejecución por orden verbal y la ejecución por copia. En la tarea por copia no necesita usar su cerebro ejecutivo pero en la tarea espontánea debe hacer uso de todos los recursos de su función ejecutiva y ésta dificultad queda plasmada en la mala

calidad de la figura realizada por orden verbal sin la ayuda de un modelo visual.

Es posible que la conducta imitadora de los niños se pueda interpretar como una forma de apoyarse en la función ejecutiva del otro mientras la suya propia madura. La conducta imitadora de los niños es bastante similar a la conducta imitadora de los pacientes con lesiones o disfunciones frontales de ahí que se ha considerado que un paciente frontalizado es un paciente infantilizado.

En las sociedades occidentales la edad de los 18 años ha quedado codificada como la edad de la madurez social. La sociedad reconoce a través del sentido común que el individuo asume el control adecuado sobre sus impulsos, instintos, y deseos sólo a cierta edad. La edad de los 18 es la edad de maduración social y es también la edad de maduración completa de los lóbulos frontales.

Referencias

Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 1032-1037.

Baddeley, A., (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.

Baddeley, A. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série III*, 231, 167-173.

Botez, M. I. (1987). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montreal: Les Presses de l'université de Montreal-Masson.

Damasio, A. R. (1996). *El error de Descartes*. Barcelona: Crítica.

Franzén, G., & Ingvar, D. H. (1975). Absence of activation in frontal structures during psychological testing of chronic schizophrenics. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 38, 1027-1032.

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (1998). *Cognitive Neuroscience: The biology of the mind*. New York: W.W Norton Company.

Goldberg, (2004). *El cerebro ejecutivo: Los lóbulos frontales y mente civilizada* (2a. ed.). Barcelona: Crítica.

Goldberg, E., Antin, S. P., Bilder, R. M., Jr., Gerstman, L. J., Hughes, J. E., & Mattis, S. (1981). Retrograde amnesia: possible role of mesencephalic reticular activation in long-term memory. *Science*, 213, 1392-1394.

Goldberg, E., Bilder, R. M., Hughes, J. E., Antin, S. P., & Mattis, S. (1989). A reticulo-frontal disconnection syndrome. *Cortex*, 25, 687-695.

Goldman-Rakic, P. S. (1992). Working memory and the mind. *Scientific American*, 267, 110-117.

Janowsky, J. S., Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1989). Source memory impairment in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 27, 1043-1056.

Jasper, H. H. (1995). A historical perspective. The rise and fall prefrontal lobotomy. *Advance in Neurology*, 66, 97-113.

- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155-184.
- Lhermitte, F. (1983). 'Utilization behaviour' and its relation to lesions of the frontal lobes. *Brain*, 106 (Pt. 2), 237-255.
- Martin, A., Wiggs, C. L., & Weisberg, J. (1997). Modulation of human medial temporal lobe activity by form, meaning, and experience. *Hippocampus*, 7, 587-593.
- Masdeu, J. C., Abdel-Dayem, H., & Van Heertum, R. L. (1995). Head trauma: use of SPECT. *Journal of Neuroimaging*, 5(Suppl. 1), S53-S57.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K., (1998). Attention, self-regulation and consciousness. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 353, 1915-1927.
- Raedler, T. J., Knable, M. B., & Weinberger, D. R. (1998). Schizophrenia as a developmental disorder of the cerebral cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 157-161.
- Raichle, M. E. (1994). Images of the mind: studies with modern imaging techniques. *Annual Review of Psychology*, 45, 333-356.
- Schore, A. N. (1997). Early organization of the nonlinear right brain and development of a predisposition to psychiatric disorders. *Development and Psychopathology*, 9, 595-631.
- Tranel, D., & Damasio, H. (1994). Neuroanatomical correlates of electrodermal skin conductance response. *Psychophysiology*, 31, 427-438.

F

Función Ejecutiva en la Investigación de los Trastornos del Comportamiento del Niño y del Adolescente

Natalia Trujillo

Doctorado en Ciencias Básicas
Biomédicas, Facultad de Medicina,
Grupo de Neurociencias de Antioquia,
Universidad de Antioquia.

David A. Pineda

Grupo de Neuropsicología y Conducta,
Universidad de San Buenaventura,
Universidad de Antioquia.
Medellín, Colombia.

Correspondencia: David Pineda, M. D. Calle
62 # 52-59 (SIU) Laboratorio 412. Medellín,
Colombia. Correo electrónico:
dpineda12@hotmail.com

Proyecto de Investigación: "Genética del Trastorno de Atención-Hiperactividad: los fenotipos complejos, los endofenotipos y la asociación con genes mayores y de susceptibilidad" financiado por COLCIENCIAS, la Universidad de Antioquia, La Universidad de San Buenaventura y el NGRI-NIH. Código: 1115-04-18083, Contrato: 459-2005.

Resumen

La función ejecutiva (FE) es una actividad cognitiva, cuyo estudio se ha enfocado desde diversos modelos, lo que ha generado objetos teóricos que en ocasiones pudieran representar operaciones mentales distintas en cada caso. En este artículo se hace una referencia general de cada uno de estos modelos. Se comenta la relación entre la FE y la actividad de los circuitos de los lóbulos frontales. Se expone la propuesta del desarrollo jerárquico de la actividad ejecutiva, basado en el modelo de solución de problemas (SP) y la aparición de los diversos niveles de conciencia. Finalmente se exponen algunas de las investigaciones de la función ejecutiva de los niños en la literatura internacional y en Colombia.

Palabras claves: Función ejecutiva, teoría de la mente, desarrollo, evolución, niños, conducta infantil.

Summary

Executive function (EF) is a complex cognitive activity, which has focused from different models, allowing diverse theoretical objects that could be representing assorted mental skills in each case. In this paper EF models are panoramically presented. Relationships between EF and frontal lobes circuitries are commented. Developmental hierarchical hypothesis of executive function is exposed, which is base upon problem solving (PS) model and on the acquisition of diverse awareness and consciousness levels. Finally, several researches about child EF in the international literature and in Colombia are presented.

Key words: Executive function, theory of mind, development, evolution, children, child behavior.

Introducción

La función ejecutiva (FE) se ha definido como un conjunto de habilidades cognitivas, emocionales y motivacionales, que emergen de circuitos y estructuras particulares de los lóbulos frontales, con un gradiente de especialización y jerarquía funcional. De esta manera, el área orbitofrontal tendría una mayor participación en la autorregulación del comportamiento, interpretación de escenarios de acción, toma de decisiones; además, en la adquisición y uso de la teoría de la mente (TdM) o sistema de atribuciones para interpretar las intenciones de los demás. Mientras, las regiones dorsolaterales y algunas estructuras de la corteza del cíngulo favorecen el desarrollo de la anticipación, el establecimiento de metas, el diseño de planes y programas, el inicio de las actividades y de las operaciones mentales, la monitorización de las tareas, la selección precisa de los comportamientos y las conductas, la flexibilidad en el trabajo cognoscitivo y su organización en el tiempo y en el espacio, para obtener resultados eficaces en la solución de problemas (SP) (Barkley, 1998; Boone, 1999; Lezak, 1995; Pineda, 1996; Pineda, Ardila & Rosselli 1999; Pineda, Cadavid, & Mancheno, 1996; Reader, Harris, Schuerholz & Denkla 1994; Stuss & Benson, 1984, 1986; Weyandt & Willis, 1994).

Luria (1973), describió por primera vez la existencia de una actividad cognitiva reguladora del comportamiento humano, la cual permitiría actuar de acuerdo con una

intención definida, en dirección hacia la obtención de una meta y, por lo tanto, con una modulación a través de un programa específico mediado por el lenguaje, lo cual requeriría de un tono cortical constante; sin embargo, en sus textos nunca usó el término FE. Lezak (1995), amplió la conceptualización de esta función reguladora, refiriéndose a ella como un conjunto de habilidades de planificación, programación, regulación, y verificación de la conducta intencional. Para la autora estos elementos permiten llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y socialmente aceptada. Daría la impresión de que - para esta autora - existiera una multiplicidad de destrezas ejecutivas independientes y no a una FE única, en los términos de un sistema funcional complejo, formado por diversos componentes, cada uno con una actividad independiente, pero con un factor común subyacente, que los llevaría a trabajar con un propósito único: la organización cognitiva, según lo propuesto por Luria (1966).

Por su parte Stuss (1992), tomando distancia del modelo funcionalista de Luria y de la propuesta comportamental de Lezak, (1995) plantea un modelo jerárquico de control ejecutivo (CE), formulando que la actividad del córtex prefrontal se organizaría en procesos que trabajarían de manera independiente con la información, pero cada uno de ellos requeriría de insumos (inputs), que provienen del otro (outputs), los cuales se autorregularían de manera interactiva y que se asumirían como establecidos en 3 niveles de procesamiento: 1. Procesador de entrada de la información (nivel perceptual y sensorial automático), 2. Sistema comparador (anticipación, selección de objetivos y elaboración de planes, analiza la

información con base en experiencias anteriores) 3. Sistema organizador de salida (autoconciencia y autorreflexión, utiliza la información del sistema comparador con el fin de elegir el tipo de respuesta adecuado). Stuss y Alexander (2000) ampliaron su modelo de procesamiento cognitivo, señalando que el concepto de lo “ejecutivo” (actividad de los lóbulos frontales), más que una serie de destrezas, serían cambios de la actividad cognitiva que se relacionarían con elementos de naturaleza multifactoriales en un nivel razonamiento (metacognición), los cuales serían los primeros que se afectarían a causa de traumas o disfunciones frontales. También se considerarían dentro del modelo la organización temporal de la actividad compleja, el esfuerzo cognitivo controlado arriba –abajo, el control o vigilancia (autosupervisión) de los procesos cognitivos complejos, la memoria operativa, el procesamiento comparativo de la información novedosa y la ejecución organizada de las conductas.

Saver y Damasio (1991) usaron el modelo de la lesión cerebral para definir las FE a partir de las alteraciones neuropsicológicas en pacientes con trauma de cráneo frontal. A partir de los síntomas encontrados, los autores infieren que las FE son un conjunto de destrezas relacionadas con la planeación, la formación de conceptos, el pensamiento abstracto, la toma de decisiones, la flexibilidad cognitiva, el uso de la realimentación, la organización temporal de eventos, la inteligencia general o fluida y el monitoreo de las acciones y, especialmente, el ajuste entre el conocimiento de las normas sociales y su cumplimiento contextual. Tranel, Anderson y Benson (1994), en esta misma línea conductual, sugieren que las FE son

habilidades para planear, tomar decisiones, emitir juicios y tener autopercepción.

Otra concepción de la FE, desde la perspectiva de procesos, hace énfasis en la actividad de control inhibitorio (CInh) y de metacognición, como los elementos indispensables para generar las estrategias complejas de SP y análisis de situaciones (Carlson, Moses, & Hix, 1998). Por otra parte, Denkla y Reiss (1997) proponen la FE como un modulo cognitivo y funcional, que involucra elementos de inhibición, memoria de trabajo y estrategias organizativas necesarias para la preparación de la respuesta. Zelazo y Muller (2002) definen la FE, desde la perspectiva de las etapas sucesivas de la SP, como una estructura jerárquica, que contiene subfunciones y una organización específica para cada una de ellas. Desde esta perspectiva la FE permite tener un plan en mente el tiempo suficiente para guiar un pensamiento o acción, y llevar a cabo una conducta preestablecida. Este control del comportamiento y de la acción se refiere al uso de la intencionalidad y de las reglas. De esta forma, la SP da elementos básicos para la explicación de los procesamiento de alto orden, los cuales permiten su evaluación secuencial (paso a paso) y, de esta manera, siguiendo los modelos iniciales de Luria (1973) en la observación evolutiva, establecer el desarrollo de los procesos de SP. La novedad del modelo de Zelazo y Muller es el uso de herramientas psicométricas estandarizadas, por ejemplo la prueba de clasificación de tarjetas de Wisconsin (del original en inglés Wisconsin Card Sorting Test: sigla WCST).

En los modelos modernos de FE se ha privilegiado el análisis de la actividad cognitiva sobre lo conductual y lo emocional. Recientemente se ha empezado

a retomar la importancia al estudio de la FE relacionada con estructuras orbitofrontales y del cíngulo anterior, la cual se ha denominado como “FE caliente”, porque supone la existencia de contenidos emocionales y motivacionales en su expresión. La investigación de este tipo de FE ha permitido suponer que tiene un importante rol en la toma de decisiones afectivas, en el retraso de la gratificación, en la identificación de deseos, pensamientos, sentimientos e intenciones propias y de los otros, en el control de la conducta y la regulación del comportamiento (Perner & Lang, 1999; Séguin & Zelazo, 2005). Se sospecha que las *FE caliente* influye en el control de la agresión, de la mano con el control inhibitorio (Séguin & Zelazo, 2005).

Independiente del modelo que se asuma, hay consenso en admitir que la FE, o la actividad ejecutiva, o los procesos ejecutivos o el CE, son sistemas de operaciones cognitivas complejas relacionadas con el funcionamiento de los circuitos frontales -que se estructuran a través de etapas sucesivas durante el desarrollo, a través del cual se relacionan de alguna manera con el desarrollo del lenguaje y de la inteligencia general. Lo anterior supone que el trabajo desplegado por la FE dependerá de factores múltiples, tales como la maduración de los circuitos de los lóbulos frontales, la naturaleza y complejidad de la tarea cognitiva, el nivel de desarrollo de la actividad ejecutiva, de la familiaridad con el tipo de tarea, del entrenamiento académico, de la ocupación, las destrezas automatizadas, de las demandas de otras tareas simultáneas o secuenciales y de la guía cognoscitiva principal de la tarea (Boone, 1999; Fletcher,

1996; Lezak, 1995; Pineda, 1996; Pineda et al., 1996).

Sistemas cerebrales ejecutivos

Se presume que la FE es una actividad propia de los lóbulos frontales, más específicamente de sus regiones anteriores, las áreas prefrontales, y sus conexiones recíprocas con otras zonas del córtex cerebral y con otras estructuras subcorticales, tales como los núcleos de la base, el núcleo amigdalino, el diencefalo y el cerebelo. A este substrato neuroanatómico y neurocomportamental se le ha denominado de manera genérica como sistema frontal o prefrontal, o como áreas de actividad cerebral anterior, de allí que estas referencias se toman como sinónimos en la literatura neuropsicológica (Kelly, Best, & Kirk, 1989; Reader et al., 1994; Schaugency & Hynd, 1989; Stuss & Benson, 1984, 1986).

Los lóbulos frontales representan un sistema neurológico muy complejo (Luria, 1966; Welsh, Pennington, & Groise, 1991). La complejidad de los lóbulos frontales es evidente en los diversos sistemas de conexiones recíprocas con el sistema límbico (sistema motivacional), con el sistema reticular activador (sistema de atención sostenida), con las áreas de asociación posterior (sistema organizativo de los reconocimientos), y con las zonas de asociación y las estructuras subcorticales (núcleos de la base) dentro de los mismos lóbulos frontales (sistema de control sobre las repuestas comportamentales) (Barbas & Mesulam, 1981; Bustamante, 1994; Chow & Cummings, 1999; Reep, 1984).

Estas interconexiones, especialmente las proyecciones con el núcleo dorsomediano del tálamo, definen la particular organización histológica de la corteza

isocortical prefrontal (Bustamante, 1994; Reep, 1984). En los humanos estas zonas alcanzan un tercio de toda la superficie del neocórtex, y se cree que integran los comportamientos intencionados, los cuales requerirían una planeación y organización secuencial de las acciones (Chow & Cummings, 1999; Lezak, 1995; Luria, 1966; Stuss & Benson, 1984, 1986).

Dada la complejidad de estas actividades, es lógico considerar a las áreas prefrontales como un conjunto de sistemas anatómicos complejos, definidos por su histología, el tipo y el número de conexiones con otras estructuras cerebrales y las características neuroquímicas de estas conexiones (Chow & Cummings, 1999; Stuss & Benson, 1984; 1986).

La corteza prefrontal ha sido definida estructuralmente de acuerdo con las proyecciones talámicas, ya que estas conexiones tienen la particularidad filogenética de aparecer bien definidas en los primates y en el hombre. Las dos más grandes proyecciones aferentes al córtex prefrontal provienen de los núcleos talámicos dorsomediano y ventral anterior por un lado, y del núcleo ventral lateral por el otro. Estas proyecciones definen la composición histológica de lo que se conoce como corteza frontal granular, por estar constituida predominantemente por células (neuronas granulares) de la capa II y IV del neocórtex. Las proyecciones de la porción medial del núcleo dorsomediano (magnocelular) se dirigen a la porción medial y orbital de la corteza prefrontal (áreas 11, 12, 13 y 14 de Brodman). La porción lateral del núcleo (parvocelular) se proyecta a las áreas prefrontales laterales y dorsales (áreas 9 y 10 de Brodman). Las proyecciones de la zona paralaminar del núcleo dorsomediano se dirigen al área 8

de Brodman, también denominada como campo ocular frontal. El núcleo ventral lateral tiene proyecciones recíprocas con las áreas 6 de Brodman o zona premotora, y con el área 6 A-Beta de Voght o área motora suplementaria (AMS). Hay también conexiones menos abundantes que se establecen con los núcleos reticulares y con los núcleos intralaminares (Bustamante, 1994; Reep, 1984; Stuss & Benson, 1984; 1986). Estas proyecciones y las conexiones con otras estructuras corticales y subcorticales del encéfalo (sistema límbico, cerebelo, formación reticular, núcleos de la base, etc.) van a determinar la función de cada sistema prefrontal específico, que va desde la estructuración de patrones motores automatizados, hasta la programación de comportamientos complejos y anticipados a eventos de probable ocurrencia (Barkley, 1998; Chow & Cummings, 1999; Lezak, 1995; Luria, 1966; Pineda, Giraldo, & Castillo, 1995; Pineda & Sánchez, 1992).

Luego de la introducción del concepto de circuitos complejos frontales subcorticales segregados en paralelo (Alexander, DeLong, & Strick, 1986; Chow & Cummings, 1999; Pineda et al., 1995), se han descritos cinco circuitos fronto-córtico-subcorticales, los cuales proporcionan modelos de substratos neuroanatómicos y neurobioquímicos acerca del control de la actividad motora y de las conductas. Se ha postulado que al menos tres de estos circuitos estarían ligados al control de los comportamientos complejos. Estos sistemas tendrían origen en: 1) la corteza dorsolateral, 2) la corteza orbitofrontal y 3) la corteza del cíngulo anterior (Chow & Cummings, 1999). El daño neuroanatómico o neurobioquímico específico a nivel de cada uno de estos circuitos, bien sea en el hemisferio derecho o en el izquierdo, va a

determinar la aparición de síntomas diferentes. Este gradiente diferencial de tres sistemas organizados de manera distinta va a definir las características específicas de las diversas formas de síndromes prefrontales (Boone, 1999; Chow & Cummings, 1999; Damasio, 1994; Geschwind & Iacoboni, 1999; Grafman, 1999; Pineda et al., 1995).

Desarrollo de la función ejecutiva

Así como existen múltiples modelos de la FE, también hay diversas perspectivas para intentar explicar su desarrollo. Partiendo del supuesto generalmente aceptado de que el comportamiento de la especie humana tiene como objetivo principal el ajuste a las reglas y normas de la organización social, se debe aceptar que el desarrollo de la actividad superior de los sistemas frontales estaría dirigido a la organización y regulación de la conducta para adaptarse a lo social, a través de la mediación progresiva de la función reguladora del lenguaje (Luria, 1973). El desarrollo de la organización jerárquica de la actividad ejecutiva tendría como meta el procesamiento de la información proveniente del ambiente social para generar de manera progresiva salidas reguladas de conducta organizada (Stuss, 1992; Zelazo, Carter, Reznick, & Frye, 1997). Durante el desarrollo se debe alcanzar el nivel superior relevante de la dimensión de la metacognición, para adquirir una actividad mental consciente e intencionada (Welsh & Pennington, 1988). Esta adquisición requiere previamente de la estructuración del control inhibitorio conductual y emocional, además de la aparición de la atención controlada y sostenida hacia las señales de la interacción social (Denkla, 1996). Cada modelo le ha dado interpretaciones

diferentes a la aparición de cada uno de estos pasos evolutivos básicos y ha construido su propio sistema de conceptos.

Uno de los modelos, inicialmente descrito por Luria (1973), para explicar el desarrollo de la actividad ejecutiva es la propuesta de la descripción del conjunto de estrategias desplegadas por los niños, de forma sucesiva, en la SP. Este modelo detalla los elementos del desarrollo ejecutivo desde una perspectiva escalonada y jerárquica. El modelo reconoce que cada elemento de un nivel inferior es prerequisite de otro de nivel superior y, por tanto, para alcanzar un desarrollo jerárquico superior de lo "ejecutivo" hay que obtener el objetivo evolutivo previo. Sin embargo, los procesos no generan habilidades o productos de manera lineal en cada etapa, es decir, no se sigue una ley de todo o nada en los resultados, sino que se alcanzan metas progresivas, las cuales se perfeccionan conforme a los aprendizajes que los procesos ya estructurados van generando, especialmente en las habilidades sociales y en su aplicación contextual progresiva (Zelazo, 2004).

El mismo autor describe que entre los 0 y los 3 años el niño desarrolla un proceso fundamental para la maduración de la actividad ejecutiva, denominado control conciente (CC). Este CC es definido como proceso (inferencia de un conjunto de acciones cognitivas intrínsecas) que le confiere al infante la capacidad de reconocer su propia conciencia, más allá de lo sensorial; también le permite la capacidad de procesar la información del *sí mismo* como independiente del entorno. Este procesamiento le conduce a la adquisición simultáneamente de la capacidad de tener conciencia de los otros, de manera independiente del *sí mismo* y del

ambiente. Al alcanzar este tipo de procesamiento el niño puede construir representaciones de sí, de los otros y del ambiente, y por eso puede actuar intencionalmente para influir en sí, en el ambiente y en los demás. Se asume, por ejemplo, que el recién nacido tienen un procesamiento de *conciencia mínima*, que son las acciones cognitivas concertadas que lo capacitan para controlar el comportamiento propio y de los demás sobre la base del placer o del dolor. La *conciencia recursiva* aparecería en el niño de un año aproximadamente, la cual consiste en que el infante puede procesar la información asociando una experiencia perceptual con el significado codificado semánticamente y el significante (palabra) almacenado en la memoria operativa, esto le capacita para empezar a tener diversos niveles de representación cognitiva.

Según este autor, progresivamente se despliega una secuencia de procesos ascendentes diseñados para que el niño este en capacidad de comprender las relaciones y características del mundo que lo rodea. Con la *autoconciencia* se da la emergencia del pensamiento simbólico, el cual llevará al reconocimiento de su nombre y de su imagen en un espejo. La *conciencia reflexiva* se alcanza alrededor de los 3-4 años, con lo cual se accede a la capacidad de seguir reglas y de establecer asociaciones de alta complejidad. Este proceso sería necesario para que emerjan actividades ejecutivas complejas como el control inhibitorio, la autorregulación comportamental, el sostenimiento atencional, la TdM y la SP. La capacidad para desplegar estrategias de complejidad progresiva para la SP se considera como el eje principal del desarrollo de la FE.

El modelo evolutivo y jerárquico de la SP explica la adquisición en el niño de habilidades ejecutivas progresivas que le permiten identificar, reflexionar, seguir normas, actuar y revisar su actuación en función de constructos mentales desarrollados para tal fin. Esto involucra en primera instancia la representación de problemas. En esta etapa se identifican las características perceptuales del problema; en el marco evolutivo se busca que el niño este en capacidad de hacer una descripción de la información que hace parte el problema, tanto de estímulos concretos como de aquellos ambiguos. Esta habilidad ejecutiva es influida directamente por la presencia de distractores y por el desarrollo de la flexibilidad atencional. Cuando el niño alcanza a tener un adecuado control del enganche y cambio de foco atencional, está en capacidad de crear una representación flexible y contextualizada del problema. La influencia de la edad en la creación de marcos perceptuales ha sido extensamente estudiada (Barkley, 1997; Zelazo et al., 1997; Zelazo & Muller, 2002) logrando identificar que los niños entre los 3 y 5 años no han desarrollado aun un repertorio flexible para dar paso a la solución de problemas de múltiples operaciones, sin embargo se supone que a los 7 años esta habilidad para la representación del problema estaría adaptada al repertorio ejecutivo.

La segunda de las habilidades es la planeación, esta se refiere a la capacidad de estructurar las respuestas en función de la solución de un problema; es decir, el niño debe reconocer las características del problema (representación del problema), y poder estructurar sistemáticamente una respuesta que de solución al objetivo propuesto, basándose en el reconocimiento de cada uno de los aspectos que hacen

parte de la situación. Para el logro de esta habilidad el niño debe integrar los componentes del comportamiento y cognición, en función de buscar una meta. Las investigaciones en niños han identificado cambios marcados (entre los 3 y los 5 años), en lo que se refiere a la elaboración de un plan y su seguimiento, sin embargo es solo hasta la edad escolar en donde estas habilidades logran alcanzar su mayor perfeccionamiento. La planeación en niños ha sido evaluada a partir de las tareas como la torre de Londres (Shallice, 1982) y de laberinto de Porteus (Porteus, 1950).

La etapa siguiente en el desarrollo de los procesos es la de la ejecución basada en el repertorio adquirido anteriormente, se refiere a la capacidad de tener un plan en mente y transformarlo en una acción. Esta se fundamenta en la intencionalidad y en el uso de reglas. El primero de ellos se refiere a la habilidad del niño para sostener la atención en una actividad por el tiempo suficiente para lograr el objetivo o el propósito. La evaluación de este nivel de procesamiento se podría inferir a partir de las ejecuciones en tareas de vigilancia continua (del inglés: continuous performance test CPT), analizando el número de errores por comisión y por omisión, además de los tiempos de reacción y de ejecución de la tarea (Zelazo et al., 1997). Los resultados de las evaluaciones de los niños de 2.5 a 4.5 años señalan un incremento progresivo en el direccionamiento de la atención sostenida en relación la SP (Weissberg, Ruff, & Lawson, 1990).

El uso de reglas, por su parte, se refiere a la capacidad del niño de trasladar los planes a la acción. Su desarrollo se inicia alrededor de los tres años, con un nivel de

procesamiento mediante ensayo y error. Durante esta etapa este estilo de procesamiento se acompaña de un gran número de errores perseverativos en la SP. El desarrollo de esta habilidad permite la integración de las reglas simples hacia aquellas de alto orden que contribuyen con el control cognitivo de la conducta (Zelazo et al., 1997). Zelazo, Frye y Rapus (1996), encontraron que la mayoría de los niños a los tres años continúan el uso de la regla anterior en etapas posteriores de la tarea, cuando se debe cambiar el repertorio de reglas a seguir y aun cuando puedan verbalizar las reglas que deben seguir; este fenómeno ha sido llamado disociación verbal-práxica (Luria 1973), lo que puede explicar la presencia de las perseveraciones cognitivas. Hacia los 5 años el niño esta en capacidad de cambiar su repertorio con mayor facilidad, disminuyendo el número de errores perseverativos en las tareas de clasificación (Zelazo & Müller, 2002).

La evaluación (detección de errores y corrección), se relaciona con la capacidad de reconocer cuándo un plan o una meta no se han alcanzado manera adecuada. Para obtener esta competencia debe tenerse estructurado el desarrollo de los procesos de reflexión y metacognición. Esta evaluación contempla dos fases, la primera de ellas es la capacidad de detectar los errores, lo que implica el monitoreo y control del comportamiento por parte del niño (Zelazo et al., 1997). Barkley (1997) lo ha conceptualizado como regulación comportamental, que junto con la adquisición del control inhibitorio y de la atención sostenida, producen habilidades de orden superior, para estructurar actividades de monitoreo y control comportamental. En el preescolar se da la

tendencia a repetir repertorios de conducta anteriores, especialmente en conductas motoras, sin embargo el monitoreo constante brinda la habilidad básica para dirigir acciones intencionales.

Por último la corrección de errores es jerárquicamente la más compleja de las habilidades que se deben adquirir para el logro adecuado de la SP. Su desarrollo es progresivo al igual del resto de habilidades, por lo que su configuración empieza desde los primeros años de vida. Un ejemplo de esta habilidad es la observación de niños de 5 años quienes son más proclives a cambiar su respuesta en función del refuerzo obtenido por sus comportamientos (Zelazo et al., 1997).

Desde la perspectiva del modelo de las funciones cerebrales complejas del cerebro y desde la propuesta neo-conexionista, se postula que el período de más grande desarrollo de la función ejecutiva ocurre entre los seis y los ocho años. En este lapso los niños adquieren la capacidad de autorregular sus comportamientos y conductas, pueden fijarse metas y anticiparse a los eventos, sin depender de las instrucciones externas, aunque cierto grado de descontrol e impulsividad aún está presente. Esta capacidad cognoscitiva está claramente ligada al desarrollo de la función reguladora del lenguaje (lenguaje interior) y a la aparición del nivel de las operaciones lógicas formales y a la maduración de las zonas prefrontales del cerebro, lo cual ocurre tardíamente en el proceso de desarrollo infantil. Los procesos de maduración comprenden una multiplicidad de elementos tales como la mielinización, el crecimiento dendrítico, el crecimiento celular, el establecimiento de nuevas rutas sinápticas y la activación de sistemas

neuroquímicos (Luria, 1966; Passler, Isaac, & Hynd, 1985; Vygotsky, 1987).

Los datos provenientes de estos modelos afirman que por lo general, los niños de 12 años ya tienen una organización cognoscitiva muy cercana a la que se observa en los adultos; sin embargo, el desarrollo completo de la función se consigue alrededor de los 16 años (Barkley, 1997; Chelune, Ferguson, Koon, & Dickey, 1986; Passler et al., 1985; Vygotsky, 1987; Welsh & Pennington, 1988). Entonces, las preguntas referidas a la aparición de la función ejecutiva y su relación con la maduración de los lóbulos frontales tienen respuestas múltiples, que dependen de la naturaleza de la operación cognoscitiva que se quiera conocer. Al igual que sucede con el lenguaje, en el que los diversos niveles tienen períodos de aparición de tipo escalonado, etapa por etapa, las diferentes actividades de la función ejecutiva tienen diversas edades de aparición y consolidación (Barkley, 1997; Vygotsky, 1987).

Algunas investigaciones de la función ejecutiva en niños

La función ejecutiva en niños y adolescentes con trastornos de conducta (TC), tales como trastorno de atención hiperactividad (TDAH), el trastorno negativista desafiante (TND) y el trastorno disocial de la conducta (TDC), ha sido ampliamente estudiada en la literatura científica. En un meta-análisis que revisó 83 estudios, con una muestra total de 3734 niño con TDAH y 2969 sujetos sanos, usando los criterios del DSM III-R (American Psychiatric Association [APA], 1987), DSM-IV (APA, 1994) y CIE-10 (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1994), a quienes se les administró una batería de FE conformada por 13 pruebas

que evaluaron respuesta de inhibición y ejecución, memoria de trabajo y actualización, flexibilidad cognitiva y control de la interferencia, se encontraron diferencias significativas en las 13 evaluaciones de FE entre los casos y los controles, las mayores diferencias se relacionan con los tiempos de reacción en tareas de control inhibitorio, errores por omisión en la prueba de vigilancia continua, en tareas de planeación y memoria de trabajo general y espacial, todas ellas descritas de manera consistente en al menos 27 estudios. Los tamaños del efecto para todas las pruebas oscilaron entre el 0.46-0.69. Se pudo establecer una asociación entre el TDAH y la debilidad en varios dominios de la función ejecutiva evaluados, sin embargo el tamaño del efecto no permite hacer generalizaciones para toda la población con TDAH, ni determina que fallas en la FE se constituyen en causa directa del trastorno (Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, & Pennington, 2005). Un estudio similar con niños con TC revisó 39 investigaciones con una muestra total de 4589 sujetos, evaluando habilidades para el establecimiento de categorías, el control de la interferencia y la fluencia verbal. Se encontró un tamaño del efecto de 0.62, lo que indica que los sujetos con TD tienen un mayor riesgo de alteración en estas dimensiones de la FE, sin embargo se encontró diversidad en la conceptualización diagnóstica del TC lo que resta homogeneidad a la muestra y resta consistencia a los resultados de las evaluaciones (Morgan & Lilienfeld, 2000).

En una investigación realizada en 182 adolescentes con TDAH entre los 13 y 17 años, 85 con subtipo no especificado, 43 predominantemente inatento (PI) y 42

predominantemente combinado (PC), se buscó esclarecer la presencia de deficiencias en dominios específicos de la FE en relación con cada subtipo. La FE fue evaluada a partir de la prueba de detención de respuesta, el WCST, TMT y Stroop. Se observaron diferencias en el desempeño en todas las tareas de FE en los adolescentes con TDAH respecto al grupo control, sin embargo al discriminar el desempeño de cada uno de los subtipos de TDAH no se encontraron diferencias significativas, lo que sugirió que las alteraciones en la FE en el TDAH son inespecíficas respecto a los subtipos (Martel, Nikolas, & Nigg, 2007).

El estudio de la FE y su relación con psicopatologías, se ha centrado en analizar la conciencia, inhibición, enganche atencional, memoria de trabajo, planeación y fluencia en niños con TDAH, TND, TDC, autismo y síndrome de Gilles de la Tourette (Sergeant, Geurts, & Oosterlaan, 2005). En esta línea Geurts, Verté, Oosterlaan, Roeyers y Sergeant (2005), buscaron identificar la presencia de mayor alteración en la FE respecto a cada subtipo de TDAH, suponiendo que el de tipo combinado demostraría mayores dificultades a este nivel. Se evaluaron 16 niños de tipo combinado y 16 inatento y un grupo control de igual número, con tareas de atención sostenida y control inhibitorio. Se encontraron diferencias en la FE al comparar el grupo control y ambos grupos de niños con TDAH. Sin embargo, el análisis de esta función por subtipos no identificó diferencias significativas. Un estudio similar que contó con una muestra de 43 niños con TDAH/TND/TDC y un grupo control, entre los 7 y los 11 años, tuvo por objeto identificar la relación entre las medidas de FE y los síntomas de TDAH/TND/TDC. Se encontró poca relación

entre el TDAH y el desempeño en pruebas de FE, las alteraciones solo se observaron cuando el TDAH se acompañan de depresión o ansiedad y el lenguaje se mostró como mejor predictor que la FE en lo relacionado con síntomas de inatención (Jonsdottir, Boumab, Sergeant, & Scherder, 2006).

El estudio de la FE ha tenido un gran avance a partir del uso de técnicas de potenciales relacionados a evento e imágenes resonancia magnética funcional (RMf) en sujetos con TDAH, ha llevado al desarrollo de modelos que buscan explicar la base funcional de su sintomatología ejecutiva en especial de lo relacionado con el Cinh. Investigaciones de casos y controles con registros de potenciales relacionados a eventos (PREs) han encontrado en los pacientes con TDAH una reducción en la amplitud de la onda N200 frontal y en el componente relacionado con la anticipación entre los 250 y 500 ms, anormalidades en la latencia tempranas frontales derechas, como producto de fallas en la inhibición (Pliszka, Liotti, & Woldorff, 2000). En los niños con TDAH, cuando se comparan con controles, se ha informado un menor porcentaje de inhibición, estimado a partir de la disminución en los tiempos de reacción y las diferencias en la latencia de respuesta en presencia de señales de inhibición en la región frontocentral (100-400ms); además de una onda positiva tardía con una latencia aumentada en la ejecución exitosa de detección de errores (Overtoom et al., 2002). Se ha descrito también la presencia de alteraciones en el Cln motor en pacientes con TDAH, TOD y TDC, especialmente en tareas de detención de respuesta. En un estudio con registros de PREs se evaluó la amplitud y latencia de los componentes y de los tiempos de reacción de la actividad de detención de

respuesta. Se observaron diferencias sólo en la latencia de los estímulos de ida. Los tiempos de reacción fueron prolongados y hubo reducción de la amplitud de la onda N200 en la región frontal derecha del grupo de TDAH y TOD-TDC (Albrecht, Banaschewski, Brandeis, Heinrich, & Rothenberger, 2005).

Por su parte un estudio de RMf con un diseño de casos y controles, buscó identificar cuales eran las áreas de mayor activación durante la realización de tareas de atención selectiva y *go/ no-go*. La muestra estuvo conformada por 12 niños con TDAH y 12 sanos. Se observó menor activación en niños con TDAH en regiones superiores del lóbulo parietal durante las tareas de atención sostenida, mientras que en la ejecución de tareas de Cinh hubo menor activación en regiones frontoestriatales (Booth et al., 2005). La activación de estructuras prefrontales, durante la ejecución de procesos de control atencional arriba-abajo, ha sido estudiada a partir de tareas tipo Stroop en sujetos normales. Se ha podido identificar una activación dorsolareral posterior (DLP) e ínfero-posterior (IP), en la corteza frontal, durante la ejecución de tareas de procesamiento de información irrelevante. En contraste se dio una activación en la corteza dorsolateral- medial (DLM), solo frente a tareas de conflicto de color. Solo una pequeña zona del cíngulo anterior fue activada en esta tarea. Se sugiere que estructuras DLP y IP tienen un rol primordial en el sistema de procesamiento posterior, mientras que el DLM se relaciona con la función y uso de la memoria de trabajo (Milhama, Banichb, & Barada, 2003).

Algunas investigaciones de la función ejecutiva en niños colombianos

La función ejecutiva en los niños colombianos se ha estudiado básicamente en el diagnóstico de TDAH. En un estudio inicial con 62 niños diagnosticados con TDAH, usando los criterios del DSM-III-R (APA, 1987) y 62 controles sanos, de 7 a 12 años de edad, todos del sexo masculino, emparejados por edad, escolaridad y estrato socioeconómico, a quienes se les administró una batería para FE, integrada por el WCST, la prueba de fluidez verbal FAS y la subprueba de historietas del WISC-R, se encontraron diferencias significativas en estas variables, aún después de la corrección de Bonferroni para medidas múltiples. Además se pudo demostrar la existencia de unas estructuras factoriales exploratorias en los dos grupos, con ausencia del factor de abstracción y flexibilidad cognitiva en el grupo de niños con TDAH. Los datos de este estudio sólo pueden ser aplicados a la muestra seleccionada. Los niños TDAH tuvieron una CI significativamente inferior; aunque el análisis de covarianza mantuvo las diferencias entre los grupos después de controlar el efecto del CIT, no se pudo descartar la presencia de niños con trastornos del aprendizaje en el grupo de niños con TDAH (Pineda et al., 1998). Un estudio con una muestra similar de niños de la ciudad de Manizales, aplicando una batería más amplia, se encontraron diferencias significativas en todas las pruebas de FE, además de alteraciones en el control mental, la vigilancia continúa y en las habilidades visomotoras (Pineda et al., 1999). Este estudio también fue realizado con los criterios del DSM III-R y sólo en niños de sexo masculino.

En un estudio con 79 niños de ambos sexos de 6 a 11 años, con control de la capacidad intelectual y divididos en 3 grupos: 24 con

TDAH tipo combinado, 19 de tipo predominantemente inatentos y 36 controles, emparejado por edad, sexo, escolaridad y estatus socioeconómico, se encontró diferencias significativas en vigilancia continua, en el control mental, en la prueba de vigilancia continua, en las habilidades visomotoras y en la fase de conflicto de la prueba de Stroop, entre los dos grupos de TDAH comparados con el grupo de control. Ambos grupos de TDAH tuvieron puntuaciones cognitivas similares (Bará-Jiménez, Vicuña, Pineda, & Henao, 2003).

En una muestra amplia de la población general, con 249 niños de ambos sexos, de 6 a 11 años con diagnóstico de TDAH de tipo combinado y predominantemente inatento, comparados con 372 niños controles, con control estadístico de la escolaridad, el estrato socioeconómico y la capacidad intelectual, se hicieron análisis de comparación multivariada, análisis factorial exploratorio de principal componente y finalmente un análisis discriminante. Se encontraron diferencias significativas entre los niños TDAH y controles en las pruebas de ejecución continua, en las pruebas de memoria operativa, en las habilidades visomotoras, en la comprensión verbal y en las pruebas de función ejecutiva. Sin embargo los tamaños de los efectos fueron modestos, indicando superposición de las puntuaciones en un porcentaje importante de los grupos. No hubo diferencias entre los niños con TDAH combinado y los predominantemente inatentos. La estructura factorial de los grupos de niños con TDAH y los controles fueron similares. La capacidad discriminante de las pruebas usadas fue del 61,9% (López, Gómez, Aguirre, Puerta, &

Pineda, 2005; Pineda, Puerta, Aguirre, García-Barrera, & Kamphaus, 2007).

Al estudiar la actividad cognitiva de los niños y adolescentes de 141 familias nucleares y extendidas con al menos un caso índice de TDAH de tipo familiar, del aislado genético de Antioquia. Los niños afectados de TDAH tuvieron ejecuciones significativamente inferiores ($p < 0,05$) en las tareas de esfuerzo cognitivo y de vigilancia continua después de ajustar el análisis por edad, escolaridad y sexo, con un tamaño del efecto modesto. Las mediciones de esfuerzo cognitivo y de vigilancia continua pudieran considerarse como endofenotipos cognitivos del TDAH y deberían evaluarse de manera más controlada para ser usadas en futuros estudios de ligamiento. No se encontraron alteraciones en las tareas de función ejecutiva que se utilizaron (Pineda et al., en prensa).

Se hizo una investigación en 50 adolescentes de sexo masculino de 12 a 16 años, divididos en un grupo de 25 con síntomas de trastorno disruptivo severo de la conducta en el colegio y un grupo de 25 niños con buena disciplina y buen rendimiento académico de los mismos colegios. Al hacer un análisis multivariado con las variables de inteligencia, atención, lenguaje y función ejecutiva, sólo las variables del CI verbal y de comprensión verbal mostraron diferencias significativas, con menor ejecución en los jóvenes con trastorno disruptivos de la conducta (Pineda et al., 2000).

Conclusiones

La FE es un concepto que tiene diversas definiciones y diferentes métodos de

verificación dependiendo de los modelos teóricos que la estudian.

Existen algunos elementos comunes que permiten suponer que la FE se relaciona con la actividad neurofisiológica de los circuitos frontales. También se asume que la FE tiene como objetivo el ajuste a las normas complejas de la organización social, a través de actividades de organización, planeación, establecimiento de metas y de regulación de la conducta, con la mediación del lenguaje.

Cada modelo de la función ejecutiva usa diversas herramientas de medición del desarrollo en la observación de conducta de los niños, o en sus respuestas a tareas diseñadas para evaluar la FE, a partir del año de edad. De estas observaciones las diversas teorías derivan hipótesis explicativas, cuya validación empírica, en términos de definir la naturaleza de las competencias, los procesos y los factores subyacentes, están muy distantes de ser aclaradas. Las limitaciones de la mayoría de las investigaciones son de tipo metodológicas; sobre todo por la falta de verdaderos estudios con controles experimentales estrictos en niños, y por los problemas éticos de aplicación de métodos de neuroimágenes funcionales en los infantes sanos.

Se han realizado estudios de investigación en niños con TDAH y otras alteraciones disruptivas de la conducta, que parecen sugerir que las alteraciones de la FE juegan algún papel en las bases neurofisiopatológicas de estos problemas.

Referencias

Albrecht, B., Banaschewski, T., Brandeis, D., Heinrich, H., & Rothenberger, A. (2005). Response inhibition deficits in externalizing

child psychiatric disorders: An ERP-study with the Stop-task. *Behavioral and Brain Functions*, 1, 22.

Alexander, G., DeLong, M., & Strick, P. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.

American Psychiatric Association. (1987). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3rd ed.). Washintong, DC: Author.

American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washintong, DC: Author.

Bará, S., Vicuña, P., Pineda, D., & Henao, G. (2003). Neuropsychological and behavioral profiles of children with attention deficit/hyperactivity disorder from Cali, Colombia. *Revista de Neurología*, 37, 608-615.

Barbas, H., & Mesulam, M. (1981). Organization of afferent input of subdivisions of area 8 in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 200, 407-431.

Barkley, R. (1998). A theory of ADHD: Inhibition, executive functions, self-control, and time. En R. Barkley (Ed.), *Attention deficit hyperactivity disorder* (2a. ed.) (pp. 225-260). New York: The Guilford Press.

Boone, K. (1999). Neuropsychological assessment of executive functions. En B. Miller, & J. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes* (pp. 241-264). New York: The Guilford Press.

Booth, J., Burman, D., Meyer, J., Lei, Z., Trommer, B., Davenport, N., et al. (2005). Larger deficits in brain networks for response inhibition than for visual selective attention in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 94-111.

Bustamante, J. (1994). *Neuroanatomía funcional*. Santafé de Bogotá: Celsus.

Carlson, S., Moses, L., & Hix, H. (1998). The role of the inhibitory processes in young children's difficulties with deception and false belief. *Child Development*, 69, 672-691.

Chelune, G., Ferguson, W., Koon, R., & Dickey, T. (1986). Frontal lobe disinhibition in attention deficit disorder. *Child Psychiatry and Human Development*, 16, 221-234.

Chow, T., & Cummings, J. (1999). Frontal-subcortical circuits. En B. Miller, & J. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes* (pp. 3-26). New York: The Guilford Press.

Damasio, A. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Grosset/Putnam.

Denckla, M. (1996). Research on executive function in a neurodevelopmental context: Application of clinical measures. *Development Neuropsychology*, 12, 5-15.

Denckla, M., & Reiss, A. (1997). Prefrontal-subcortical circuits in developmental disorders. En N. A. Krasnegor, G. R. Lyon, & P. S. Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the prefrontal cortex: Evolution, neurobiology, and behavior* (pp. 283-293). Baltimore: Brookes Publishing Company.

- Fletcher, J. (1996). Executive functions in children. Introduction to the special series. *Development Neuropsychology*, 12, 1-3.
- Geschwind, D., & Lacoboni, M. (1999). Structural and functional asymmetries of the human frontal lobes. En B. Miller, & J. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes* (pp. 45-70). New York: The Guilford Press.
- Geurts, H., Vert`e, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. (2005). ADHD subtypes: do they differ in their executive functioning profile? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 457-477.
- Grafman, J. (1999). Experimental assessment of adult frontal lobe function. En B. Miller, & J. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes* (pp. 321-344). New York: The Guilford Press.
- Jonsdottir, S., Boumab, A., Sergeant, J., & Scherder, E. (2006). Relationships between neuropsychological measures of executive function and behavioral measures of ADHD symptoms and comorbid behavior. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21, 383-394.
- Kelly, M., Best, C., & Kirk, U. (1989). Cognitive processing deficits in reading disabilities: A prefrontal cortical hypothesis. *Brain and Cognition*, 11, 275-293.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment* (3a. ed.). New York: Oxford University Press.
- López, G., Gómez, L., Aguirre, D., Puerta, I., & Pineda, D. (2005). Attention and executive function tests components in attention deficit/hyperactivity children. *Revista de Neurología*, 40, 331-339.
- Luria, A. (1966). *Human brain and psychological processes*. New York: Harper & Row.
- Luria, A. (1973). Neuropsychological studies in the USSR: A review. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70, 959-964.
- Martel, M., Nikolas, M., & Nigg, J. (2007). Executive function in adolescents with ADHD. *Journal of American Academy Children and Adolescent Psychiatry*, 46, 1437-1444.
- Milham, M., Banich, M., & Barada, V. (2003). Competition for priority in processing increases prefrontal cortex's involvement in top-down control: an event-related fMRI study of the Stroop task. *Cognitive Brain Research*, 17, 212-222.
- Morgan, A., & Lilienfeld, S. (2000). A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function. *Clinical Psychology Review*, 20, 115-136.
- Organización Mundial de la Salud. (1994). *Clasificación internacional de las enfermedades, trastornos mentales y del comportamiento*. Meditor: Madrid.
- Overtom, C., Kenemans, J., Verbaten, M., Kemner, C., van der Molen, M., van Engeland, H., et al. (2002). Inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A psychophysiological study of the stop task. *Biological Psychiatry*, 51, 668-676.
- Passler M., Isaac, W., & Hynd, G. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe

functioning in children. *Developmental Neuropsychology*, 1, 349-370.

Perner, J. & Lang, B. (1999). Development of theory of mind and executive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 337-344.

Pineda, D. (1996). Disfunción ejecutiva en niños con trastornos por deficiencia atencional con hiperactividad (TDAH). *Acta Neurológica Colombiana*, 12, 19-25.

Pineda, D., Ardila, A. & Rosselli, M. (1999). Neuropsychological and behavioral assessment of ADHD in seven- to twelve-year-old children: a discriminant analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 3, 159-173.

Pineda, D., Ardila, A., Rosselli, M., Cadavid, C., Mancheno, S., & Mejía, S. (1998). Executive Dysfunction in children with attention deficit hyperactivity disorder. *International Journal of Neuroscience*, 96, 177-196.

Pineda, D., Ardila, A., Rosselli, M., Puerta, I., Mejía, S., & Toro, M. (2000). Neurobehavioral characteristics of adolescents with behavioral dysregulation disorder. *The International Journal of Neuroscience*, 101, 133-155.

Pineda, D., Cadavid, C., & Mancheno, S. (1996). Características de la función ejecutiva en niños con deficiencia atencional e hiperactividad (DAH). *Acta Neurológica Colombiana*, 12, 187-196.

Pineda, D., Giraldo, O., & Castillo, H. (1995). Disfunción ejecutiva en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colombiana*, 11, 17-20.

Pineda, D., & Sánchez, M. (1992). Trastornos de las funciones de los lóbulos frontales en la enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colombiana*, 8, 205-210.

Pineda, D., Puerta, I., Aguirre, D., García-Barrera, M., & Kamphaus, R. (2007). The role of neuropsychologic tests in the diagnosis of attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Neurology*, 36, 373-381.

Pineda, D., Trujillo, N., Puerta, I., Aguirre, D., Lopera, F., Hincapié, H., et al. (en prensa). Esfuerzo cognitivo y vigilancia continua como posibles endofenotipos cognitivos en niños de 141 familias antioqueñas con Trastorno de Atención/Hiperactividad. *Revista de Neurología*.

Pliszka, S., Liotti, M., & Woldorff, M. (2000). Inhibitory control in children with Attention-Deficit/Hyperactivity disorder: Event-related potentials identify the processing component and timing of an impaired right-frontal response inhibition mechanism. *Biological Psychiatry*, 48, 238-246.

Porteus, S. (1950). Thirty-five year's experience with the Porteus maze. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 45, 396-401.

Reader, M., Harris, E., Schuerholz, L., & Denckla, M. (1994). Attention deficit hyperactivity disorder and executive dysfunction. *Developmental Neuropsychology*, 10, 493-512.

Reep, R. (1984). Relationship between prefrontal and limbic cortex: a comparative anatomical review. *Brain, Behavior and Evolution*, 25, 5-80.

- Saver, J., & Damasio, A. R. (1991). Preserved access and processing of social knowledge in a patient with acquire sociopathy due to ventromedial frontal damage. *Neuropsychologia*, 29, 1241-1249.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 25, 199-209.
- Schaugency, E., & Hynd, G. (1989). Attention control systems and attention deficit disorders (ADD). *Learning and individual Differences*, 1, 423-449.
- Séguin, J., & Zelazo, P. (2005). Executive function in early physical aggression. En R. E. Tremblay, W. W. Hartup, & J. Archer (Eds.), *Developmental Origins of Aggression* (pp. 307-329). New York: Guilford Press.
- Sergeant, J., Geurts, H., & Oosterlaan, J. (2005). How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *International Journal of Psychophysiology*, 58, 59-70.
- Stuss, D. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, 20, 8-23.
- Stuss, D. T., & Benson, D. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*, 95, 3-28.
- Stuss, D. T., & Benson, D. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D., & Alexander, M. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.
- Tranel, D., Anderson, S., & Benton, A. (1994). Development of the concept of "executive function" and its relationship to the frontal lobes. En F. Boller, & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (Vol. 9, pp. 125-148). Amsterdam: Elsevier.
- Vygotsky, L. (1987.) *Thinking and speech: problem of general psychology* (Vol. I, Minick Morris translation). New York. Plenum Press
- Weyandt, L., & Willis, W. (1994). Executive function in school-aged children: potential efficacy of tasks in discriminating clinical groups. *Development Neuropsychology*, 10, 27-38.
- Weissberg, R., Ruff, H., & Lawson, K. (1990). The usefulness of reaction time task in studying attention and organization of behavior in young children. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 11, 59-64.
- Welsh, M., & Pennington, B. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4, 199-230.
- Welsh, M., Pennington, B., & Groisser, D. (1991). A normative developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Development Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Willcutt, E., Doyle, A., Nigg, J., Faraone, S., & Pennington, B. (2005). Validity of executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57, 1336-1346.

Zelazo, P. D. (2004). The development of conscious control in childhood. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 8, 12-17.

Zelazo, P. D., Carter, A., Reznick, S., & Frye, D. (1997). Early development of executives function: a problem-solving framework. *Review of general Psychology*, 1, 198-226.

Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An Age Related Dissociation Between Knowing Rules and Using Them. *Cognitive Development*, 11, 37-63.

Zelazo, P. D., & Muller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. En U. Goswami (Eds.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford, England: Blackwell.



Neuropsicología de la violencia y sus clasificaciones

Nallely Arias García

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

Feggy Ostrosky-Solís

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

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

Agradecimiento

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

Resumen

El fenómeno de la violencia ha aumentado considerablemente en años recientes, así como el número de investigaciones encaminadas al estudio de sus bases neurobiológicas. Mientras que algunos estudios no clasifican a los sujetos violentos otros han propuesto diversas clasificaciones. La caracterización adecuada de esta población es necesaria para poder comprender el fenómeno de la violencia y poder desarrollar tratamientos efectivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar psicológica y neuropsicológicamente a un grupo de internos violentos de una Penitenciaría Federal y caracterizarlos de acuerdo a dos de las caracterizaciones más utilizadas: La clasificación de impulsividad y premeditación de Barratt, Stanford, Kent, & Felthouse (1997) y Barratt, Stanford, Felthous, & Kent (1997) y la clasificación de Hare (Hare, 1991) de psicópatas y no psicópatas. La muestra se integro con 75 participantes, 50 internos y 25 controles para el estudio 1 (impulsivos vs premeditados) y 54 sujetos para el estudio 2 (no psicópatas vs psicópatas. Se administraron la Escala de Impulsividad de Plutchik (Plutchik, 1989), el Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee (Buss & Durkee, 1957), la batería neuropsicológica NEUROPSI ATENCIÓN y MEMORIA (Ostrosky-Solís et al., 2003) y la batería de Funciones Frontales y Ejecutivas (Flores, Ostrosky-Solís, & Lozano, en este número). Los resultados indican que las poblaciones violentas independientemente de su clasificación pueden ser diferenciadas psicológica y neuropsicológicamente de la población no violenta. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones neuropsicológicas entre los grupos impulsivo y premeditado, mientras

que al clasificarlos de acuerdo al criterio de psicopatía, se encontraron diferencias significativas en distintos dominios cognoscitivos. Los resultados se discuten en términos de la base anatómica que subyace a dichos procesos, y se plantea la necesidad de desarrollar tratamientos y/o programas de intervención específicos para cada forma de expresión de la violencia.

Palabras clave: violencia, psicopatía, neuropsicología.

Summary

The phenomenon of violence has risen significantly in recent years as well as the number of research aimed at studying neurobiological bases. While some studies do not classify the violent subjects, others have proposed various classifications. The proper characterization of this population is necessary to understand the phenomenon of violence and to develop effective treatments. The objective of this investigation was to assess psychological and neuropsychological profiles of a group of violent offenders of a Federal Penitentiary and characterize according to two of the most often used characterizations: The classification of impulsivity and premeditation of Barratt, Stanford, Kent, & Felthouse (1997) y Barratt, Stanford, Felthous, & Kent (1997) and the classification of psychopaths and not psychopaths of Hare (Hare, 1991). The sample was integrated by 75 participants, 50 inmates and 25 controls for the study 1 (impulsive vs. premeditated), and 54 subjects for the study 2 (non-psychopaths vs. psychopaths). The measures used were an Impulsivity Scale (Plutchik, 1989), the Hostility Inventory (Buss & Durkee, 1957), the neuropsychological battery NEUROPSI

Attention and Memory (Ostrosky-Solís et al., 2003) and a battery of Executive and Frontal Function (Flores, Ostrosky-Solís, & Lozano, in this number). The results indicate that violent people regardless of their classification can be differentiated in the psychological and neuropsychological profiles of the non-violent population. However, there were no significant differences in neuropsychological evaluations between groups impulsive and premeditated, while classify them according to the criterion of psychopathy, significant differences were found in different cognitive domains. The results are discussed in terms of the anatomical basis underlying these processes, and the need to develop treatment and/or intervention programs specific to each form of expression of violence.

Keywords: violence, psychopathy, neuropsychology.

Introducción

Las conductas violentas son alarmantemente comunes en nuestra sociedad y se consideran un problema de salud pública. En un esfuerzo para combatir esta tendencia de crecimiento, se ha incrementado el número de investigaciones y proyectos dirigidos al entendimiento e intervención de este tipo de conductas, que han dado como resultado el desarrollo de teorías que soportan la etiología de la agresión desde diferentes perspectivas y aproximaciones del problema (Crick & Bigbee, 1998; Crick & Dodge, 1996; Dishion, Duncan, Eddy, & Fagot, 1994; Loeber & Stouthamer-Loeber, 1998; Moffitt, 1993; Patterson, Capaldi, & Bank, 1991). Una considerable cantidad de investigaciones teóricas y empíricas han

subdivido la agresión en impulsiva y premeditada (Anderson & Bushman, 2002; Berkowitz, 2000; Coccaro, Kavossi, Berman, & Lish, 1998; Shoham, Skenasy, Rhay, Chard, & Addi, 1989; Vitiello, Behar, Hunt, Stoff, & Ricciuti, 1990). La agresión impulsiva en general se refiere a una serie de actos no planeados, los cuales son espontáneos en su naturaleza, fuera de proporción ante un evento que considera provocativo, presentan en un estado de agitación que es precedido, en general, por la ira, y generalmente manifiestan “pesar” después del acto. Por otro lado, se encuentra la agresión premeditada, predatoria o proactiva que se caracteriza por realizar actos planeados, controlados y sin contenido emocional definido (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997).

Las investigaciones sugieren que el primer subtipo, agresión impulsiva, puede tener substratos biológicos asociados a alteraciones de la activación fisiológica, por lo que su desempeño neuropsicológico, particularmente en las funciones ejecutivas, así como la actividad electrofisiológica es significativamente distinta con respecto a sujetos violentos no impulsivos (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997). Sin embargo, pocas investigaciones han procurado documentar o describir esas características que pueden ser clínicamente relevantes en individuos que presentan actos violentos premeditados, aunque en general se ha reportado que no existen diferencias neuropsicológicas (Raine et al., 1998), ni electrofisiológicas con la población control (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997).

Una aproximación distinta en la evaluación de la violencia que han influido en la práctica clínica y la investigación empírica actual es resultado de los estudios de Cleckley (1976) y Hare (1991), donde se

proponen los criterios diagnósticos para el trastorno de la personalidad psicopática, que resultan más amplios e integradores, y que abarcan dos factores diferenciados: el deterioro de la afectividad y de las relaciones interpersonales, por un lado, y el estilo de vida antisocial e inestable, por otro. En la práctica, esta concepción de la psicopatía se manifiesta en la Lista de Síntomas de Psicopatía de Hare (Hare, 1991) y sus escalas derivadas. La escala de psicopatía (PCL-R) consta de dos grupos de rasgos o factores. El factor 1 refleja los componentes interpersonales y afectivos del trastorno, mientras que el factor 2 está más ligado al hecho de tener un estilo de vida socialmente desviado.

Ambas clasificaciones han considerado la relación entre los rasgos de personalidad y el desempeño neuropsicológico, de hecho numerosas investigaciones han supuesto que las alteraciones cognoscitivas son un importante factor de riesgo para el desarrollo de comportamientos antisociales y violentos. Diversas teorías han postulado principalmente una base cortical (Raine, 2002), particularmente de las regiones prefrontales para ese desorden, mientras que otros han propuesto una disfunción del septum y el hipocampo además del lóbulo frontal (Arnett, Smith, & Newman, 1997; Newman, Gorenstein, & Kelsey, 1983).

Varias de estos postulados han intentado relacionar las características prominentes a las diferencias individuales en el funcionamiento del cerebro en lugar de un daño cerebral explícito, por lo que se hace necesario establecer si las diferencias en los hallazgos encontrados por diversas investigaciones guardan relación con cada clasificación y si para cada una de estas existen distintos correlatos neuroanatómicos, es decir, si una

disfunción ejecutiva es predominante o aquellas alteraciones asociadas a estructuras subcorticales. Por lo que las preguntas planteadas en esta investigación fueron: ¿Existen alteraciones en el perfil neuropsicológico de internos violentos? ¿Existen diferencias entre internos violentos categorizados de acuerdo a diferentes clasificaciones? ¿Se trata de alteraciones asociadas a las funciones corticales? ¿Existen mecanismos subcorticales asociados a la violencia?

Para responder a estos cuestionamientos los objetivos planteados en esta investigación consistieron en determinar las características clínicas y el perfil neuropsicológico de un grupo de agresores internos de una Penitenciaría Federal a partir de dos clasificaciones propuestas en la literatura, por una parte, impulsivos y premeditados, así como agresores internos con y sin diagnóstico de psicopatía, y compararlos con un grupo control de participantes no internos- no violentos.

Método

Participantes

Estudio 1 (Impulsivos vs Premeditados).

La muestra total fue compuesta por 75 participantes, 50 internos de una Penitenciaría Federal, referidos por sus altos índices de violencia y de sanciones recibidas y 25 no internos sin historia de violencia. Los internos fueron divididos inicialmente en dos grupos, uno de Internos Impulsivos ($n=25$, edad $M=31.72$, $DS=6.41$ y escolaridad $M=8.56$, $DS=3.82$); otro de Internos Premeditados ($n=25$, edad $M=35.64$, $DS=6.91$ y escolaridad $M=9.88$, $DE=4.2$), para lo cual se hizo uso de una entrevista semi-estructurada de agresión desarrollada por Barratt, Stanford, Kent et

al. (1997) y Barratt, Stanford, Felthous et al. (1997). Esta entrevista está basada fundamentalmente en la forma de comisión del delito y ha sido utilizada en estudios previos que han mostrado diferencias significativas en rasgos de personalidad y desempeño neuropsicológico y electrofisiológico entre individuos agresivos impulsivos y premeditados (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997; Barratt, Stanford, Felthous et al., 1997). Todos los sujetos fueron hombres entre 18 y 53 años de edad, hispanohablantes, convictos cuando menos dos años, confesos, no habían cometido delitos sexuales, con vista y audición normal y/o corregida. La muestra control se conformó por participantes voluntarios que no hubieran presentado antecedentes de violencia ni contacto con el Sistema de Justicia por la comisión de algún ilícito ($n=25$, edad $M=33.32$, $DE=10.87$ y escolaridad $M=11.28$, $DE=5.21$). Todos los sujetos completaron la Mini Entrevista Internacional Neuropsiquiátrica (Sheean et al., 1998) para descartar algún trastorno del Eje 1 del DSM-IV-TR (American Psychiatric Association [APA], 2000). En la Tabla 1 se presentan las características descriptivas de la muestra, así como la sentencia en años y los que ya han sido compurgados. Ninguno de los datos reportados en esta tabla fue significativamente distinto entre los grupos.

Estudio 2 (No psicópatas vs Psicópatas).

Todos los participantes del Estudio 1 completaron una entrevista semi-estructurada clínica y conductual que permitió obtener información para hacer uso de la Lista de Síntomas de Psicopatía Revisada de Hare (Hare, 1991). Los sujetos con puntuaciones mayores a 30 se clasificaron en el grupo de psicópatas

(n=18, edad M=34.17, DE=8.51 y escolaridad M=10.28, DE=3.82). Los sujetos que puntuaron por debajo de 20 fueron considerados controles internos no psicópatas (n=18, edad M=33.06, DE=6.49 y escolaridad M=10.33, DS=4.23) y controles no internos (n=18, edad M=34.17,

DE=11.81 y escolaridad M=11.11, DE=3.95). En la Tabla 2 se presentan las características descriptivas de esta muestra así como la sentencia en años y los que ya han sido compurgados. Los datos reportados no indican diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 1

Características descriptivas de la muestra Estudio 1: Impulsivos vs. Premeditados

	Controles no internos		Internos impulsivos		Internos premeditados			
	N=25		N=25		N=25			
	M	DE	M	DE	M	DE	F/t	P
N = 75								
Edad	33.32	10.87	31.72	6.41	35.64	6.91	1.41	0.252
Escolaridad	11.28	5.21	8.56	3.82	9.88	4.2	2.33	0.104
Sentencia	-----	-----	26.08	22.92	34.48	18.53	-1.43	0.161
Años compurgados	-----	-----	8.92	5.78	10.96	5.57	-1.27	0.211

Tabla 2

Características descriptivas de la muestra Estudio 2: Psicópatas vs. No Psicópatas

	Controles no internos		Internos no psicópatas		Internos psicópatas			
	N=18		N=18		N=18			
	M	DE	M	DE	M	DE	F/t	p
N=54								
Edad	34.17	11.81	33.06	6.49	34.17	8.51	0.087	0.916
Escolaridad	11.11	3.95	10.33	4.23	10.28	3.82	0.244	0.785
Sentencia	-----	-----	27.39	19.74	36.06	26.9	-1.102	0.278
Años compurgados	-----	-----	8.89	5.41	11.44	6.65	-1.264	0.215

Instrumentos y materiales

Mediciones psicológicas

Impulsividad. La escala de Impulsividad de Plutchik (Plutchik, 1989) en su versión traducida al español (Páez et al., 1996), consiste en 15 reactivos que cuestionan al participante sobre su tendencia a involucrarse en conductas impulsivas, todas

las cuales reflejan posibles pérdidas de control, particularmente las relacionadas con la planeación, los gastos impulsivos, a la sobrealimentación, al control emocional y al control conductual.

Hostilidad. La escala de hostilidad de Buss-Durkee (Buss & Durkee, 1957) es una escala auto-aplicable multidimensional de

hostilidad (75 reactivos V/F), además de permitir obtener puntuaciones de distintas formas de hostilidad. Es una de las escalas más confiables y válidas para medir hostilidad y se ha utilizado extensamente en estudios de investigación en el campo de la violencia.

- *Mediciones neuropsicológicas*

Atención y Memoria. Se administró la prueba de NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA (Ostrosky-Solís y cols., 2003; Ostrosky-Solís et al., 2007). Es un instrumento confiable y objetivo diseñado a partir de sólidas bases teóricas y experimentales de la neuropsicología. Cuenta con datos normativos de 6 a 85 años y permite evaluar en detalle los procesos de atención y memoria en pacientes psiquiátricos, geriátricos, neurológicos y con problemas médicos diversos. Incluye 27 subpruebas y permite obtener índices independientes de atención y memoria así como una puntuación global de atención y memoria, el puntaje total se expresa con una media de 100 y desviación estándar de 15.

Funciones frontales y ejecutivas. Para evaluar la funcionalidad frontal se hizo uso de la batería de Funciones Frontales y Ejecutivas (Flores & Ostrosky-Solís, 2008; Flores et al., en este número). Esta batería incluye 15 subpruebas que permiten monitorear el desempeño de tareas relacionadas con la integridad orbital, dorsolateral y prefrontal anterior, de ambos hemisferios cerebrales. Cuenta con datos normativos en población hispanohablante de entre 6 y 85 años de edad. Debido a la importancia que tiene el nivel escolar en la evaluación neuropsicológica, se estratificó la muestra de adultos de acuerdo a 2 niveles de escolaridad: de 4 a 9 años y 10 a

24 años. La Batería de Funciones Ejecutivas permite obtener no sólo un índice global del desempeño en la batería sino también un índice del funcionamiento de las tres áreas prefrontales evaluadas: corteza orbitomedial, dorsolateral y prefrontal anterior, además cuenta con un perfil de ejecución en el cual se puede observar gráficamente un resumen de las puntuaciones normalizadas correspondientes a cada una de las subpruebas.

Procedimiento

Para obtener el total de mediciones con cada participante para ambos estudios se dividió el trabajo en tres sesiones, descritas a continuación:

Sesión 1 (Clasificación de las muestras). Cada participante firmó una carta de consentimiento en la que se informaron las características de la investigación y la confidencialidad de sus resultados. Se administró una entrevista semi-estructurada y el Cuestionario de Agresión (Barratt, Standord, Kent et al., 1997), la escala de Impulsividad de Plutchik y el Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee. Con los datos obtenidos en la entrevista se completó la Lista de Síntomas de Psicopatía de Hare.

Sesión 2 y 3 (evaluación neuropsicológica). Una vez que se asignó a los participantes a los grupos, se administró una evaluación neuropsicológica en las sesiones 2 y 3 de forma contrabalanceada.

Análisis estadístico

Se obtuvieron los datos descriptivos de las mediciones psicológicas y neuropsicológicas. Para examinar las diferencias entre los grupos (Estudio 1:

impulsivos vs. premeditados vs. controles, y Estudio 2: internos vs. psicópatas vs. internos no psicópatas vs. controles) se realizaron ANOVAs univariadas, el nivel de significancia se estableció en 0.050. Se realizó una correlación de Pearson entre el desempeño neuropsicológico y los factores de psicopatía de Hare.

Resultados

Estudio 1: Impulsivos vs Premeditados

- *Mediciones psicológicas*

Impulsividad y Hostilidad. Se presentaron diferencias significativas en el indicador de autocontrol de la Escala de Impulsividad de Plutchik únicamente entre los grupos de internos, mostrando un mayor índice de estas puntuaciones el grupo de internos impulsivos en comparación con el grupo premeditado ($F(2,17)=3.639$, $p<0.035$), así como en el total de la misma escala ($F(2,17)=4.151$, $p<0.019$). Mientras que en el Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control con respecto a los grupos de internos que muestran mayores puntuaciones particularmente el grupo impulsivo, en las subescalas de violencia física ($F(2,17)=11.755$, $p<0.000$), suspicacia ($F(3,17)=6.908$, $p<0.002$) y hostilidad verbal ($F(2,17)=5.646$, $p<0.005$), las diferencias específicas entre los grupos se presentan en la Tabla 3.

- *Mediciones neuropsicológicas*

NEUROPSI Atención y Memoria.

Atención. En las subpruebas de atención se presentaron diferencias únicamente en el total de funciones motoras ($F(2,40)=5.263$, $p<0.007$). En la prueba Tukey a posteriori se comprobó que las diferencias se presentan entre el grupo control con

respecto al impulsivo ($p<0.006$), con un menor desempeño del grupo impulsivo (Tabla 3).

Memoria. En la codificación se presentaron diferencias entre el grupo control e impulsivo en dígitos en regresión ($F(2,14)=4.121$, $p<0.020$), el total de la memoria verbal ($F(2,14)=9.796$, $p<0.000$), en las historias de la memoria lógica ($F(2,14)=15.241$, $p<0.000$), en los temas ($F(2,14)=15.241$, $p<0.010$), en estas subpruebas el grupo impulsivo presenta el desempeño más bajo. Entre los grupos control y premeditado se observaron diferencias significativas en la memoria verbal ($F(2,14)=9.796$, $p<0.003$), la Figura de Rey-Osterreith ($F(2,14)=5.072$, $p<0.006$) y las historias ($F(2,14)=15.241$, $p<0.000$), donde las puntuaciones más bajas las presenta el grupo premeditado. No se presentaron diferencias entre los grupos de internos.

En el caso de la evocación entre el grupo control vs. impulsivo existen diferencias en el total de memoria verbal espontánea ($F(2,17)=4.284$, $p<0.026$), la memoria verbal por claves ($F(2,17)=4.705$, $p<0.009$), las historias ($F(2,17)=14.043$, $p<0.000$), los temas ($F(2,17)=4.629$, $p<0.009$). Mientras que las diferencias entre el grupo control y premeditado se muestran en la Figura de Rey-Osterreith ($F(2,17)=5.027$, $p<0.006$) y las historias ($F(2,17)=14.043$, $p<0.001$). En general el grupo control mantiene una adecuada evocación mostrando las mejores puntuaciones, mientras que el grupo con más deficiencias es el premeditado.

Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas

Funciones frontales y ejecutivas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las subpruebas de Funciones Frontales y Ejecutivas en las áreas orbital-medial entre el grupo control e

impulsivo en los errores de mantenimiento de la clasificación de cartas ($F(2,7)=4.781$, $p<0.008$) y el riesgo total de la prueba de juego ($F(2,7)=15.404$, $p<0.000$), que también es significativamente distinta entre el grupo control y premeditado ($F(2,7)=15.404$, $p<0.001$), mostrando los grupos de internos los menores puntajes, en especial el grupo impulsivo. También se observaron diferencias en el área dorsolateral entre el grupo control e impulsivo en los aciertos de la resta consecutiva ($F(2,23)=9.668$, $p<0.000$), el número de las perseveraciones de criterio de la clasificación de cartas ($F(2,23)=6.083$, $p<0.002$) y el tiempo de la torre de Hanoi en el ensayo de 4 fichas ($F(2,23)=5.613$, $p<0.012$), entre el grupo control y el

premeditado las diferencias fueron en el ordenamiento alfabético ($F(2,23)=4.946$, $p<0.011$), las perseveraciones de la clasificación de cartas ($F(2,23)=12.90$, $p<0.000$) y el tiempo de la torre de Hanoi ($F(2,23)=5.613$, $p<0.023$). Finalmente, existen diferencias entre los grupos de internos en el tiempo ($F(2,23)=5.088$, $p<0.007$) y los aciertos de la resta consecutiva ($F(2,23)=9.668$, $p<0.000$), así como en las perseveraciones de criterio de la clasificación de cartas ($F(2,23)=6.083$, $p<0.016$). Los resultados a posteriori indican que en general el desempeño cognoscitivo más bajo lo presenta el grupo impulsivo con respecto a los otros grupos (Tabla 3).

Tabla 3

Resultados de las evaluaciones en la clasificación de impulsivos y premeditados (N=75)

	Controles no internos		Internos impulsivos		Internos premeditados		Diferencias entre los grupos		
	N=25		N=25		N=25		C vs I	C vs P	I vs P
	M	DE	M	DE	M	DE			
Escala de Impulsividad de Plutchik									
Autocontrol	5.60	3.61	7.96	4.35	5.04	4.19	0.107	0.877	0.035
Total	13.52	7.03	17.36	6.13	12.20	6.54	0.105	0.759	0.019
Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee									
Violencia física	2.08	1.74	5.04	2.24	3.92	2.43	0.000	0.013	0.167
Susplicacia	3.83	2.30	6.40	1.89	5.83	3.23	0.002	0.022	0.711
Hostilidad verbal	3.71	1.88	5.24	1.51	5.29	2.07	0.015	0.012	0.995
NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA									
Atención									
Funciones motoras total	18.96	1.21	16.88	2.26	17.6	3.06	0.006	0.099	0.514
Memoria –codificación–									
Dígitos en regresión	4.20	1.25	3.36	0.99	3.60	0.91	0.020	0.122	0.707
Cubos de Corsi en regresión	5.52	1.23	4.40	1.26	5.20	1.15	0.005	0.622	0.580
Memoria verbal (total)	7.53	1.61	5.80	1.50	6.08	1.32	0.000	0.003	0.782
Figura de Rey- Osterreith	33.98	2.42	32.07	3.99	29.84	6.13	0.327	0.006	0.209
Historias	10.24	2.68	6.52	2.31	7.04	2.73	0.000	0.000	0.757
Temas	4.58	0.49	3.72	1.14	4.00	1.22	0.010	0.110	0.589
Memoria –evocación–									

MV espontánea (total)	8.16	2.27	6.24	2.95	6.44	2.38	0.026	0.051	0.959
MV por claves (total)	8.20	2.08	6.12	2.90	7.04	2.13	0.009	0.210	0.371
Figura de Rey-Osterreith	23.57	4.55	20.54	8.02	17.26	7.52	0.303	0.006	0.232
Historias	9.64	3.13	5.68	2.44	6.64	2.64	0.000	0.001	0.439
Temas	4.46	0.83	3.52	1.23	3.92	1.19	0.009	0.197	0.405

Totales

Total memoria	110.70	8.76	92.93	20.66	93.72	16.18	0.000	0.001	0.913
Total Atención y Memoria	111.48	9.74	94.80	22.08	95.72	16.58	0.002	0.004	0.980

FUNCIONES FRONTALES Y EJECUTIVAS**Orbital - Medial**

C. Cartas (errores mantenimiento)	0.76	1.01	0.13	0.34	0.40	0.58	0.008	0.178	0.391
Juego (Riesgo total)	29.49	12.50	45.17	9.60	40.08	7.60	0.000	0.001	0.190

Dorsolateral

O. Alfabético (errores orden)	3.68	3.53	7.92	9.69	9.08	4.25	0.059	0.011	0.800
Resta consecutiva (tiempo)	40.32	26.89	56.57	35.72	32.52	12.56	0.093	0.554	0.007
Resta consecutiva 2 (aciertos)	13.04	0.89	11.13	2.44	12.60	0.96	0.000	0.583	0.005
C. Cartas (perseveraciones)	3.24	2.70	6.13	4.26	10.36	7.31	0.134	0.000	0.016
C. Cartas (persev. criterio)	4.80	3.48	8.78	4.28	6.44	4.11	0.002	0.315	0.109
T. de Hanoi 4 (tiempo)	84.44	52.60	151.94	84.85	144.00	85.27	0.012	0.023	0.940

C - Control, I - Impulsivo, P- Premeditado.

Estudio 2: PSICOPATA VS. NO PSICOPATA**Estudio 2**

Se analizaron los resultados del factor de desviación social y del factor interpersonal afectivo, así como del puntaje total de la Lista de Síntomas de Psicopatía Revisada

de Hare (PCL-R por sus siglas en inglés), entre el grupo control, impulsivo y premeditado (ver Tabla 4). Los resultados fueron significativos en los dos factores y en el puntaje total entre los grupos. La prueba a posteriori de Tukey se presenta en la tabla 5.

Tabla 4

Resultados de la PCL-R entre los grupos impulsivos y premeditados

	Controles no internos		Internos Impulsivos		Internos premeditados			
	N=25		N=25		N=25			
	M	DE	M	DE	M	DE	F	p
N=75								
Inter /Afect	0.64	0.91	4.36	3.84	8.96	3.88	42.569	0.000
Desv. Social	0.52	0.92	11.12	5.14	13.24	3.47	88.607	0.000
Total	1.04	1.67	17.24	8.95	24.60	7.40	79.159	0.000
Dx / PC 30	0 / 25		6 / 25		12 / 25		-----	-----

Las diferencias fueron significativas entre el grupo control e impulsivos en el factor interpersonal afectivo, en el factor de desviación social y el total. Entre el grupo control y premeditado, ambos factores y el total fueron significativamente distintos. El grupo impulsivo con respecto al grupo premeditado, fue distinto en el factor interpersonal afectivo, mostrando una media mayor el grupo premeditado, mientras que se comportan de manera similar en el factor de desviación social. Entre estos grupos también se presentan diferencias significativas en el total de la PCL-R, mostrando una media mayor el

grupo premeditado, en comparación con el grupo impulsivo, lo que indica un mayor número de rasgos y conductas psicopáticas en el grupo premeditado que en el grupo impulsivo. Sin embargo, aunque los resultados se comportan de esta forma, no todos los integrantes del grupo premeditado se clasifican como psicópatas (punto de corte 30 de acuerdo con Hare, 1991), únicamente 12 de los 25 internos premeditados cumplen con este puntaje, mientras que en el grupo de internos impulsivos son 6 de 25 y 0 de 25 para el grupo control no interno.

Tabla 5
Prueba a posteriori Tukey HSD en la PCL-R

	Control no internos		Interno impulsivo		Interno predeterminado		Diferencias entre los grupos		
	N=25		N=25		N=25				
	M	DE	M	DE	M	DE	C vs I	C vs P	I vs P
N=75									
Inter /Afect	0.64	0.91	4.36	3.84	8.96	3.88	0.000	0.000	0.000
Desv. Social	0.52	0.92	11.12	5.14	13.24	3.47	0.000	0.000	0.103
Total	1.04	1.67	17.24	8.95	24.60	7.40	0.000	0.000	0.001

C - Control, I - Impulsivo, P- Premeditado.

Los 18 internos clasificados como psicópatas fueron comparados con 18 internos no psicópatas de la muestra pareados en rango de edad y escolaridad, así como con 18 controles no internos/no psicópatas. Se analizaron los resultados de todas las evaluaciones practicadas en medidas psicológicas; Escala de Impulsividad de Plutchik, Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee, y neuropsicológicas; NEUROPSI Atención y Memoria y la Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas.

- *Mediciones psicológicas*

Funciones frontales y ejecutivas Impulsividad y hostilidad. Existen diferencias entre el grupo control con respecto al psicópata en el Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee en la violencia física ($F(2,17)=6.030$, $p<0.004$), el resentimiento ($F(2,17)=5.396$, $p<0.007$), y la suspicacia ($F(2,17)=5.672$, $p<0.006$). Se presentaron diferencias significativas entre los grupos de internos en el indicador de autocontrol de la Escala de Impulsividad de Plutchik ($F(2,17)=3.343$, $p<0.035$), en las

conductas fisiológicas ($F(2,17)=3.766$, $p<0.023$), así como en el total de la misma escala ($F(2,17)=3.888$, $p<0.021$) y en resentimiento del Inventario de Hostilidad

de Buss-Durkee ($F(2,17)=5.396$, $p<0.015$). El grupo con diagnóstico de psicopatía puntúa más alto en estas escalas que los grupos no psicópatas (Tabla 6).

Tabla 6

Resultados de las evaluaciones en la clasificación de psicópatas y no psicópatas (N=54)

	Controles no psicópatas		Internos no psicópatas		Internos psicópatas		Diferencias entre los grupos		
	N=18		N=18		N=18		C vs nP	C vs Ps	nP vs Ps
	M	DE	M	DE	M	DE			
Escala de Impulsividad de Plutchik									
Autocontrol	6.50	3.81	4.22	4.28	8.00	5.06	0.277	0.568	0.035
Conductas fisiológicas	0.67	0.84	0.22	0.55	1.00	1.08	0.271	0.475	0.023
Total	14.61	7.52	10.67	6.45	17.22	7.29	0.228	0.517	0.021
Inventario de Hostilidad de Buss-Durkee									
Violencia física	2.17	1.89	4.00	2.00	4.78	2.92	0.055	0.004	0.576
Resentimiento	3.00	1.71	2.94	1.66	4.67	1.97	0.995	0.020	0.015
Susplicacia	4.11	2.00	5.22	3.06	6.94	2.46	0.396	0.004	0.115
NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA									
Atención									
Seguir un objeto	4.00	0.00	3.89	0.47	3.44	0.98	0.857	0.029	0.096
Stroop tiempo	36.35	6.93	35.44	7.47	42.78	10.67	0.947	0.077	0.034
Memoria –codificación–									
Dígitos en regresión	4.17	0.92	3.83	0.92	3.22	0.94	0.534	0.010	0.130
MV (total)	7.35	1.53	5.94	1.30	6.41	1.42	0.013	0.135	0.597
Figura de Rey-Osterreith	33.72	2.61	33.33	2.65	29.28	6.07	0.957	0.006	0.013
Historias	10.08	2.79	7.39	2.06	6.67	3.43	0.016	0.002	0.723
Temas	4.58	0.46	4.33	0.84	3.56	1.38	0.721	0.007	0.051
Memoria –evocación–									
Figura Rey-Osterreith	23.50	4.84	22.28	4.91	16.53	8.59	0.833	0.005	0.024
Historias	9.61	2.96	7.28	1.93	5.72	3.18	0.036	0.000	0.215
Temas	4.53	0.63	4.50	0.62	3.39	1.42	0.996	0.002	0.003
Totales									
Total Atención y FE	109.39	12.84	105.94	18.72	93.17	22.27	0.840	0.028	0.102
Total memoria	110.00	9.73	101.00	16.13	86.56	21.88	0.247	0.000	0.032
Total Atención y Memoria	111.20	10.14	103.10	16.68	87.22	13.79	0.341	0.000	0.023
FUNCIONES FRONTALES Y EJECUTIVAS									
Orbital – Medial									
C. Cartas (errores mantenimiento)	0.89	0.96	0.11	0.32	0.41	0.62	0.004	0.111	0.406
Juego (Riesgo total)	27.36	12.03	39.76	8.62	41.77	9.05	0.001	0.000	0.821
Dorsolateral									
O. Alfabético (errores orden)	2.78	2.39	7.56	5.20	10.22	9.69	0.080	0.003	0.440

C. Cartas (perseveraciones)	3.17	2.96	7.11	6.17	9.88	7.70	0.122	0.004	0.355
T. de Hanoi 3 (tiempo)	29.28	30.43	30.36	12.40	63.63	42.25	0.995	0.007	0.016

C - Control, nP- No psicópata, Ps - Psicópata.

• Mediciones neuropsicológicas

Atención. No existen diferencias entre el grupo control y el grupo de internos psicópatas. Entre el grupo control y el de internos no psicópatas se presentaron diferencias en el seguimiento de objetos ($F(2,40)=3.923$, $p<0.029$), donde el grupo de internos puntúa más bajo. Se observaron diferencias entre los grupos violentos en el tiempo de la prueba de Stroop ($F(2,40)=3.915$, $p<0.034$) y el total de atención y funciones ejecutivas ($F(2,40)=3.900$, $p<0.028$), en todos los casos los psicópatas tienen el desempeño más bajo.

Memoria. Las diferencias en la codificación de las pruebas de memoria entre el grupo control y los internos no psicópatas se observaron en la memoria verbal total ($F(2,14)=4.562$, $p<0.013$) y las historias de la memoria lógica ($F(2,14)=7.361$, $p<0.016$). Mostrando el desempeño más bajo el grupo de internos. Se presentaron diferencias entre los grupos control y psicópata en dígitos en regresión ($F(2,14)=4.775$, $p<0.010$), la figura de Rey-Osterreith ($F(2,14)=6.454$, $p<0.006$), historias ($F(2,14)=7.361$, $p<0.002$) y temas ($F(2,14)=5.487$, $p<0.007$), en este caso el grupo control presenta las mejores puntuaciones. El grupo de agresores no psicópatas y el grupo de psicópatas mostraron diferencias en la figura de Rey-Osterreith ($F(2,14)=6.454$, $p<0.013$), en donde los psicópatas obtuvieron puntajes más bajos.

En el apartado de evocación de se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el no psicópata en las historias ($F(2,17)=9.147$, $p<0.036$). El grupo control mostró diferencias cuando se compara con el grupo de psicópatas en la figura de Rey-Osterreith ($F(2,17)=6.167$, $p<0.005$), las historias ($F(2,17)=9.147$, $p<0.000$), los temas ($F(2,17)=8.155$, $p<0.000$), así como en el total de memoria ($F(2,17)=9.063$, $p<0.000$) y el total global de atención y memoria ($F(2,17)=8.924$, $p<0.000$). Entre el grupo IPS y el IPS hay diferencias en la figura de Rey-Osterreith ($F(2,17)=6.167$, $p<0.024$), y los totales de memoria ($F(2,17)=9.063$, $p<0.032$) y atención ($F(2,17)=8.924$, $p<0.023$). En todos los casos el grupo de psicópatas presenta el menor desempeño, seguido por el grupo no psicópata y finalmente el grupo control (Tabla 6).

Funciones frontales y ejecutivas. En las evaluaciones de la región orbital-medial se encontraron diferencias entre el grupo control y el no psicópata en los errores de mantenimiento de la clasificación de cartas ($F(2,7)=5.845$, $p<0.004$) y el riesgo total de la prueba de juego ($F(2,7)=10.926$, $p<0.001$), en esta subprueba también se observaron diferencias entre el grupo control y el de psicópatas ($p<0.000$). En las áreas dorsolaterales se presentaron diferencias entre el grupo control con respecto a los psicópatas en los errores de orden del ordenamiento alfabético ($F(2,23)=6.067$, $p<0.003$), las perseveraciones de la clasificación de cartas ($F(2,23)=5.732$, $p<0.004$), y el tiempo

de la torre de Hanoi ($F(2,23)=6.190$, $p<0.007$). Mientras que entre los grupos de internos solo hubo diferencias en el tiempo de la Torre de Hanoi ($F(2,23)=6.190$, $p<0.016$). Los resultados se observan en la tabla 7.

Correlación entre los factores de la Lista de Psicopatía de Hare y el desempeño neuropsicológico. Los resultados de las correlaciones bivariadas de Pearson (Tabla 7) indican que el desempeño en las distintas evaluaciones psicológicas mantienen una alta correlación negativa con los factores de la Lista de Psicopatía de Hare, particularmente las evaluaciones de memoria, de manera general se observa

que entre más altas son las puntuaciones de cualquiera de los factores el desempeño es menor, mientras que las correlaciones positivas son en el número de errores de orden (ordenamiento alfabético), perseveraciones y errores de mantenimiento (clasificación de cartas) y los errores y el tiempo de la prueba de Stroop. Lo que indica que mientras mayor sea la puntuación en el deterioro afectivo, la desviación social y el total de psicopatía existe una tendencia presentar un menor desempeño neuropsicológico y cometer un mayor número de errores, así como a realizar las tareas en más tiempo.

Tabla 7

Correlación del desempeño neuropsicológico y los factores de la Lista de Psicopatía de Hare

	Factor 1 Interpersonal/Afectivo		Factor 2 Desviación social		Total	
	R	P	R	P	R	P
Ordenamiento alfabético (errores orden) *	0.324	0.017	0.442	0.001	0.389	0.004
Clasificación de cartas (perseveraciones) *	0.380	0.005	0.461	0.001	0.448	0.001
Clasificación de cartas (errores mantenimiento) *	-0.185	0.186	-0.330	0.016	-0.264	0.056
Stroop (errores) *	0.279	0.041	0.194	0.160	0.261	0.057
Stroop (tiempo) *	0.342	0.011	0.271	0.047	0.322	0.017
Riesgo total prueba de juego **	0.418	0.002	0.525	0.000	0.507	0.000
Puntaje total **	-0.418	0.002	-0.528	0.000	-0.508	0.000
Torre de Hanoi (tiempo) *	0.220	0.132	0.399	0.005	0.343	0.017
Memoria visoespacial (errores orden) *	0.431	0.001	0.124	0.375	0.247	0.075
Dígitos en regresión **	-0.294	0.031	-0.326	0.016	-0.341	0.012
Memoria verbal codificación **	-0.168	0.228	-0.231	0.096	-0.209	0.132
Figura de Rey – Osterreith (cod) **	-0.380	0.005	-0.336	0.013	-0.386	0.004
Historias - codificación **	-0.297	0.029	-0.469	0.000	-0.424	0.001
Temas - codificación **	-0.249	0.070	-0.380	0.005	-0.346	0.010
Figura de Rey – Osterreith (evoc) **	-0.358	0.008	-0.343	0.011	-0.369	0.006
Historias - evocación **	-0.292	0.032	-0.499	0.000	-0.446	0.001
Temas - evocación **	-0.269	0.049	-0.389	0.004	-0.379	0.005
Cubos de Corsi en regresión **	-0.288	0.034	-0.284	0.037	-0.309	0.023
Fluidez verbal fonológica total **	-0.243	0.079	-0.355	0.009	-0.329	0.016
Pares asociados (intrusiones) *	0.088	0.527	0.312	0.022	0.219	0.111

Seguimiento de un objeto **	-0.251	0.670	-0.281	0.040	-0.301	0.027
Reacción de elección **	-0.217	0.114	-0.276	0.043	-0.271	0.048
Funciones motoras **	-0.196	0.155	-0.250	0.069	-0.274	0.045
T. Atención y Funciones Ejecutivas **	-0.282	0.039	-0.339	0.012	-0.352	0.009
Total de Memoria **	-0.325	0.017	-0.444	0.001	-0.432	0.001
Total de Atención y Memoria **	-0.342	0.011	-0.451	0.001	-0.447	0.001

* Las correlaciones resultan positivas lo que indica que mientras más alto es el puntaje en cada factor mayor es el número de errores cometidos

Discusión y conclusiones

Los resultados del presente estudio aportan datos experimentales para responder a las preguntas planteadas. Primero nuestros datos confirman que las personalidades violentas y antisociales presentan alteraciones neuropsicológicas en comparación con la población control. Estos datos concuerdan con diversas investigaciones (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997; Barratt, Stanford, Felthous et al., 1997; Blair & Cipolotti, 2000; Newman, 1998; Raine et al., 1998), que han reportado estos hallazgos.

En relación a la caracterización de subgrupos, las clasificaciones propuestas por algunos autores parecen marcar pautas para intentar mostrar perfiles neurocognitivos y psicológicos característicos de cada uno y plantear la posibilidad de tratamiento tomando en cuenta su etiología, sin embargo tales clasificaciones han sido generalizadas a las poblaciones violentas, lo que ha impedido reportar hallazgos específicos. Los resultados de esta investigación nos permiten analizar el fenómeno de la violencia desde dos entidades clínicas distintas, con lo que los datos obtenidos se vuelven más específicos.

Los resultados neuropsicológicos de acuerdo con la clasificación que hace (Barratt, Stanford, Kent et al., 1997; Barratt,

Stanford, Felthous et al., 1997) de individuos violentos impulsivos indican que pueden ser claramente diferenciados de la población no violenta, mostrando un deterioro cognitivo significativo en atención, memoria y funciones ejecutivas, lo que podría explicar su dificultad para monitorear y controlar su conducta de una manera adecuada.

Sin embargo, los datos obtenidos no permiten mostrar perfiles característicos entre agresores impulsivos y premeditados, excepto en medidas psicológicas de impulsividad y hostilidad, en las que los puntajes más altos los muestra el grupo impulsivo. Lo que indicaría que fuera de dichas características, no existe evidencia neuropsicológica que los distinga. Esto probablemente es debido a que a pesar de ser predominantemente premeditados presentan un alto porcentaje de impulsividad al cometer el acto.

Por otro lado, la clasificación de Hare (1991) permitió explorar las diferencias entre los delincuentes que cumplen con el cuadro diagnóstico de psicopatía y aquéllos que no lo hacen, mostrando algunas diferencias entre los internos no psicópatas y el grupo control y diferencias mayores entre los dos grupos violentos. Es decir, este tipo de clasificación permitió diferenciar adecuadamente la población violenta.

La evidencia de alteraciones neuropsicológicas entre los grupos puede explicar la conducta violenta en varios sentidos de acuerdo con Jones (1992):

1. Existe un incremento en la activación que interfiere con la habilidad de pensamiento.
2. Disminuye la habilidad para inhibir los impulsos.
3. Deteriora procesos mentales básicos como la concentración, la atención y la memoria.
4. No permite la adecuada interpretación de eventos externos.

En particular, la inhibición y la toma de decisiones riesgosas sin el adecuado aprendizaje de los errores previos (Blair & Cipolotti, 2000; Damasio, 1995) y la dificultad de los sujetos violentos psicópatas para acceder a sus emociones, debido a la inhabilidad de presentar marcadores somáticos (Raine, 2002). El impacto de la disfunción ejecutiva en la toma de decisiones puede ser vista como una dificultad del procesamiento (Hoaken, Shaughnessy, & Pihl, 2003; Maia & McClelland, 2004). Las características anteriores ya han sido evidenciadas en casos de sociopatía adquirida en pacientes con lesiones ventromediales frontales, quienes no muestran alteraciones neuropsicológicas pero resultan poco funcionales en contextos reales (Bechara & Damasio, 2005).

Estos postulados han resultado una explicación importante (Bergvall, Milsson, & Hansen, 2003; Berman & Caccaro, 1998; Coccaro et al., 1998) y reflejan un compromiso en el funcionamiento ejecutivo como mediador de la violencia, evidentemente, no único sino como factor

que interactúa con otros aspectos, entendiendo que existe una predisposición al crimen y la violencia cuando se presenta una disrupción de los mecanismos neurales normales que controlan la conducta (Scarpa & Raine, 1997). Raine y Buchsbaum (1996) propusieron que la disfunción prefrontal es mejor vista como un factor de riesgo para presentar conductas violentas, que una causa del fenómeno.

Cuando analizamos los correlatos anatómicos que podrían subyacer a la violencia, notamos que en la presente investigación la población con psicopatía presentó alteraciones en la batería de Funciones Frontales y Ejecutivas., mostrando deficiencias en las funciones orbitofrontales y dorsolaterales. Un gran número de investigaciones recientes muestran como hipótesis principal a la corteza orbital como estructura primaria de regulación de la inhibición, toma adecuada de decisiones y razonamiento moral (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1999; Blair, 2004; Damasio, 1995; Rolls, 1996), y a estas habilidades como las más importantes para el desarrollo de conductas violentas. De hecho, un funcionamiento orbitofrontal pobre ha sido consistentemente ligado a los individuos con Trastorno Antisocial de la Personalidad (Blair, 2004; Mithchell, Colledge, Leonard, & Blair, 2002; Rolls, 1996). Mientras que la alteración en las zonas dorsolaterales también puede predisponer a una perseveración en las respuestas (presentar conductas antisociales a pesar del castigo repetido), así como una pobre planeación y organización, lo que resulta en un estilo de vida disfuncional tanto social como ocupacionalmente (Giancola, 1995; Hoaken et al., 2003; Maia & McClelland, 2004; Manes et al., 2002; Séguin, 2004).

En relación a las alteraciones de memoria detectadas en la batería NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA, estas se han asociado con disfunciones en el lóbulo temporal, en particular en estructuras mesiales del lóbulo temporal como el hipocampo. Utilizando técnicas de neuroimagen, se ha observado que existen alteraciones estructurales y funcionales en asesinos y en criminales (Raine et al., 1994), y una disminución en la circulación sanguínea cerebral en áreas temporales derechas en criminales violentos durante la ejecución de tareas de memoria de trabajo (Raine et al., 1998). De igual forma, Gregg y Siegel (2001) señalan que el hipocampo junto con la amígdala y otras estructuras subcorticales, regulan la intensidad de la ira y la agresión que exhiben los gatos y que las lesiones en el sistema septo-hipocámpico-frontal resultan en desinhibición e hipersensibilidad al reforzamiento inmediato (Gorenstein & Newman, 1980). Las alteraciones en la memoria pueden estar asociadas con conductas antisociales y podría ser un marcador de una alteración en este sistema, que altera la regulación del afecto y los procesos inhibitorios, y que estos procesos a su vez pueden predisponer a los individuos a que expresen conductas antisociales (Newman, 1998).

Por otro lado, la correlación del desempeño neuropsicológico con los factores de la Lista de Psicopatía de Hare, dan cuenta del deterioro cognoscitivo presente en este trastorno, particularmente la relación negativa entre las evaluaciones cognoscitivas y el factor de deterioro interpersonal y afectivo, y como estas favorecen la desviación social. Davi, D'Son, Putman, y Larson (2000) proponen que la violencia puede ser producto de una

inadecuada regulación emocional, ya que los sujetos normales son capaces de regular voluntariamente sus afectos negativos y pueden beneficiarse de las claves en el ambiente, tales como señales faciales y vocales de ira o miedo que tienen un papel regulador. Mientras que los sujetos violentos psicópatas tienden a presentar anomalías en el circuito central responsable de estas estrategias adaptativas de conducta. En la manifestación de sus afectos son irritables, incapaces de establecer fuertes vínculos emocionales y carentes de empatía, sentido de culpa o remordimientos.

En particular, psicópatas y no psicópatas difieren en la forma en la que se dirigen con las normas sociales, aunque el rasgo de afectividad se considera central y sirve para diferenciar a las personas aquejadas por este trastorno del resto de los delincuentes no psicópatas, que al menos poseen una cultura delictiva con la que se pueden identificar y que son capaces de funcionar adecuadamente dentro de su grupo, manifestando lealtad, sentimientos de culpa y afecto. Los psicópatas tienden a percibir el mundo como impredecible y hostil y esta percepción es usada para racionalizar su tendencia a apartarse de ellos mismos, sin hacer uso de los sentimientos ni sensaciones, reglas o necesidades de otros (Crick & Bigbee, 1998). Estos resultados tendrían implicaciones para el diseño de tratamientos distintos para los internos violentos psicópatas y los no psicópatas.

Finalmente consideramos que existen limitaciones en esta investigación, por lo que proponemos que para futuros estudios se consideren muestras de mujeres violentas y que se explore la presencia e interacción de factores de la historia personal del sujeto, como factores de riesgo

psicosociales, genéticos y de presencia de traumatismos craneoencefálicos, en esta población, que podrían explicar etiologías diferentes entre la población violenta psicópata y no psicópata.

Examinar los correlatos relacionados con la agresión puede y debe contribuir en el futuro al entendimiento conceptual de la agresión y eventualmente al desarrollo de tratamientos y programas de prevención, que permitan disminuir este fenómeno.

Referencias

American Psychiatric Association. (2000). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4a. ed. rev.). Washington, DC: Autor.

Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 1032-1037.

Anderson, C. A., & Bushman, B. J. (2002). Human Aggression. *Annual Review of Psychology*, 53, 27-51.

Arnett, P. A., Smith, S. S., & Newman, J. P. (1997). Approach and avoidance motivation in incarcerated psychopaths during passive avoidance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72, 1413-1428.

Barratt, E. S., Stanford, M. S., Kent, T. A., & Felthous, A. (1997). Neuropsychology and cognitive psychophysiological substrates of impulsive aggression. *Biological Psychiatry*, 41, 1045-1061.

Barratt, E. S., Stanford, M. S., Felthous, A.R., & Kent, T. A. (1997). The effects of

phenytoin on impulsive and premeditated aggression: A controlled study. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 17, 341-349.

Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52, 336-372.

Bergvall, A. H., Nilsson, T., & Hansen, S. (2003). Exploring the link between character, personality disorder, and neuropsychological function. *European Psychiatry*, 18, 334-344.

Berkowitz, L. (2000). *Causes and consequences of feelings, studies in emotion and social interaction*. New York: Cambridge University Press.

Berman, M. E., & Coccaro, E. F. (1998). Neurobiologic correlates of violence: relevance to criminal responsibility. *Behavioral Sciences and the Law*, 16, 303-318.

Blair, R. J. R. (2004). The roles of orbital frontal cortex in the modulation of antisocial behavior. *Brain and Cognition*, 55, 198-208.

Blair, R. J. R., & Cipolotti, L. (2000). Impaired social response reversal. *Brain* 123, 1122-1241.

Buss, A. H., & Durkee, A. (1957). An inventory for assessing different kin, DS of hostility. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 21, 343-349.

Cleckley, H. (Ed.). (1976). *The mask of sanity* (5th ed.). St. Louis, MO: Mosby.

Coccaro, E. F., Kavoussi, R. J., Berman, M. E., & Lish, J. D. (1998). Intermittent

explosive disorder-revised: development, reliability and validity of research criteria. *Comprehensive Psychiatry*, 39, 368-376.

Crick, N. R., & Bigbee, M. A. (1998). Relational and overt forms of peer victimization: A multi-informant approach. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 66, 337-347.

Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1996). Social information-processing mechanisms on reactive and proactive aggression. *Child Development*, 67, 993-1002.

Damasio, A. R. (1995). Toward a neurobiology of emotion and feeling: operational concepts and hypotheses. *The Neuroscientist*, 1, 19-25.

Davidson, R. J., Putnam, K. M., & Larson, C. L. (2000). Dysfunction in neural circuitry of emotion regulation - a possible prelude to violence. *Science*, 289(5479), 591-594.

Dishion, T. J., Duncan, T. E., Eddy, J. M., & Fagot, B. I. (1994). The world of parents and peers: Coercive exchanges and children's social adaptation. *Social Development*, 3, 255-268.

Flores, J., & Ostrosky-Solís, F. (2008). Development of neuropsychological performance for some measures of orbital and medial prefrontal cortex function in children. En A. M. Columbus (Ed.), *Advance in psychology research* (Vol 55, 15-25). EUA: Nova Publishers.

Flores, J., Ostrosky-Solís, F., & Lozano, A. (2008/este número). Bateria de Funciones ejecutivas: presentación. *Revista de Neuropsicología, Neurociencias y Neuropsiquiatría*, 8(1), 143-160.

Giancola, P. R. (1995). Evidence for dorsolateral and orbital prefrontal cortical involvement in the expression of aggressive behavior. *Aggressive Behavior*, 21, 431-450.

Gorenstein, E. E., & Newman, J. P. (1980). Disinhibitory psychopathology: A new perspective and a model for research. *Psychological Review*, 87, 301-315.

Gregg, T. R., & Siegel, A. (2001). Brain structures and neurotransmitters regulating aggression in cats: implications for human aggression. *Progress in Neuro-psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 25(1), 91-140.

Hare, R. D. (1991). *The Hare Psychopathy Checklist-Revised*. Toronto, Canadá: Multi-Health Systems.

Hoaken, P. N. S., Shaughnessy, V. K., & Pihl, R. O. (2003). Executive cognitive functioning and aggression: is it an issue of Impulsivity? *Aggressive Behavior*, 29, 15-30.

Jones, H. (1992). Neuropsychology of violence. *Forensic Reports*, 5, 221-233.

Loeber, R., & Stouthamer-Loeber, M. (1998). Development of juvenile aggression and violence: Some common misconceptions and controversies. *American Psychologist*, 53, 242-259.

Maia, T., & McClelland, V. (2004). A Reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Science* 101, 16075-16080.

Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Nagui, A., Aitken, M., & Robbins, T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 125, 624-639.

Mitchell, D. G. V., Colledge, E., Leonard, A., & Blair, R. J. R. (2002). Risky decisions and response reversal: Is there evidence of orbitofrontal cortex dysfunction in psychopathic individuals? *Neuropsychologia*, 40, 2013-2022.

Moffitt, T. E. (1993). Adolescence-limited and life-course-persistent antisocial behavior: A developmental taxonomy. *Psychological Review*, 100, 647-701.

Newman, J. P. (1998). Psychopathic behavior: An information processing perspective. En: D. J. Cooke, R. D. Hare, & A. Forth (Eds.), *Psychopathy: Theory, Research and Implications for Society. The Netherlands* (pp. 81-104). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Newman, J. P., Gorenstein, E. E., & Kelsey, J. E. (1983). Failure to delay gratification in rats with septal lesions: Implications for an animal model disinhibitory psychopathology. *Personality & Individual Differences*, 6, 133-136.

Ostrosky-Solís, F., Gómez, M. E., Ardila, A., Rosselli, M., Pineda, D., & Matute, E. (2003). Neuropsi Atención y Memoria. Manual, Perfiles y Material. American Bookstore.

Ostrosky-Solís, F., Gómez, E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2007). NEUROPSI ATTENTION AND MEMORY: A neuropsychological test battery in Spanish

with norms by age and educational level. *Applied Neuropsychology*, 14(3), 156-170

Páez, F., Jiménez, A., López, A., Ariza, R., Paulo, J., Ortega, H., & Nicolini, H. (1996). Estudio de validez de la traducción al castellano de la Escala de Impulsividad de Plutchik. *Salud Mental*, 19(3), 10-12.

Patterson, G. R., Capaldi, D., & Bank, L. (1991). An early starter model for predicting delinquency. En D. Pepler & D. H. Rubin (Eds.), *The development and treatment of childhood aggression* (139-168). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Plutchik, R. (1989). Measuring emotions and their derivatives. En R. Plutchik, & H. Hellerman (Eds.), *The measurement of emotions* (pp. 1-35). New York: Academic Press.

Raine, A. (2002). Biosocial studies of antisocial and violent behavior in children and adults: A review. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 30(4), 311-326.

Raine, A., & Buchsbaum, M. S. (1996). Violence, brain imaging, and neuropsychology. En D. M. Stoff, & R. B. Cairns (Eds.), *Aggression and Violence: Genetic, Neurobiological, and Biosocial Perspectives* (pp. 195- 217). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Raine, A., Buchsbaum, M. S., Stanley, J., Lottenberg, S., Abel, L., & Stoddard, J. (1994). Selective reductions in pre-frontal glucose metabolism in murderers. *Biological Psychiatry*, 36, 365-373.

Raine, A., Meloy, J. R., Bihle, S., Stoddard, J., LaCasse, L., & Buchsbaum, M. S. (1998). Reduce prefrontal and increase subcortical brain functioning assessed using

positron emission tomography in predatory an affective murderers. *Behavioral Sciences & the Law*, 16, 319-332.

Rolls, E. T. (1996). The orbitofrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 351, 1433-1444.

Scarpa, A., & Raine, A. (1997). Psychophysiology of anger and violent behavior. *Psychiatric Clinics of North America*, 20(2), 375-394.

Séguin, J. R. (2004). Neurocognitive elements of antisocial behavior: relevance of an orbitofrontal cortex account. *Brain and Cognition*, 55, 185-197.

Sheehan, D. V., Lecrubier, Y., Sheehan, K. H., Amorim, P., Janavs, J., Weiller, E., et al. (1998). The Mini-Internacional Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *Journal of Clinical Psychiatry*, 59, (Suppl. 20:22-23), quiz: 34-57.

Shoham, S. G., Skenasy, J. J., Rhay, G., Chard, F., & Addi, A. (1989). Personality correlates of violent prisoners. *Personality and Individual Differences*, 10, 187-145.

Vitiello, B., Behar, D., Hunt, J., Stoff, D., & Ricciuti, A. (1990). Subtyping aggression in children and adolescents. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 2, 189-192.



Neurobiología de la Sensibilidad Moral

Feggy Ostrosky-Solís

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

Alicia E. Vélez García

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

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

Agradecimiento

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

Resumen

El debate acerca de la naturaleza de la moral ha sido el centro de diversas discusiones entre los teóricos. Durante décadas, la psicología moral estuvo dominada por teorías que enfatizaban la participación del razonamiento y el juicio moral sobre las conductas dirigidas moralmente en los adultos. Sin embargo, en la actualidad, ciertas aptitudes como la sensibilidad social y la cognición son consideradas centrales en la evolución de la humanidad. Recientemente nuevas propuestas enfatizan el rol de los procesos emocionales e intuitivos en la toma de decisiones en los seres humanos. Particularmente, el estudio de las emociones y sus bases biológicas ha recibido considerable atención en la última década. Este cambio de perspectiva es producto de trabajos recientes en el campo de la filosofía, la psicología cognitiva, las neurociencias afectivas y la neurobiología. Estudios neurobiológicos han identificado los mecanismos y estructuras cerebrales que intervienen en la generación de emociones básicas, sin embargo, la organización neuronal de emociones complejas o secundarias como las emociones “morales” aún se desconocen. El campo de las neurociencias afectivas ha comenzado a explorar diferentes tipos de emociones morales con técnicas de neuroimagen y electrofisiológicas en sujetos normales, casos con daño cerebral y en individuos con personalidad antisocial. El objetivo del presente artículo es presentar los avances en el estudio de las emociones morales y discutir sus implicaciones para el estudio de la conducta moral tanto en condiciones normales como en el caso de los trastornos neuropsiquiátricos que dan lugar a conductas antisociales.

Palabras clave: moralidad, psicología, conducta moral, emociones morales, neurobiología.

Summary

The study of the moral behavior has been dominated by theories that emphasize the role of reasoning in moral judgment of adults for decades. Recent proposals emphasize the role of emotional and intuitive processes in human decision making. Particularly, the study of emotions in the last decades has increased significantly. This change in perspective is the result of recent works in the field of philosophy, cognitive psychology, affective neurosciences and neurobiology. The field of affective neurosciences has begun starting to explore different types of moral emotions with different techniques, in particular neuroimaging techniques. In the field of neurobiology, investigators have started to study neural correlates of moral emotions, and have encountered interesting findings indicating that the human brain shows a network specialized in moral processing.

Key words: moral emotions, moral behavior, morality, neurobiology, psychology.

Introducción

En los últimos años la investigación sobre los procesos emocionales dentro de la psicología y las neurociencias ha vivido un espectacular incremento. De hecho, ha surgido una nueva disciplina denominada *neurociencia afectiva*, cuyo objetivo es subdividir las emociones en operaciones

mentales elementales y sus substratos neuronales correspondientes.

Se ha postulado que las emociones son fenómenos complejos multifactoriales que ejercen una poderosa influencia sobre el comportamiento de las personas y posibilitan su adaptación al medio (Davidson, 1998). Funcionalmente, las emociones son acciones y disposiciones que preparan al organismo para emitir conductas de aproximación o evitación (Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993; Schupp, Junghöfer, Weike, & Hamm, 2003).

Emociones morales

Actualmente, con base en los hallazgos provenientes de diversas áreas de la neurociencia afectiva y de la neurociencia evolutiva, se ha postulado que los procesos emocionales automáticos, son determinantes en la conducta moral y se ha introducido el concepto de las emociones morales (Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2003).

De acuerdo a Haidt (2003) las emociones morales difieren de las emociones básicas (tristeza, alegría, enojo, miedo, sorpresa, disgusto) en que están intrínsecamente ligadas a los intereses de bienestar de cada sociedad, así como también de los individuos. Las emociones morales, de esta forma, surgen ante la interacción entre los individuos o cuando se perciben violaciones morales, y se ha sugerido que, en contraste al laborioso razonamiento deductivo que esta presente en el juicio moral, aparecen rápido, automáticamente y que existe una valoración cognitiva inconsciente de eventos interpersonales. Haidt señala que mientras que las emociones básicas provienen de ideas, imaginación, recolección o percepción con relevancia personal inmediata, las emociones morales,

son emociones complejas, que están ligadas a los intereses o al bienestar de las sociedades, así como también a las personas. Además, las emociones morales son evocadas en circunstancias que se extienden más allá de la esfera inmediata de uno mismo. Las emociones morales son críticas para la promoción de cohesividad de los grupos. La culpa, la gratitud y la compasión son ejemplos de emociones morales pro sociales. Sin embargo, las emociones morales también pueden actuar en la disolución y la reorganización social. Tales emociones pueden ser el desprecio, la indignación y la xenofobia.

Haidt (2003) y Moll et al. (2003) proponen que la conducta moral es provocada por disposiciones espontáneas, implícitas y que las emociones morales operan de forma automática e inconscientemente. Señalan que la conducta moral proviene de un delicado balance entre la conducta pro social y altruista en un extremo y la conducta antisocial y egoísta en el otro.

Moll et al. (2003) postulan que la conducta moral es producto de presiones evolutivas que forman los procesos neuro-conductuales relacionados a la percepción selectiva de señales sociales, la experiencia de emociones morales y a la adaptación de respuestas conductuales hacia el entorno social. Así, la sensibilidad y la cognición social y moral han sido conductas determinantes en la evolución de la humanidad. Por lo tanto, ciertas aptitudes como la asimilación de reglas que se encuentran basadas en la recompensa y el castigo y la atribución de intenciones, creencias, sentimientos y deseos hacia otras personas, ya se encontraban desarrolladas en nuestros antecesores primates y homínidos (Lazarus, 1991; LeDoux, 1998).

En la actualidad aún no se han descrito claramente cuáles son las emociones morales. Sin embargo, algunos autores (Damasio, 1994; Haidt, 2003) reportan la culpa, el orgullo, la vergüenza, la empatía, la compasión, y la indignación.

Haidt (2003) señala cuatro subtipos de emociones morales:

1. *Emociones concernientes a otros* (i.e., desprecio, ira, disgusto).
2. *Emociones auto-conscientes* (i.e., vergüenza, turbación, culpa).
3. *Emociones referentes al sufrimiento de otros* (i.e., empatía).
4. *Emociones referentes al elogio a otros* (i.e., gratitud, temor, elevación).

Neurobiología de la conducta moral

Como señalan Moll, Zahn, Oliveira-Souza, Krueger, y Grafman (2005), la palabra "Moral" (derivada del latín *moralis*) y Ética (del griego *ethikos*) se refiere al consenso de costumbres y conductas dentro de un grupo social o a la inclinación para comportarse de cierta forma. A través de los siglos, las teorías filosóficas han adoptado una aproximación lógico-deductiva hacia la moralidad cuyo objetivo ha sido identificar los principios universales que pueden guiar la conducta humana. En contraste, actualmente esta surgiendo una aproximación científica a la moralidad, que surge a partir de la documentación de los cambios en la conducta moral en pacientes con disfunción cerebral, estos hallazgos han proporcionado datos objetivos acerca de la cognición moral. La neurociencia cognitiva moral, por lo tanto, intenta elucidar los mecanismos cognitivos y neurales que subyacen la conducta moral. En este contexto, la moralidad es considerada como un conjunto de costumbres y valores que

son adoptadas por un grupo cultural para guiar la conducta social, una visión que no asume la existencia de valores absolutos morales.

Estudios neurobiológicos han identificado los mecanismos y estructuras cerebrales que intervienen en la generación de emociones básicas como la ira, el miedo, la alegría, la tristeza, la sorpresa y el asco (Johnson-Laird & Oatley, 2000), sin embargo, la organización neuronal de emociones complejas o secundarias como las emociones “morales” aún se desconoce.

De acuerdo a la literatura, se ha postulado que los fenómenos morales emergen de la integración del conocimiento social contextual (representado en la corteza prefrontal), del conocimiento social semántico (almacenado en la corteza temporal posterior y anterior) y los estados básicos y motivacionales (dependientes de circuitos cortico-límbicos). Estas recientes aproximaciones al estudio de las emociones morales ofrecen nuevas interpretaciones para los patrones de conducta social en individuos sanos y en pacientes con disfunción cerebral y poder hacer predicciones comprobables para la disociación neuropsicológica en la cognición moral.

Bases neuronales de la cognición moral

Deterioro de la conducta moral. El daño en el “sentido moral” o “insanidad moral” fue descrito como una “perversión de los sentimientos naturales, de los afectos, del temperamento, de los hábitos, de las disposiciones morales y los impulsos naturales” (Augstein, 1996). La evidencia sistemática de que ciertas regiones cerebrales pueden ser cruciales para la conducta moral ha surgido de del estudio de casos con lesiones tempranas en el

lóbulo frontal y del estudio reportes neuroquirúrgicos de lesiones de guerra (Moll et al., 2005, para revisión).

Recientemente, los investigadores han comenzado a formalizar estas observaciones dentro de la esfera de la cognición moral. Eslinger y Damasio (1985) describieron que ciertas deficiencias en la conducta moral se presentan en pacientes con daño adquirido durante la adultez en la corteza prefrontal ventromedial, los cuales muestran un adecuado desempeño en tareas específicas de razonamiento moral. Posteriormente se demostró que las lesiones en la corteza prefrontal ventromedial adquiridas a una edad temprana conducen a un daño o deterioro tanto en las conductas como en el razonamiento moral, lo cual indica que el desarrollo moral se puede ver afectado debido a lesiones tempranas de la corteza prefrontal. Este deterioro en la conducta moral es similar al que se observa en psicópatas y en individuos con personalidad antisocial. Con menos frecuencia, las lesiones de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL), típicamente del hemisferio derecho, también conducen a cambios en la conducta moral.

Además de la corteza prefrontal, otras regiones cerebrales son cruciales para la cognición moral. Ciertos cambios estructurales en el lóbulo temporal anterior (tanto adquiridos como del desarrollo) también pueden deteriorar la conducta moral. La disfunción de circuitos neurales que involucran la región del surco temporal superior (STS), área clave para la percepción social, esta asociada con la dificultad en la atribución de intencionalidad experimentada por individuos autistas, lo cual conduce a la experiencia reducida de orgullo y vergüenza. Las lesiones de

estructuras límbicas y paralímbicas pueden deteriorar mecanismos motivacionales básicos, tales como conducta sexual, adhesión social y agresividad, conduciendo a violaciones morales extremas, por ejemplo, asaltos físicos no provocados, paedofilia, etc. Los estudios de neuroimagen funcional y estructural llevados a cabo en psicópatas han señalado anomalías en casi todas estas regiones (Kiehl et al., 2001; Raine, Lencz, Bihle, LaCasse, & Colletti, 2000).

Deterioro en la conducta moral

Los estudios en humanos con daño cerebral focal y las lesiones experimentales en monos han demostrado que existe una relación entre la corteza prefrontal (CPF) y la planeación, la toma de decisiones, la emoción, la atención, los patrones de memoria espacio-temporal y el reconocimiento. El daño en la corteza prefrontal ventral y medial está asociada con deterioro en la toma de decisión de tipo moral. Los pacientes con lesiones focales ventromediales muestran respuestas aplanadas (anormales) cuando observan imágenes emocionales y muestran una pobre ejecución en tareas en las cuales se requiere que los sentimientos guíen elecciones complejas auto-dirigidas (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1999).

El modelo de marcadores somáticos (Damasio, 1994), destaca que durante el desarrollo la corteza orbito-frontal es el soporte cerebral de los procesos de aprendizaje basados en las conductas y relaciones sociales, que son conductas basadas en procesos afectivos. El funcionamiento adecuado de esta región permite marcar las experiencias y conductas tanto negativas como positivas con “marcadores somáticos”. Es decir,

relacionar un estado fisiológico-afectivo con una situación o conducta social.

Más específicamente, en algunos pacientes que presentan deterioro socio-moral en las emociones y en la conducta se ha observado una disfunción del lóbulo frontal, éstos pacientes presentan una disociación entre cognición social y conocimiento moral, es decir, que no existe coherencia entre la comprensión de las reglas morales y las conductas que realizan (Goldberg, 2001; Price, Daffner, Robert, & Mesulam, 1990). Damasio (1994) propone que es la corteza orbito-frontal la región que de forma principal produce esta integración sintetizada en un “marcador somático”. Por medio de este modelo se pueden explicar las alteraciones de conducta antisocial producidas por el daño en la infancia, en donde los pacientes con este tipo de daño no pueden aprender de sus errores o estimar las consecuencias negativas de sus actos (como la posibilidad de ser castigados) debido a que no pueden “marcar” estas conductas con estados afectivos particulares. Este mecanismo de marcado de las experiencias de castigo, se afectaría por el daño frontal en la infancia. Existen reportes de casos estudiados neurológica y neuropsicológicamente con daño frontal en la infancia y conducta antisocial, por ejemplo, Price et al. (1990) reportan importantes alteraciones de la capacidad para aprender y desarrollar conductas sociales adecuadas, este tipo de pacientes, se caracteriza por presentar conductas antisociales que van desde robo, violencia, adicción a drogas y con frecuencia terminan en prisión. Anderson, Damasio, Tranel, y Damasio (2000) presentan el caso de dos niños que sufrieron daño frontal alrededor de los 16 meses de edad, los cuales se caracterizaron por presentar alteraciones en

el desarrollo de capacidades de regulación emocional, conducta social, toma de decisiones y descontrol conductual, al mismo tiempo que presentaban capacidades conservadas como el desempeño académico, la memoria, el lenguaje, la percepción visual y las praxias. Concluye que la emoción es un elemento clave para el aprendizaje, la toma de decisiones y la conducta moral.

Los estudios arriba revisados enfatizan que gran parte de la conducta humana es moral y resulta de múltiples procesos tanto psicológicos como neurobiológicos. El estudio de pacientes con sociopatía adquirida ha mostrado que el razonamiento moral no refleja necesariamente las acciones morales, de ahí las limitaciones de los estudios que han enfatizado únicamente los aspectos lógicos y racionales de la moralidad. Es decir, existe una disociación entre el juicio moral, el cual puede estar intacto y la conducta moral. Actualmente las investigaciones están dirigidas a describir las áreas cerebrales específicas que participan en el procesamiento moral, particularmente en las emociones morales.

Emociones y juicio moral. En la actualidad se han llevado a cabo estudios que se han enfocado en determinar los correlatos neurales de las emociones y el juicio moral. Los pacientes con daño focal en la corteza prefrontal ventromedial muestran alteraciones en condiciones que generan emociones como orgullo, vergüenza y culpa o arrepentimiento. Los estudios de neuroimagen en individuos sanos han empleado simples juicios morales, dilemas morales y emociones morales usando diferentes tareas y/o presentación de estímulos auditivos y visuales. En general, existe consenso entre los resultados que se han obtenido con técnicas de neuroimagen

funcional, así como con el análisis de casos clínico-anatómica acerca de las áreas que están involucradas en cognición moral. Las regiones activadas incluyen la corteza prefrontal anterior (abarcando la corteza frontopolar, corteza orbitofrontal especialmente su sector medial), el surco temporal superior posterior, el lóbulo temporal anterior, ínsula, precuneo, corteza cingulada anterior y regiones límbicas. Notablemente el amplio rango de modalidades, estímulos y demandas de las tareas tienen poco efecto en los patrones de activación cerebral.

Además de los consistentes patrones de activación cerebral encontrados a través de los estudios, hay también algunos hallazgos diferenciales. Moll, Oliveira-Souza, Bramati, y Grafman (2002) realizaron una investigación para estudiar el juicio moral, en este estudio describieron la activación de la corteza prefrontal anterior cuando se comparó la condición de juicio moral con la condición de juicios verdaderos no emocionales, sin embargo, esta respuesta no se observó cuando los juicios morales fueron comparados con la condición social-emocional, en donde una región más ventral estuvo más activada. La dificultad de decisión se correlacionó con el incremento en la actividad de la corteza cingulada anterior. Heekeren et al. (2005) mostraron que la presencia de daño corporal en ciertos escenarios de violaciones morales conduce a un decremento en los tiempos de reacción y a un decremento en la activación del lóbulo temporal anterior.

Hipótesis de la sensibilidad moral.

Empleando una tarea que compromete a los sujetos como observadores (Moll, Eslinger, & Oliveira-Souza, 2001; Moll et al. 2005; Moll, Oliveira-Souza, Bramati et al.,

2002, Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2002) encontraron que la observación de imágenes que muestran violaciones morales activan específicamente la corteza prefrontal anterior, corteza orbitofrontal medial, la región del surco temporal, cerebro medio y estructuras límbicas. Las escenas asociadas con emociones básicas (disgusto y miedo) activan de igual forma regiones del cerebro medio y del sistema límbico (incluyendo la amígdala), pero no la corteza orbitofrontal medial y el surco temporal superior. Esos hallazgos son consistentes con la hipótesis de que una red que involucra la corteza prefrontal anterior, la corteza orbitofrontal medial, el surco temporal superior y regiones límbicas, representa eventos de tipo social-moral ligados a la sensibilidad moral, una marcación automática de eventos sociales ordinarios con valores morales. Esta hipótesis fue apoyada por los hallazgos de que la corteza orbitofrontal medial, la corteza prefrontal anterior, el surco temporal superior y el precuneo mostraron un mayor compromiso en un análisis funcional de conectividad y mediante la observación de que un grupo similar de regiones.

Aportaciones recientes al estudio de las emociones morales

Aunque un gran número de investigaciones (Aguado, 2002; Berridge, 2003; Damasio, 1998; Eslinger & Damasio, 1985; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003; Panksepp, 2003), se han enfocado en determinar cuáles son las estructuras cerebrales que participan en el procesamiento de las emociones básicas, las bases biológicas de la cognición social y de las emociones morales se encuentra en exploración. Como ya se mencionó, a pesar de que el debate sobre la naturaleza de la

moral en el ser humano ha sido un tema discutido por muchos años, no es sino hasta recientemente que se ha comenzado a explorar la organización neural de la conducta moral. Esos hallazgos provienen principalmente del análisis y estudio de pacientes con cambios en su conducta social y moral como consecuencia de lesiones cerebrales adquiridas, así como también del estudio de conductas normales y patológicas con técnicas de neuroimagen estructural y funcional. En el caso de los pacientes con lesiones cerebrales adquiridas, se ha descrito que desarrollan una condición que ha sido llamada sociopatía adquirida que se produce debido a lesiones en áreas cerebrales específicas, particularmente la corteza fronto-polar y orbito-medial, el lóbulo temporal anterior, el lóbulo frontal super-medial, y ciertos núcleos subcorticales relacionados, particularmente la amígdala, el hipotálamo, tálamo dorsomedial y la cabeza del núcleo caudado. La conducta sociopática o la personalidad antisocial que manifiestan convictos y asesinos seriales también ha sido relacionada al daño o disfunción de la corteza frontopolar y orbitofrontal (Casebeer, 2003; Goldberg, 2001; Haidt, 2001; Kohlberg, 1969).

Neuroimagen y potenciales relacionados a eventos en el estudio de la moralidad

Utilizando técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética funcional (RMF), recientemente se han realizado investigaciones que tienen como objetivo describir la participación de las estructuras neurales que se encuentran involucradas en el procesamiento de estímulos (fotografías, frases auditivas, etc.) con carga emocional (agradables, desagradables sin contenido moral, desagradables con contenido moral,

morales personales y morales impersonales, así como también neutrales). Los resultados de estas investigaciones (Moll et al. 2001, 2003; Moll, Oliveira-Souza, Bramati et al. 2002; Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2002) han mostrado que el procesamiento de estímulos con carga emocional, particularmente desagradables sin contenido y con contenido moral, activan una red común de áreas cerebrales que incluyen la amígdala, ínsula, tálamo, y el cerebro medio. Sin embargo, la corteza orbitofrontal medial y posterior, la fronto-polar y el surco temporal superior están también involucrados para el procesamiento de estímulos con carga emocional-moral.

Uno de los objetivos más importantes en el estudio de la relación entre el cerebro y la conducta no sólo es conocer y comprender “en dónde” sino también “el cómo” ocurren los procesos fisiológicos que dan lugar a conductas psicológicas complejas (Moll et al., 2005). A la fecha el proceso de sensibilidad moral ha sido estudiado utilizando técnicas como la RMF que tiene una alta resolución espacial pero una baja resolución temporal. Los avances en las técnicas de computación han permitido el desarrollo de técnicas neurofisiológicas no invasivas, como los potenciales relacionados a eventos (PRE) que permiten al investigador la posibilidad de comprender lo que sucede en tiempo real en el cerebro durante la activación de diferentes sistemas funcionales. Los procesos cognoscitivos ocurren en el rango de los milisegundos. Se pueden tomar hasta dos decisiones correctas en un segundo y el tiempo de reacción puede ser tan rápido como 150 milisegundos (Ostrosky, Canseco, Meneses, Próspero, & Ardila, 1987). Debido a que los PRE pueden medir la actividad neuronal que ocurre en un periodo de milisegundos, ofrecen la oportunidad de

revelar la secuencia y el tiempo en la que aparece la activación de actividades cognoscitivas específicas. Dado que se ha postulado que la sensibilidad moral es una respuesta automática de rápida aparición y que se presenta ante la valoración cognitiva inconsciente de eventos interpersonales, el empleo de la técnica de los PRE podría aportar información de lo que sucede en tiempo real durante el procesamiento de estímulos emocionales con y sin contenido moral.

En un estudio realizado en nuestro laboratorio (Ostrosky-Solís et al., 2004), se registraron los PRE en sujetos neurológicamente intactos mientras observaban estímulos visuales correspondientes a tres categorías semánticas: desagradables con y sin contenido moral y estímulos neutrales. Los estímulos fueron previamente estandarizados en nuestro laboratorio (Vélez, Chayo-Dichi, R., Arias, Castillo, & Ostrosky-Solís-Solis, 2003), de acuerdo a las categorías de moralidad (i.e., escenas de guerra, niños abandonados), neutralidad (paisajes y utensilios domésticos) y desagradables sin contenido moral (tumores y cuerpos mutilados). El análisis de componentes principales (ACP) reveló diferencias entre los estímulos desagradables sin contenido moral y los estímulos neutrales en los componentes tempranos P200 y N300, con mayor activación en áreas parieto-occipitales, mientras que la distinción entre los estímulos desagradables con y sin contenido moral se observó en un complejo positivo tardío (PPT) (entre los 400 y 600 ms), con mayor activación en áreas temporo-parietales y frontales. Estos hallazgos sugieren la existencia de una red cerebral especializada en la generación de emociones morales. En un reciente estudio

que se llevo a cabo en una mujer de 48 años de edad conocida como la “mata viejitas” quien es acusada del homicidio de por lo menos 18 mujeres de la tercera edad y de intento de homicidio de otra. Se encontró que a diferencia de la muestra control, esta asesina serial no generó diferencias en la amplitud del PPT entre el estímulo neutral y los estímulos desagradables con y sin contenido moral. El PPT para los cuatro tipos de estímulos fue relativamente pequeño y breve, sugiriendo que procesa todos los estímulos (neutral, agradable y desagradable con y sin contenido moral) diferente del participante normal (Ostrosky-Solís, Vélez, Santana, Pérez, & Ardila, en prensa).

Discusión

El estudio de las emociones en la última década ha mostrado un sustancial incremento, particularmente el estudio de las emociones morales que anteriormente había estado dominado por teorías racionalistas o cognoscitivistas. En el campo de las neurociencias, se han comenzado a explorar diferentes tipos de emociones morales con diferentes técnicas, particularmente las técnicas de neuroimagen. Sin embargo, hasta el momento, aún no se ha esclarecido cómo surgen los procesos causantes de las emociones morales, ya que cada una de las teorías que ha abordado su estudio encuentran explicaciones limitadas a cada disciplina, aunque coinciden en que tanto la conducta moral, como las emociones morales, son el resultado de la interacción de diferentes factores.

En el campo de la neurobiología, los investigadores que han comenzado a estudiar los correlatos neurales de las emociones morales, han postulado que el

cerebro humano muestra una red especializada en el procesamiento moral. Sin embargo, aun queda mucho por explorar. Utilizando técnicas que permitan medir y evaluar a diferentes niveles de procesamiento (conductual, psicofisiológico y cognoscitivo), acerca de como surgen, procesan y ejecutan las emociones morales, se podrá llegar a una teoría integrada de la conducta moral tanto en condiciones normales como patológicas. Estos hallazgos podrían tener implicaciones para el desarrollo y la implementación de programas de rehabilitación para los pacientes que muestran problemas en su conducta moral como consecuencia de una sociopatía adquirida y/o en sujetos con psicopatía y/o personalidad antisocial.

La sensibilidad moral y cognoscitiva ha sido fundamental en la evolución del ser humano. Moll et al. (2003) postulan que las emociones morales son producto de presiones evolutivas que forman los procesos neuroconductuales relacionados a la percepción selectiva de señales sociales, la experiencia de emociones morales y la adaptación de respuestas conductuales hacia el entorno social. Los seres humanos poseen un sentido natural de justicia que permea las percepciones y las interacciones sociales. La sensibilidad moral es un componente fundamental en la toma de decisiones, así como en el funcionamiento de diversos sistemas sociales, legales y políticos. Debido a su intensa vida social, el ser humano ha desarrollado mecanismos para hacer decisiones rápidas y juicios sociales basados en nuestras emociones, para poder “diferenciar intuitivamente” lo que es correcto de lo incorrecto. Por lo que las respuestas somáticas y emocionales son fundamentales para la conducta ética humana. Como señalan Greene y Haidt

(2002), a medida que logremos comprender "quienes somos" y "el porque de nuestras conductas", es probable que este conocimiento nos transforme al mismo tiempo que nos permita comprender las alteraciones que producen los trastornos neuropsiquiátricos que dan lugar a conductas antisociales.

Referencias

- Aguado, L. (2002). Procesos cognitivos y sistemas cerebrales de la emoción. *Revista de Neurología*, 34(12), 1161-1170.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032-1037.
- Anderson, S. W., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2000). Long-term sequel of prefrontal cortex damage acquired in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 18(3), 281-296.
- Augstein, H. F. (1996). JC Prichard's concept of moral insanity: A medical theory of the corruption of human nature. *Medical History*, 40, 311-343.
- Berridge, K. C. (2003). Pleasures of the brain. *Brain and Cognition*, 52, 106-128.
- Casebeer, W. D. (2003). Moral cognition and its neural constituents. *Nature Review Neuroscience*, 4, 841-846.
- Damasio, A. R. (1994). *El error de Descartes*. Chile: Andrés Bello.
- Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Research*, 26, 83-86.
- Davidson, R. J. (1998). Affective style and affective disorders: Perspectives from affective neuroscience. *Cognition and Emotion*, 12, 307-330.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Goldberg, E. (Ed.). (2001). *The executive brain. Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.
- Greene, J., & Haidt, J. (2002). How (and where) does moral judgment work? *Trends in Cognitive Science*, 6(12), 517-523.
- Hagemann, D., Waldstein, S., & Thayer, J. (2003). Central and autonomic nervous system integration in emotion. *Brain and Cognition*, 52, 79-87.
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral Judgment. *Psychological Review*, 108(7), 804-834.
- Haidt, J. (2003). The moral emotions. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of affective sciences* (pp. 852-870). Oxford: Oxford University Press.
- Heekeren, H. R., Wartenburger, I., Schmidt, H., Prehn, K., Schwintowski, H. P., & Villringer, A. (2005). Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. *Neuroimage*, 24(3), 887-897.

- Johnson-Laird, P. N., & Oatley, K. (2000). Cognitive and social construction in emotions. En M. Lewiss, & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 458-475). Nueva York: Guilford Press.
- Kiehl, K. A., Smith, A., Hare, R., Mendrek, A., Forster, B., Brink, J., & Liddle, P. E. (2001). Limbic abnormalities in affective processing by criminal psychopaths as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry*, 50, 677-684.
- Kohlberg, L. (1969). Stage and sequence: The cognitive-developmental approach to socialization. En D. A. Goslin (Ed.), *Handbook of socialization theory and research* (pp. 347-480). Chicago: Rand McNally.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial visceral and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30, 261-273.
- Lazarus, R. S. (1991). Ethical intuitionism II. *Philosophy*, 46, 1-11.
- LeDoux, J. (1998). Fear and the brain: Where have we been, and where are going? *Biological Psychiatry*, 44, 1229-1238.
- Moll, J., Eslinger, P., & Oliveira-Souza, R. (2001). Frontopolar and anterior temporal cortex activation in a moral judgment task. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 59(3-B), 657-664.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., & Grafman, J. (2002). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgment. *Neuroimage*, 16, 696-703.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., & Eslinger, P. (2002). The neural correlates of moral sensitivity: A functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *Journal of Neuroscience*, 22(7), 2730-2736.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., & Eslinger, P. (2003). Morals and the human brain: A working model. *Neuroreport*, 14(3), 299-305.
- Moll, J., Zahn, R., Oliveira-Souza, R., Krueger, F., & Grafman, J. (2005). The neural bases of human moral cognition. *Nature Review Neuroscience*, 6, 799-809.
- Ostrosky, F., Canseco, E., Meneses, S., Próspero, O., & Ardila, A. (1987). Neuroelectric correlates of a neuropsychological model of word decoding and semantic processing in normal children. *International Journal of Neuroscience*, 34, 97-113.
- Ostrosky-Solís, F., Vélez, A. E., Castillo-Parra, G., Arias, N., Pérez, M., & Chayo-Dichy, R. (2004). Nuevas perspectivas en el estudio de las emociones morales: un estudio electrofisiológico. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2B, 215-226.
- Ostrosky-Solís, F., Vélez, A., Santana, D., Pérez, M., & Ardila, A. (en prensa). A middle-aged serial killer woman: a case report. *Forensic Neuroscience*.
- Panksepp, J. (2003). At the interface of the affective, behavioral and cognitive neuroscience: Decoding the emotional feelings of the Brain. *Brain and Cognition*, 52, 4-14.

Price, B. H., Daffner, K. R., Robert, M. S., & Mesulam, M. (1990). The comportamental learning disabilities of early frontal lobe damage. *Brain*, 113, 1383-1393.

Raine, A., Lencz, T., Bihrlé, S., LaCasse, L., & Colletti, P. (2000). Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder. *Archives of General Psychiatry*, 57, 119-127.

Schupp, H., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*; 14, 7-13.

Vélez, A., Chayo-Dichi, R., Arias, N., Castillo, G., & Ostrosky-Solís, F. (2003). Emociones morales: Una batería para su medición. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquetría y Neurociencias*, 5, 189-199.



Neurobiología de la Sensibilidad Moral

Feggy Ostrosky-Solís

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

Alicia E. Vélez García

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

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

Agradecimiento

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

Resumen

El debate acerca de la naturaleza de la moral ha sido el centro de diversas discusiones entre los teóricos. Durante décadas, la psicología moral estuvo dominada por teorías que enfatizaban la participación del razonamiento y el juicio moral sobre las conductas dirigidas moralmente en los adultos. Sin embargo, en la actualidad, ciertas aptitudes como la sensibilidad social y la cognición son consideradas centrales en la evolución de la humanidad. Recientemente nuevas propuestas enfatizan el rol de los procesos emocionales e intuitivos en la toma de decisiones en los seres humanos. Particularmente, el estudio de las emociones y sus bases biológicas ha recibido considerable atención en la última década. Este cambio de perspectiva es producto de trabajos recientes en el campo de la filosofía, la psicología cognitiva, las neurociencias afectivas y la neurobiología. Estudios neurobiológicos han identificado los mecanismos y estructuras cerebrales que intervienen en la generación de emociones básicas, sin embargo, la organización neuronal de emociones complejas o secundarias como las emociones “morales” aún se desconocen. El campo de las neurociencias afectivas ha comenzado a explorar diferentes tipos de emociones morales con técnicas de neuroimagen y electrofisiológicas en sujetos normales, casos con daño cerebral y en individuos con personalidad antisocial. El objetivo del presente artículo es presentar los avances en el estudio de las emociones morales y discutir sus implicaciones para el estudio de la conducta moral tanto en condiciones normales como en el caso de los trastornos neuropsiquiátricos que dan lugar a conductas antisociales.

Palabras clave: moralidad, psicología, conducta moral, emociones morales, neurobiología.

Summary

The study of the moral behavior has been dominated by theories that emphasize the role of reasoning in moral judgment of adults for decades. Recent proposals emphasize the role of emotional and intuitive processes in human decision making. Particularly, the study of emotions in the last decades has increased significantly. This change in perspective is the result of recent works in the field of philosophy, cognitive psychology, affective neurosciences and neurobiology. The field of affective neurosciences has begun starting to explore different types of moral emotions with different techniques, in particular neuroimaging techniques. In the field of neurobiology, investigators have started to study neural correlates of moral emotions, and have encountered interesting findings indicating that the human brain shows a network specialized in moral processing.

Key words: moral emotions, moral behavior, morality, neurobiology, psychology.

Introducción

En los últimos años la investigación sobre los procesos emocionales dentro de la psicología y las neurociencias ha vivido un espectacular incremento. De hecho, ha surgido una nueva disciplina denominada *neurociencia afectiva*, cuyo objetivo es subdividir las emociones en operaciones

mentales elementales y sus substratos neuronales correspondientes.

Se ha postulado que las emociones son fenómenos complejos multifactoriales que ejercen una poderosa influencia sobre el comportamiento de las personas y posibilitan su adaptación al medio (Davidson, 1998). Funcionalmente, las emociones son acciones y disposiciones que preparan al organismo para emitir conductas de aproximación o evitación (Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993; Schupp, Junghöfer, Weike, & Hamm, 2003).

Emociones morales

Actualmente, con base en los hallazgos provenientes de diversas áreas de la neurociencia afectiva y de la neurociencia evolutiva, se ha postulado que los procesos emocionales automáticos, son determinantes en la conducta moral y se ha introducido el concepto de las emociones morales (Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2003).

De acuerdo a Haidt (2003) las emociones morales difieren de las emociones básicas (tristeza, alegría, enojo, miedo, sorpresa, disgusto) en que están intrínsecamente ligadas a los intereses de bienestar de cada sociedad, así como también de los individuos. Las emociones morales, de esta forma, surgen ante la interacción entre los individuos o cuando se perciben violaciones morales, y se ha sugerido que, en contraste al laborioso razonamiento deductivo que esta presente en el juicio moral, aparecen rápido, automáticamente y que existe una valoración cognitiva inconsciente de eventos interpersonales. Haidt señala que mientras que las emociones básicas provienen de ideas, imaginación, recolección o percepción con relevancia personal inmediata, las emociones morales,

son emociones complejas, que están ligadas a los intereses o al bienestar de las sociedades, así como también a las personas. Además, las emociones morales son evocadas en circunstancias que se extienden más allá de la esfera inmediata de uno mismo. Las emociones morales son críticas para la promoción de cohesividad de los grupos. La culpa, la gratitud y la compasión son ejemplos de emociones morales pro sociales. Sin embargo, las emociones morales también pueden actuar en la disolución y la reorganización social. Tales emociones pueden ser el desprecio, la indignación y la xenofobia.

Haidt (2003) y Moll et al. (2003) proponen que la conducta moral es provocada por disposiciones espontáneas, implícitas y que las emociones morales operan de forma automática e inconscientemente. Señalan que la conducta moral proviene de un delicado balance entre la conducta pro social y altruista en un extremo y la conducta antisocial y egoísta en el otro.

Moll et al. (2003) postulan que la conducta moral es producto de presiones evolutivas que forman los procesos neuro-conductuales relacionados a la percepción selectiva de señales sociales, la experiencia de emociones morales y a la adaptación de respuestas conductuales hacia el entorno social. Así, la sensibilidad y la cognición social y moral han sido conductas determinantes en la evolución de la humanidad. Por lo tanto, ciertas aptitudes como la asimilación de reglas que se encuentran basadas en la recompensa y el castigo y la atribución de intenciones, creencias, sentimientos y deseos hacia otras personas, ya se encontraban desarrolladas en nuestros antecesores primates y homínidos (Lazarus, 1991; LeDoux, 1998).

En la actualidad aún no se han descrito claramente cuáles son las emociones morales. Sin embargo, algunos autores (Damasio, 1994; Haidt, 2003) reportan la culpa, el orgullo, la vergüenza, la empatía, la compasión, y la indignación.

Haidt (2003) señala cuatro subtipos de emociones morales:

1. *Emociones concernientes a otros* (i.e., desprecio, ira, disgusto).
2. *Emociones auto-conscientes* (i.e., vergüenza, turbación, culpa).
3. *Emociones referentes al sufrimiento de otros* (i.e., empatía).
4. *Emociones referentes al elogio a otros* (i.e., gratitud, temor, elevación).

Neurobiología de la conducta moral

Como señalan Moll, Zahn, Oliveira-Souza, Krueger, y Grafman (2005), la palabra "Moral" (derivada del latín *moralis*) y Ética (del griego *ethikos*) se refiere al consenso de costumbres y conductas dentro de un grupo social o a la inclinación para comportarse de cierta forma. A través de los siglos, las teorías filosóficas han adoptado una aproximación lógico-deductiva hacia la moralidad cuyo objetivo ha sido identificar los principios universales que pueden guiar la conducta humana. En contraste, actualmente esta surgiendo una aproximación científica a la moralidad, que surge a partir de la documentación de los cambios en la conducta moral en pacientes con disfunción cerebral, estos hallazgos han proporcionado datos objetivos acerca de la cognición moral. La neurociencia cognitiva moral, por lo tanto, intenta elucidar los mecanismos cognitivos y neurales que subyacen la conducta moral. En este contexto, la moralidad es considerada como un conjunto de costumbres y valores que

son adoptadas por un grupo cultural para guiar la conducta social, una visión que no asume la existencia de valores absolutos morales.

Estudios neurobiológicos han identificado los mecanismos y estructuras cerebrales que intervienen en la generación de emociones básicas como la ira, el miedo, la alegría, la tristeza, la sorpresa y el asco (Johnson-Laird & Oatley, 2000), sin embargo, la organización neuronal de emociones complejas o secundarias como las emociones “morales” aún se desconoce.

De acuerdo a la literatura, se ha postulado que los fenómenos morales emergen de la integración del conocimiento social contextual (representado en la corteza prefrontal), del conocimiento social semántico (almacenado en la corteza temporal posterior y anterior) y los estados básicos y motivacionales (dependientes de circuitos cortico-límbicos). Estas recientes aproximaciones al estudio de las emociones morales ofrecen nuevas interpretaciones para los patrones de conducta social en individuos sanos y en pacientes con disfunción cerebral y poder hacer predicciones comprobables para la disociación neuropsicológica en la cognición moral.

Bases neuronales de la cognición moral

Deterioro de la conducta moral. El daño en el “sentido moral” o “insanidad moral” fue descrito como una “perversión de los sentimientos naturales, de los afectos, del temperamento, de los hábitos, de las disposiciones morales y los impulsos naturales” (Augstein, 1996). La evidencia sistemática de que ciertas regiones cerebrales pueden ser cruciales para la conducta moral ha surgido de del estudio de casos con lesiones tempranas en el

lóbulo frontal y del estudio reportes neuroquirúrgicos de lesiones de guerra (Moll et al., 2005, para revisión).

Recientemente, los investigadores han comenzado a formalizar estas observaciones dentro de la esfera de la cognición moral. Eslinger y Damasio (1985) describieron que ciertas deficiencias en la conducta moral se presentan en pacientes con daño adquirido durante la adultez en la corteza prefrontal ventromedial, los cuales muestran un adecuado desempeño en tareas específicas de razonamiento moral. Posteriormente se demostró que las lesiones en la corteza prefrontal ventromedial adquiridas a una edad temprana conducen a un daño o deterioro tanto en las conductas como en el razonamiento moral, lo cual indica que el desarrollo moral se puede ver afectado debido a lesiones tempranas de la corteza prefrontal. Este deterioro en la conducta moral es similar al que se observa en psicópatas y en individuos con personalidad antisocial. Con menos frecuencia, las lesiones de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL), típicamente del hemisferio derecho, también conducen a cambios en la conducta moral.

Además de la corteza prefrontal, otras regiones cerebrales son cruciales para la cognición moral. Ciertos cambios estructurales en el lóbulo temporal anterior (tanto adquiridos como del desarrollo) también pueden deteriorar la conducta moral. La disfunción de circuitos neurales que involucran la región del surco temporal superior (STS), área clave para la percepción social, esta asociada con la dificultad en la atribución de intencionalidad experimentada por individuos autistas, lo cual conduce a la experiencia reducida de orgullo y vergüenza. Las lesiones de

estructuras límbicas y paralímbicas pueden deteriorar mecanismos motivacionales básicos, tales como conducta sexual, adhesión social y agresividad, conduciendo a violaciones morales extremas, por ejemplo, asaltos físicos no provocados, paedofilia, etc. Los estudios de neuroimagen funcional y estructural llevados a cabo en psicópatas han señalado anomalías en casi todas estas regiones (Kiehl et al., 2001; Raine, Lencz, Bihle, LaCasse, & Colletti, 2000).

Deterioro en la conducta moral

Los estudios en humanos con daño cerebral focal y las lesiones experimentales en monos han demostrado que existe una relación entre la corteza prefrontal (CPF) y la planeación, la toma de decisiones, la emoción, la atención, los patrones de memoria espacio-temporal y el reconocimiento. El daño en la corteza prefrontal ventral y medial está asociada con deterioro en la toma de decisión de tipo moral. Los pacientes con lesiones focales ventromediales muestran respuestas aplanadas (anormales) cuando observan imágenes emocionales y muestran una pobre ejecución en tareas en las cuales se requiere que los sentimientos guíen elecciones complejas auto-dirigidas (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1999).

El modelo de marcadores somáticos (Damasio, 1994), destaca que durante el desarrollo la corteza orbito-frontal es el soporte cerebral de los procesos de aprendizaje basados en las conductas y relaciones sociales, que son conductas basadas en procesos afectivos. El funcionamiento adecuado de esta región permite marcar las experiencias y conductas tanto negativas como positivas con “marcadores somáticos”. Es decir,

relacionar un estado fisiológico-afectivo con una situación o conducta social.

Más específicamente, en algunos pacientes que presentan deterioro socio-moral en las emociones y en la conducta se ha observado una disfunción del lóbulo frontal, éstos pacientes presentan una disociación entre cognición social y conocimiento moral, es decir, que no existe coherencia entre la comprensión de las reglas morales y las conductas que realizan (Goldberg, 2001; Price, Daffner, Robert, & Mesulam, 1990). Damasio (1994) propone que es la corteza orbito-frontal la región que de forma principal produce esta integración sintetizada en un “marcador somático”. Por medio de este modelo se pueden explicar las alteraciones de conducta antisocial producidas por el daño en la infancia, en donde los pacientes con este tipo de daño no pueden aprender de sus errores o estimar las consecuencias negativas de sus actos (como la posibilidad de ser castigados) debido a que no pueden “marcar” estas conductas con estados afectivos particulares. Este mecanismo de marcado de las experiencias de castigo, se afectaría por el daño frontal en la infancia. Existen reportes de casos estudiados neurológica y neuropsicológicamente con daño frontal en la infancia y conducta antisocial, por ejemplo, Price et al. (1990) reportan importantes alteraciones de la capacidad para aprender y desarrollar conductas sociales adecuadas, este tipo de pacientes, se caracteriza por presentar conductas antisociales que van desde robo, violencia, adicción a drogas y con frecuencia terminan en prisión. Anderson, Damasio, Tranel, y Damasio (2000) presentan el caso de dos niños que sufrieron daño frontal alrededor de los 16 meses de edad, los cuales se caracterizaron por presentar alteraciones en

el desarrollo de capacidades de regulación emocional, conducta social, toma de decisiones y descontrol conductual, al mismo tiempo que presentaban capacidades conservadas como el desempeño académico, la memoria, el lenguaje, la percepción visual y las praxias. Concluye que la emoción es un elemento clave para el aprendizaje, la toma de decisiones y la conducta moral.

Los estudios arriba revisados enfatizan que gran parte de la conducta humana es moral y resulta de múltiples procesos tanto psicológicos como neurobiológicos. El estudio de pacientes con sociopatía adquirida ha mostrado que el razonamiento moral no refleja necesariamente las acciones morales, de ahí las limitaciones de los estudios que han enfatizado únicamente los aspectos lógicos y racionales de la moralidad. Es decir, existe una disociación entre el juicio moral, el cual puede estar intacto y la conducta moral. Actualmente las investigaciones están dirigidas a describir las áreas cerebrales específicas que participan en el procesamiento moral, particularmente en las emociones morales.

Emociones y juicio moral. En la actualidad se han llevado a cabo estudios que se han enfocado en determinar los correlatos neurales de las emociones y el juicio moral. Los pacientes con daño focal en la corteza prefrontal ventromedial muestran alteraciones en condiciones que generan emociones como orgullo, vergüenza y culpa o arrepentimiento. Los estudios de neuroimagen en individuos sanos han empleado simples juicios morales, dilemas morales y emociones morales usando diferentes tareas y/o presentación de estímulos auditivos y visuales. En general, existe consenso entre los resultados que se han obtenido con técnicas de neuroimagen

funcional, así como con el análisis de casos clínico-anatómica acerca de las áreas que están involucradas en cognición moral. Las regiones activadas incluyen la corteza prefrontal anterior (abarcando la corteza frontopolar, corteza orbitofrontal especialmente su sector medial), el surco temporal superior posterior, el lóbulo temporal anterior, ínsula, precuneo, corteza cingulada anterior y regiones límbicas. Notablemente el amplio rango de modalidades, estímulos y demandas de las tareas tienen poco efecto en los patrones de activación cerebral.

Además de los consistentes patrones de activación cerebral encontrados a través de los estudios, hay también algunos hallazgos diferenciales. Moll, Oliveira-Souza, Bramati, y Grafman (2002) realizaron una investigación para estudiar el juicio moral, en este estudio describieron la activación de la corteza prefrontal anterior cuando se comparó la condición de juicio moral con la condición de juicios verdaderos no emocionales, sin embargo, esta respuesta no se observó cuando los juicios morales fueron comparados con la condición social-emocional, en donde una región más ventral estuvo más activada. La dificultad de decisión se correlacionó con el incremento en la actividad de la corteza cingulada anterior. Heekeren et al. (2005) mostraron que la presencia de daño corporal en ciertos escenarios de violaciones morales conduce a un decremento en los tiempos de reacción y a un decremento en la activación del lóbulo temporal anterior.

Hipótesis de la sensibilidad moral.

Empleando una tarea que compromete a los sujetos como observadores (Moll, Eslinger, & Oliveira-Souza, 2001; Moll et al. 2005; Moll, Oliveira-Souza, Bramati et al.,

2002, Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2002) encontraron que la observación de imágenes que muestran violaciones morales activan específicamente la corteza prefrontal anterior, corteza orbitofrontal medial, la región del surco temporal, cerebro medio y estructuras límbicas. Las escenas asociadas con emociones básicas (disgusto y miedo) activan de igual forma regiones del cerebro medio y del sistema límbico (incluyendo la amígdala), pero no la corteza orbitofrontal medial y el surco temporal superior. Esos hallazgos son consistentes con la hipótesis de que una red que involucra la corteza prefrontal anterior, la corteza orbitofrontal medial, el surco temporal superior y regiones límbicas, representa eventos de tipo social-moral ligados a la sensibilidad moral, una marcación automática de eventos sociales ordinarios con valores morales. Esta hipótesis fue apoyada por los hallazgos de que la corteza orbitofrontal medial, la corteza prefrontal anterior, el surco temporal superior y el precuneo mostraron un mayor compromiso en un análisis funcional de conectividad y mediante la observación de que un grupo similar de regiones.

Aportaciones recientes al estudio de las emociones morales

Aunque un gran número de investigaciones (Aguado, 2002; Berridge, 2003; Damasio, 1998; Eslinger & Damasio, 1985; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003; Panksepp, 2003), se han enfocado en determinar cuáles son las estructuras cerebrales que participan en el procesamiento de las emociones básicas, las bases biológicas de la cognición social y de las emociones morales se encuentra en exploración. Como ya se mencionó, a pesar de que el debate sobre la naturaleza de la

moral en el ser humano ha sido un tema discutido por muchos años, no es sino hasta recientemente que se ha comenzado a explorar la organización neural de la conducta moral. Esos hallazgos provienen principalmente del análisis y estudio de pacientes con cambios en su conducta social y moral como consecuencia de lesiones cerebrales adquiridas, así como también del estudio de conductas normales y patológicas con técnicas de neuroimagen estructural y funcional. En el caso de los pacientes con lesiones cerebrales adquiridas, se ha descrito que desarrollan una condición que ha sido llamada sociopatía adquirida que se produce debido a lesiones en áreas cerebrales específicas, particularmente la corteza fronto-polar y orbito-medial, el lóbulo temporal anterior, el lóbulo frontal super-medial, y ciertos núcleos subcorticales relacionados, particularmente la amígdala, el hipotálamo, tálamo dorsomedial y la cabeza del núcleo caudado. La conducta sociopática o la personalidad antisocial que manifiestan convictos y asesinos seriales también ha sido relacionada al daño o disfunción de la corteza frontopolar y orbitofrontal (Casebeer, 2003; Goldberg, 2001; Haidt, 2001; Kohlberg, 1969).

Neuroimagen y potenciales relacionados a eventos en el estudio de la moralidad

Utilizando técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética funcional (RMF), recientemente se han realizado investigaciones que tienen como objetivo describir la participación de las estructuras neurales que se encuentran involucradas en el procesamiento de estímulos (fotografías, frases auditivas, etc.) con carga emocional (agradables, desagradables sin contenido moral, desagradables con contenido moral,

morales personales y morales impersonales, así como también neutrales). Los resultados de estas investigaciones (Moll et al. 2001, 2003; Moll, Oliveira-Souza, Bramati et al. 2002; Moll, Oliveira-Souza, & Eslinger, 2002) han mostrado que el procesamiento de estímulos con carga emocional, particularmente desagradables sin contenido y con contenido moral, activan una red común de áreas cerebrales que incluyen la amígdala, ínsula, tálamo, y el cerebro medio. Sin embargo, la corteza orbitofrontal medial y posterior, la fronto-polar y el surco temporal superior están también involucrados para el procesamiento de estímulos con carga emocional-moral.

Uno de los objetivos más importantes en el estudio de la relación entre el cerebro y la conducta no sólo es conocer y comprender “en dónde” sino también “el cómo” ocurren los procesos fisiológicos que dan lugar a conductas psicológicas complejas (Moll et al., 2005). A la fecha el proceso de sensibilidad moral ha sido estudiado utilizando técnicas como la RMF que tiene una alta resolución espacial pero una baja resolución temporal. Los avances en las técnicas de computación han permitido el desarrollo de técnicas neurofisiológicas no invasivas, como los potenciales relacionados a eventos (PRE) que permiten al investigador la posibilidad de comprender lo que sucede en tiempo real en el cerebro durante la activación de diferentes sistemas funcionales. Los procesos cognoscitivos ocurren en el rango de los milisegundos. Se pueden tomar hasta dos decisiones correctas en un segundo y el tiempo de reacción puede ser tan rápido como 150 milisegundos (Ostrosky, Canseco, Meneses, Próspero, & Ardila, 1987). Debido a que los PRE pueden medir la actividad neuronal que ocurre en un periodo de milisegundos, ofrecen la oportunidad de

revelar la secuencia y el tiempo en la que aparece la activación de actividades cognoscitivas específicas. Dado que se ha postulado que la sensibilidad moral es una respuesta automática de rápida aparición y que se presenta ante la valoración cognitiva inconsciente de eventos interpersonales, el empleo de la técnica de los PRE podría aportar información de lo que sucede en tiempo real durante el procesamiento de estímulos emocionales con y sin contenido moral.

En un estudio realizado en nuestro laboratorio (Ostrosky-Solís et al., 2004), se registraron los PRE en sujetos neurológicamente intactos mientras observaban estímulos visuales correspondientes a tres categorías semánticas: desagradables con y sin contenido moral y estímulos neutrales. Los estímulos fueron previamente estandarizados en nuestro laboratorio (Vélez, Chayo-Dichi, R., Arias, Castillo, & Ostrosky-Solís-Solis, 2003), de acuerdo a las categorías de moralidad (i.e., escenas de guerra, niños abandonados), neutralidad (paisajes y utensilios domésticos) y desagradables sin contenido moral (tumores y cuerpos mutilados). El análisis de componentes principales (ACP) reveló diferencias entre los estímulos desagradables sin contenido moral y los estímulos neutrales en los componentes tempranos P200 y N300, con mayor activación en áreas parieto-occipitales, mientras que la distinción entre los estímulos desagradables con y sin contenido moral se observó en un complejo positivo tardío (PPT) (entre los 400 y 600 ms), con mayor activación en áreas temporo-parietales y frontales. Estos hallazgos sugieren la existencia de una red cerebral especializada en la generación de emociones morales. En un reciente estudio

que se llevo a cabo en una mujer de 48 años de edad conocida como la “mata viejitas” quien es acusada del homicidio de por lo menos 18 mujeres de la tercera edad y de intento de homicidio de otra. Se encontró que a diferencia de la muestra control, esta asesina serial no generó diferencias en la amplitud del PPT entre el estímulo neutral y los estímulos desagradables con y sin contenido moral. El PPT para los cuatro tipos de estímulos fue relativamente pequeño y breve, sugiriendo que procesa todos los estímulos (neutral, agradable y desagradable con y sin contenido moral) diferente del participante normal (Ostrosky-Solís, Vélez, Santana, Pérez, & Ardila, en prensa).

Discusión

El estudio de las emociones en la última década ha mostrado un sustancial incremento, particularmente el estudio de las emociones morales que anteriormente había estado dominado por teorías racionalistas o cognoscitivistas. En el campo de las neurociencias, se han comenzado a explorar diferentes tipos de emociones morales con diferentes técnicas, particularmente las técnicas de neuroimagen. Sin embargo, hasta el momento, aún no se ha esclarecido cómo surgen los procesos causantes de las emociones morales, ya que cada una de las teorías que ha abordado su estudio encuentran explicaciones limitadas a cada disciplina, aunque coinciden en que tanto la conducta moral, como las emociones morales, son el resultado de la interacción de diferentes factores.

En el campo de la neurobiología, los investigadores que han comenzado a estudiar los correlatos neurales de las emociones morales, han postulado que el

cerebro humano muestra una red especializada en el procesamiento moral. Sin embargo, aun queda mucho por explorar. Utilizando técnicas que permitan medir y evaluar a diferentes niveles de procesamiento (conductual, psicofisiológico y cognoscitivo), acerca de como surgen, procesan y ejecutan las emociones morales, se podrá llegar a una teoría integrada de la conducta moral tanto en condiciones normales como patológicas. Estos hallazgos podrían tener implicaciones para el desarrollo y la implementación de programas de rehabilitación para los pacientes que muestran problemas en su conducta moral como consecuencia de una sociopatía adquirida y/o en sujetos con psicopatía y/o personalidad antisocial.

La sensibilidad moral y cognoscitiva ha sido fundamental en la evolución del ser humano. Moll et al. (2003) postulan que las emociones morales son producto de presiones evolutivas que forman los procesos neuroconductuales relacionados a la percepción selectiva de señales sociales, la experiencia de emociones morales y la adaptación de respuestas conductuales hacia el entorno social. Los seres humanos poseen un sentido natural de justicia que permea las percepciones y las interacciones sociales. La sensibilidad moral es un componente fundamental en la toma de decisiones, así como en el funcionamiento de diversos sistemas sociales, legales y políticos. Debido a su intensa vida social, el ser humano ha desarrollado mecanismos para hacer decisiones rápidas y juicios sociales basados en nuestras emociones, para poder “diferenciar intuitivamente” lo que es correcto de lo incorrecto. Por lo que las respuestas somáticas y emocionales son fundamentales para la conducta ética humana. Como señalan Greene y Haidt

(2002), a medida que logremos comprender "quienes somos" y "el porque de nuestras conductas", es probable que este conocimiento nos transforme al mismo tiempo que nos permita comprender las alteraciones que producen los trastornos neuropsiquiátricos que dan lugar a conductas antisociales.

Referencias

- Aguado, L. (2002). Procesos cognitivos y sistemas cerebrales de la emoción. *Revista de Neurología*, 34(12), 1161-1170.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032-1037.
- Anderson, S. W., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2000). Long-term sequel of prefrontal cortex damage acquired in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 18(3), 281-296.
- Augstein, H. F. (1996). JC Prichard's concept of moral insanity: A medical theory of the corruption of human nature. *Medical History*, 40, 311-343.
- Berridge, K. C. (2003). Pleasures of the brain. *Brain and Cognition*, 52, 106-128.
- Casebeer, W. D. (2003). Moral cognition and its neural constituents. *Nature Review Neuroscience*, 4, 841-846.
- Damasio, A. R. (1994). *El error de Descartes*. Chile: Andrés Bello.
- Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Research*, 26, 83-86.
- Davidson, R. J. (1998). Affective style and affective disorders: Perspectives from affective neuroscience. *Cognition and Emotion*, 12, 307-330.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Goldberg, E. (Ed.). (2001). *The executive brain. Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.
- Greene, J., & Haidt, J. (2002). How (and where) does moral judgment work? *Trends in Cognitive Science*, 6(12), 517-523.
- Hagemann, D., Waldstein, S., & Thayer, J. (2003). Central and autonomic nervous system integration in emotion. *Brain and Cognition*, 52, 79-87.
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral Judgment. *Psychological Review*, 108(7), 804-834.
- Haidt, J. (2003). The moral emotions. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of affective sciences* (pp. 852-870). Oxford: Oxford University Press.
- Heekeren, H. R., Wartenburger, I., Schmidt, H., Prehn, K., Schwintowski, H. P., & Villringer, A. (2005). Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. *Neuroimage*, 24(3), 887-897.

- Johnson-Laird, P. N., & Oatley, K. (2000). Cognitive and social construction in emotions. En M. Lewis, & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 458-475). Nueva York: Guilford Press.
- Kiehl, K. A., Smith, A., Hare, R., Mendrek, A., Forster, B., Brink, J., & Liddle, P. E. (2001). Limbic abnormalities in affective processing by criminal psychopaths as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry*, 50, 677-684.
- Kohlberg, L. (1969). Stage and sequence: The cognitive-developmental approach to socialization. En D. A. Goslin (Ed.), *Handbook of socialization theory and research* (pp. 347-480). Chicago: Rand McNally.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial visceral and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30, 261-273.
- Lazarus, R. S. (1991). Ethical intuitionism II. *Philosophy*, 46, 1-11.
- LeDoux, J. (1998). Fear and the brain: Where have we been, and where are going? *Biological Psychiatry*, 44, 1229-1238.
- Moll, J., Eslinger, P., & Oliveira-Souza, R. (2001). Frontopolar and anterior temporal cortex activation in a moral judgment task. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 59(3-B), 657-664.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., & Grafman, J. (2002). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgment. *Neuroimage*, 16, 696-703.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., & Eslinger, P. (2002). The neural correlates of moral sensitivity: A functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *Journal of Neuroscience*, 22(7), 2730-2736.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R., & Eslinger, P. (2003). Morals and the human brain: A working model. *Neuroreport*, 14(3), 299-305.
- Moll, J., Zahn, R., Oliveira-Souza, R., Krueger, F., & Grafman, J. (2005). The neural bases of human moral cognition. *Nature Review Neuroscience*, 6, 799-809.
- Ostrosky, F., Canseco, E., Meneses, S., Próspero, O., & Ardila, A. (1987). Neuroelectric correlates of a neuropsychological model of word decoding and semantic processing in normal children. *International Journal of Neuroscience*, 34, 97-113.
- Ostrosky-Solís, F., Vélez, A. E., Castilho-Parra, G., Arias, N., Pérez, M., & Chayo-Dichy, R. (2004). Nuevas perspectivas en el estudio de las emociones morales: un estudio electrofisiológico. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2B, 215-226.
- Ostrosky-Solís, F., Vélez, A., Santana, D., Pérez, M., & Ardila, A. (en prensa). A middle-aged serial killer woman: a case report. *Forensic Neuroscience*.
- Panksepp, J. (2003). At the interface of the affective, behavioral and cognitive neuroscience: Decoding the emotional feelings of the Brain. *Brain and Cognition*, 52, 4-14.

Price, B. H., Daffner, K. R., Robert, M. S., & Mesulam, M. (1990). The comportamental learning disabilities of early frontal lobe damage. *Brain*, 113, 1383-1393.

Raine, A., Lencz, T., Bihrlé, S., LaCasse, L., & Colletti, P. (2000). Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder. *Archives of General Psychiatry*, 57, 119-127.

Schupp, H., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*; 14, 7-13.

Vélez, A., Chayo-Dichi, R., Arias, N., Castillo, G., & Ostrosky-Solís, F. (2003). Emociones morales: Una batería para su medición. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 5, 189-199.



Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas: Presentación

Julio César Flores Lázaro

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

Feggy Ostrosky-Solís

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

Azucena Lozano

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

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

Agradecimiento

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

Resumen

El daño frontal es una condición neuropsicológica frecuente en la práctica neuropsicológica clínica. A pesar de la complejidad neurofuncional de los lóbulos frontales, aún no se cuenta en nuestro medio con suficientes pruebas que permitan realizar una evaluación neuropsicológica completa y satisfactoria.

Existe un número muy importante de alteraciones de neurodesarrollo y de daño cerebral adquirido en etapas tempranas de la vida, que resultan en un daño estructural y/o funcional de los lóbulos frontales, con importantes consecuencias en el desempeño neuropsicológico de los sujetos. Por otro lado el traumatismo craneoencefálico en adultos es cada vez más frecuente y tiene como una de sus principales consecuencias el daño frontal. En el área de envejecimiento, una adecuada evaluación neuropsicológica permite ayudar en el diagnóstico diferencial entre procesos degenerativos normales o patológicos, así como entre demencias frontales y posteriores.

En este artículo se presenta la “Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas”, la cual está integrada por quince pruebas que evalúan diversas funciones frontales y ejecutivas relacionadas con áreas frontales: fronto-orbital y fronto-medial, prefrontal-dorsolateral y prefrontal anterior. Se pretende que este instrumento permita que los profesionales del área puedan realizar una evaluación a la vez extensa y precisa del daño o compromiso en el funcionamiento de los lóbulos frontales.

Palabras clave: neuropsicología de lóbulos frontales, batería de funciones frontales y ejecutivas, evaluación neuropsicológica.

Summary

Frontal damage is a frequent condition in clinical neuropsychology. Due to the neurofunctional complexity of the frontal lobes, there are few neuropsychological tests that enable an accurate and complete assessment of the executive functions.

A number of neurodevelopmental impairments and acquired brain damage in early life result in structural and functional deficits of the frontal lobes with important consequences in neuropsychological performance. On the other hand, traumatic brain injury in the adult population is becoming more frequent and one of the main alterations is frontal damage. An adequate neuropsychological assessment also allows to make a differential diagnosis between normal and pathological degenerative processes and frontal and posterior dementias in normal aging.

In this article, the Executive Functions Battery is presented. It comprises fifteen subtests that evaluate frontal and executive functions related to different frontal areas: orbitofrontal, medial frontal, dorsolateral prefrontal and anterior prefrontal areas. This instrument may help professional to carry out an extensive and accurate assessment of damage and functional impairment of the frontal lobes.

Keywords: frontal lobe neuropsychology, executive functions battery, neuropsychological assessment.

Introducción

La evaluación neuropsicológica de los procesos cognitivos que soportan los lóbulos frontales, entre ellos las funciones ejecutivas, continúa siendo un reto en nuestro medio profesional y de

investigación. La diversidad y complejidad de estas funciones imponen un importante desafío a los investigadores y profesionales del área, ya que se enfrentan a las preguntas: ¿qué funciones evaluar? y ¿cómo hacerlo? Se suma a lo anterior la falta de pruebas adaptadas y estandarizadas a nuestra población.

La Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas que se presenta, es un instrumento que agrupa un número importante de pruebas neuropsicológicas de alta confiabilidad y validez para la evaluación de procesos cognitivos (entre ellos las funciones ejecutivas) que dependen principalmente de la corteza prefrontal.

En adultos, el daño frontal es una entidad más común de lo que se cree, se ha demostrado a través de resonancia magnética funcional que la región que con más frecuencia se daña como consecuencia de traumatismo cráneo-encefálico son los lóbulos frontales (Kertesz, 1994). Ante este tipo de daño se presentan una serie de alteraciones muy importantes en la conducta, la regulación del estado de ánimo, el pensamiento y el comportamiento social (Stuss & Levine, 2002).

Debido a que la corteza prefrontal es la estructura cerebral que más tarda en alcanzar su neurodesarrollo, tiene mayor sensibilidad a las condiciones ambientales enriquecedoras, pero también a las negativas como toxinas y estresores ambientales (Casey, Giedd, & Thomas, 2000). El daño prefrontal perinatal o temprano tiene consecuencias muy importantes para el desarrollo neuropsicológico del niño, una de sus características, es que éste puede no ser claramente evidenciado en los primeros años de vida (Malkova, Bachevalier,

Webster, & Mishkin, 2000); debido a que los procesos que dependen de la estructura dañada no se adquieren en edades tempranas (por ejemplo, abstracción), no sean demandados por el medio sino hasta edades posteriores (por ejemplo, solución de problemas complejos), no sean soportados principalmente por esa región en particular en ese momento preciso de la infancia (Smith, Kates, & Vriezan, 1992), o porque no se cuentan con las pruebas o los métodos suficientemente sensibles para detectarlos tempranamente (Wright, Waterman, Prescott, & Murdoch-Eaton, 2003).

Los procesos cognitivos soportados por la corteza prefrontal (CPF), como las funciones ejecutivas (FE), se caracterizan por presentar una importante diversidad en sus alteraciones, ya que el desarrollo de los sujetos puede afectarse en diversas áreas por separado (Samango-Sprouse, 1999), por lo que diversas patologías del desarrollo pueden afectar diferentes FE (Zelazo & Muller, 2002).

Debido a lo anterior, en este artículo se presentan y describen las 15 pruebas que integran la batería de funciones frontales y ejecutivas. Para una revisión de la neuropsicología de lóbulos frontales referirse a Flores & Ostrosky-Solís (en este número).

Justificación

La poca importancia clínica que se ha dado al desarrollo, a la construcción de pruebas de FE y a la participación de la CPF como un factor etiológico principal en un número importantes de patologías, provoca que sin los procedimientos adecuados, no se cuente con la suficiente sensibilidad y especificidad para evaluar y detectar

alteraciones ejecutivas de forma precisa, temprana y oportuna (Wright et al., 2003). Se ha señalado que a pesar de la importancia de las diversas áreas de la CPF para la conducta y la cognición humana, ni siquiera en los adultos son evaluadas de forma satisfactoria por los métodos comunes de evaluación neuropsicológica (Stuss & Levine, 2002).

Debido a lo anterior, se planteó como objetivo principal: seleccionar, desarrollar y adaptar las pruebas neuropsicológicas más apropiadas para realizar una evaluación lo más óptima posible, en un tiempo relativamente corto de evaluación.

Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas

El trabajo de selección y diseño de la batería se basó en cuatro aspectos principales:

- a) División de procesos y sistemas dentro de la CPF.
- b) Correlato anátomo-funcional.
- c) Enfoque neuropsicológico clínico (validez y confiabilidad clínico-neuropsicológica).
- d) Soporte de estudios experimentales de neuroimagen funcional.

Las pruebas que conforman la batería utilizada se seleccionaron en base a su validez neuropsicológica: son pruebas ampliamente utilizadas por la comunidad internacional, con suficiente soporte en la literatura científica, con especificidad de área, determinada tanto por estudios con sujetos con daño cerebral, así como también con estudios de neuroimagen funcional que apoyan esta especificidad de área; este es un procedimiento de validez convergente y clínica propuesto para la neuropsicología (Stuss & Levine, 2002).

Debido a que las pruebas se utilizan ampliamente por la comunidad internacional se garantiza la generalización y comparación de resultados entre diversos grupos de investigación.

Sensibilidad al desarrollo

Aunque existe un número importante de estudios en bebés y niños preescolares, por debajo de los 6 años de edad las pruebas tienen que ser transformadas, no sólo para superar la falta de lecto-escritura sino también un desarrollo cognitivo menor; a partir de los 6-7 años de edad se pueden utilizar la mayoría de las pruebas frontales que se usan con los adultos (Wright et al., 2003), lo que permite comparar el desempeño en las mismas tareas y su desarrollo a través de diferentes grupos de edades (niños, adolescentes y adultos jóvenes). Así mismo, por medio de un número importante de estudios de neuroimagen funcional, se ha podido determinar que en niños normales de 5 años de edad en adelante, la CPF se activa de forma significativa ante el desempeño en pruebas neuropsicológicas de FE (Adleman et al., 2002; Schroeter et al., 2004).

Complejidad vs. Precisión en neuropsicología

La relación complejidad-precisión en neuropsicología presenta un tipo de relación lineal inversa: a medida que una prueba es más compleja más áreas de la CPF y del cerebro se necesitan para realizarla y viceversa (Stuss & Alexander, 2000). La complejidad cognitiva relativamente menor de las pruebas frontales permite aprovechar al máximo la precisión de áreas, la cual es uno de los objetivos más importantes en la neuropsicología de lóbulos frontales (Kertesz, 1994; Stuss & Levine, 2002). Es importante aclarar que el concepto “área

principal” no significa área exclusiva. Diversas zonas de la CPF y del cerebro en general se requieren para el desarrollo de una prueba, y mientras más compleja es ésta, mayor número de áreas se requieren para su desarrollo, sin embargo se plantea que los componentes principales de una prueba son particularmente sensibles al daño en una región cerebral específica (Stuss & Alexander, 2000). Las pruebas que integran esta batería se caracterizan por tener poca complejidad cognitiva a favor de la especificidad de área.

Estructura de la batería

Las pruebas que integran la batería se seleccionaron y dividieron principalmente en base al criterio anatómo-funcional: pruebas que evalúan funciones complejas que dependen de la corteza órbito-frontal (COF), corteza prefrontal medial (CPFM), corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) y de la corteza prefrontal anterior (CPFA).

Pruebas que evalúan funciones que dependen principalmente de la COF y CPFM:

1. Stroop. Evalúa la capacidad de control inhibitorio.
2. Prueba de cartas “Iowa”. Evalúa la capacidad para detectar y evitar selecciones de riesgo, así como para detectar y mantener selecciones de beneficio.
3. Laberintos. Evalúa la capacidad para respetar límites y seguir reglas.

Pruebas que evalúan funciones que dependen principalmente de la CPFDL:

4. Señalamiento autodirigido. Evalúa la capacidad para utilizar la memoria de trabajo viso-espacial para señalar de forma autodirigida una serie de figuras.

5. Memoria de trabajo visoespacial secuencial. Evalúa la capacidad para retener y reproducir activamente el orden secuencial visoespacial de una serie de figuras.
6. Memoria de trabajo verbal, ordenamiento. Evalúa la capacidad para manipular mentalmente la información verbal contenida en la memoria de trabajo.
7. Prueba de clasificación de cartas. Evalúa la capacidad para generar una hipótesis de clasificación y sobre todo para cambiar de forma flexible (flexibilidad mental) el criterio de clasificación.
8. Laberintos. También permite evaluar la capacidad de anticipar de forma sistemática (planear) la conducta visoespacial.
9. Torre de Hanoi. Evalúa la capacidad para anticipar de forma secuenciada acciones tanto en orden progresivo como regresivo (planeación secuencial).
10. Resta consecutiva. Evalúa la capacidad para desarrollar secuencias en orden inverso (secuenciación inversa).
11. Generación de verbos. Evalúa la capacidad de producir de forma fluida y dentro de un margen reducido de tiempo la mayor cantidad de verbos (fluidez verbal).

Pruebas que evalúan funciones que dependen principalmente de la CPFA:

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

13. Comprensión y selección de refranes. Evalúa la capacidad para comprender, comparar y seleccionar respuestas con sentido figurado.
14. Curva de metamemoria. Evalúa la capacidad para desarrollar una estrategia de memoria (control metacognitivo), así como para realizar juicios de predicción de desempeño (juicios metacognitivos) y ajustes entre los juicios de desempeño y el desempeño real (monitoreo metacognitivo).

Mapa conceptual de la batería

En la tabla 1 se presenta un mapa conceptual de la batería en relación a la relativa menor-mayor complejidad de los procesos evaluados.

Tabla 1
Mapa conceptual de la batería

METAFUNCIONES (CPFA)	• Metamemoria • Comprensión de sentido figurado • Actitud abstracta
FUNCIONES EJECUTIVAS (CPFDL)	• Fluidez verbal • Productividad • Flexibilidad mental • Planeación visoespacial • Planeación secuencial • Secuenciación inversa • Control de codificación
MEMORIA DE TRABAJO (CPFDL)	• Memoria de trabajo visual autodirigida • Memoria de trabajo verbal-ordenamiento • Memoria de trabajo visoespacial-secuencial
FUNCIONES BÁSICAS (COF y CPFM)	• Control inhibitorio • Seguimiento de reglas • Procesamiento riesgo-beneficio

Descripción de las pruebas que integran la batería

Stroop. Evalúa la capacidad del sujeto para inhibir una respuesta automática y para

seleccionar una respuesta en base a un criterio arbitrario. Involucra principalmente áreas fronto-mediales particularmente la corteza anterior del cíngulo (Markela-Lerenc et al., 2004; Stuss, Floden, Alexander, Levine, & Katz, 2001). La versión utilizada en ésta batería consiste en una lámina integrada por columnas de seis palabras cada una, todas las palabras son nombres de colores. La prueba plantea dos condiciones: una condición neutral y una condición conflictiva, en la condición neutral el sujeto solo tiene que leer la palabra impresa, en esta condición la palabra corresponde al color en que está impresa (provocando un efecto de relación palabra-color). En la condición conflictiva se le pide al sujeto que mencione el color en que está impresa la palabra, en esta condición la palabra expresa un color distinto al color en que está impresa, creando una situación conflictiva.

En adultos, la relación entre el desempeño en la prueba de Stroop y la CFM es una de las más reportadas en la literatura, con al menos 15 estudios de neuroimagen funcional que coinciden en esta relación (Chafetz & Matthews, 2004). Se ha planteado que el trabajo de la corteza anterior del cíngulo para el desempeño en la prueba representa un mecanismo detector y ejecutor en el procesamiento de conflicto (Braver, Barch, Gray, Molfese, & Snyder, 2001; Markela-Lerenc et al, 2004), así como una zona indispensable para la selectividad de las respuestas (Coull, Frackowiak, & Frith, 1998). Los estudios de neuroimagen también han encontrado activación de la CFM (Adelman et al., 2002; Schroeter et al, 2004).

Laberintos. Se conforma de cinco laberintos que incrementan su nivel de dificultad,

debido a que progresivamente se tienen que realizar planeaciones con mayor anticipación espacial para llegar a la meta final. Evalúa la capacidad del sujeto para respetar límites (control de impulsividad) y planear la ejecución motriz para llegar a una meta especificada (Stuss & Levine, 2002); involucra principalmente áreas fronto-mediales, orbito-frontales (control motriz) y dorsolaterales (planeación) (Stevens, Kaplan, & Heseelbrock, 2003). Los estudios con resonancia magnética funcional (RMF) en adultos han encontrado activación de la CPFDL en tareas de planeación (Baker, Rogers, & Owen, 1996; Morris, Ahmed, Syed, & Toone, 1993) y en particular de la CPFDL derecha en tareas de planeación viso-espacial (Unterrainer et al., 2005). En particular se han encontrado activaciones en el área 8 prefrontal, el área 6 y el área 49 y 47 (Ghatan et al., 1995), la activación que se presenta en la porción media del área 6, representa una capacidad del área para escoger objetivos en base a claves por lo que se ha propuesto a ésta área como el área “suplementaria” al campo ocular 8. La activación del área 49 y 47 se relaciona con la implementación de la memoria de trabajo esencial para recordar claves visoespaciales mientras se realiza la tarea.

Levin, Song, Swing-Cobbs, y Roberson (2001) estudiaron la sensibilidad de este tipo de prueba en 276 niños con traumatismo craneoencefálico entre 9 y 12 años, encontrando sensibilidad para el daño circunscrito a la corteza frontal, particularmente, encontraron una relación significativa entre las lesiones en el giro orbital, el giro recto y los errores de seguimiento de reglas.

Prueba de cartas "Iowa". Es una adaptación de la versión sugerida y desarrollada para niños de la prueba de cartas "Iowa" (Bechara, 2003; Crone & Van der Molen, 2004; Kerr & Zelazo, 2003). Evalúa la capacidad para operar en una condición incierta y aprender relaciones riesgo-beneficio, de forma que se realicen selecciones (en base a riesgos calculados) que sean lo más ventajosas posibles para el sujeto. Es particularmente sensible al daño en la región órbito-frontal, particularmente ventro-medial (Bechara, Tranel, Damasio, & Damasio, 1996).

El objetivo de la prueba es obtener las mayores ganancias posibles, se dan pocas instrucciones al sujeto para crear un escenario incierto. Los grupos de cartas con el que se obtienen mayores ganancias en el corto plazo son a su vez los grupos de cartas que más pérdidas representan; en el otro extremo, el grupo de cartas que representan menos pérdidas en el corto plazo, tampoco proporciona una cantidad significativa de ganancias en el corto plazo. Los sujetos tienen que establecer las relaciones riesgo-beneficio no explícitas de la prueba, de forma que progresivamente se dejen de seleccionar cartas con ganancias altas pero con mayores riesgos de pérdidas y seleccionar cartas con ganancias moderadas o bajas en el corto plazo, pero que en el largo plazo representan ganancias (Bechara, 2003). Por medio de neuroimagen funcional se ha encontrado activación de la COF durante el desarrollo de esta prueba (Bolla, Eldreth, Matochik, & Cadet, 2004), también se ha encontrado activación de la COF en la toma de decisiones que marcan o señalan el valor o relevancia emocional de la conducta o selección para cada una de las

respuestas disponibles en una situación dada (Elliot, Dolan, & Frith, 2000).

Memoria de trabajo visoespacial autodirigida. La prueba de memoria de trabajo autodirigida es propuesta por Petrides se conforma de una lámina con figuras de objetos y animales, el objetivo es señalar con el dedo todas las figuras sin omitir ni repetir ninguna de ellas, una de las condiciones de la tarea es que supere por mucho el número de elementos totales que un sujeto puede recordar produciendo un efecto "supraspan" (Curtis, Zaid, & Pardo, 2000). El sujeto tiene que desarrollar una estrategia de acción y a la vez mantener en su memoria de trabajo las figuras que ya señaló, para no repetir u omitir ninguna (perseverar u omitir en los señalamientos). Evalúa la capacidad del sujeto para desarrollar una estrategia eficaz a la vez que desarrolla una tarea de memoria de trabajo visoespacial. Involucra áreas prefrontales dorsolaterales (Lamar & Resnick, 2004; Petrides, 1995) principalmente sus porciones ventrales, las cuales forman parte del sistema visual-ventral para el mantenimiento de objetos en la memoria de trabajo (Goldman-Rakic, 1998; Owen, Milner, Petrides, & Evans, 1996). En adultos se ha probado que esta prueba es particularmente sensible al daño en la CPFDL y aun más al daño en su porción ventral (Petrides, 2000; Petrides & Milner, 1982).

Memoria de trabajo visoespacial secuencial. Está basada en la prueba de Cubos de Corsi (Lezak, 1995), pero introduce la variante propuesta por Goldman-Rakic (1998) y Petrides (2000) de señalar figuras que representan objetos reales. Evalúa la capacidad para mantener la identidad de objetos situados con un orden y en un espacio específico, para que

posteriormente el sujeto señale las figuras en el mismo orden en que fueron presentados. Por medio de estudios con lesiones en monos (Goldman-Rakic, 1998), lesiones en humanos (Petrides, 1995) y estudios de neuroimagen funcional en sujetos normales (Coull et al., 1998; Klingberg, Forsberg, & Westerberg, 2002; Lamar & Resnick, 2004), se ha identificado que una propiedad funcional de la CPFDL es el mantenimiento de la memoria de trabajo y el procesamiento del orden serial de los estímulos visuales; así como también el monitoreo y comparación de la información visual (Petrides, 2000). En base a una lámina con figuras de objetos distribuidas simétricamente, el evaluador señala un número de figuras (de 4 a 9), al finalizar, el sujeto tiene que señalar en el mismo orden las mismas figuras señaladas por el evaluador.

La activación de la CPFDL durante el desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial es observable desde la infancia (Klingberg et al., 2002).

Memoria de trabajo verbal-ordenamiento. Es una tarea propuesta para la neuropsicología por Collete y Andrés (1999). Ha sido utilizada en pacientes con daño frontal evaluando la capacidad de uno de los componentes del sistema de memoria de trabajo: el administrador central; además de mantener en la memoria de trabajo una cantidad de material verbal para después reproducirlo, se debe ordenar activamente esta información. Esta variante requiere más recursos cognitivos soportados por la CPF, que sólo mantener la información en la memoria de trabajo, por lo que es más sensible al daño frontal (Collete & Andres, 1999; Collete et al., 1999).

Se presentan al sujeto (de forma desordenada) de cinco a siete palabras que empiezan con una vocal o una consonante, el objetivo de la prueba es ordenar mentalmente y reproducir por orden alfabético estas palabras. Evalúa la capacidad para mantener información en la memoria de trabajo y manipularla de forma mental. Diversos estudios con neuroimagen funcional han encontrado que ante el desempeño en el ordenamiento mental en pruebas de memoria de trabajo, se presentan activaciones en el giro frontal medio y en el área 9/46 (Collete et al., 1999; D'Esposito, Postle, Ballard, & Lease, 1999; Tsujimoto, Yamamoto, Kawaguchi, Koizumi, & Sawaguchi, 2004; Tusikiura, Fuji, & Takahaashi, 2001).

Clasificación de cartas. La prueba de clasificación de cartas está basada en la prueba Wisconsin Card Sorting Test y evalúa la capacidad de flexibilidad mental, muy directamente relacionada con la CPFDL (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 2001); consiste en una base de 4 cartas que tienen cuatro figuras geométricas diferentes (círculo, cruz, estrella y triángulo), las cuales a su vez tienen dos propiedades: número y color.

Al sujeto se le proporcionan un grupo de 64 cartas con estas mismas características, las cuales tiene que acomodar debajo de una de las cuatro cartas de base que se presentan en una lámina, por medio de un criterio que el sujeto mismo tiene que generar (color, forma o número). Cualquier carta tiene la misma posibilidad de relacionarse con los tres criterios, no existe un patrón perceptual que guíe la toma de decisión, la decisión correcta es establecida por un criterio arbitrario del evaluador (Miller & Cohen, 2001). La versión de 64 cartas ha probado ser igualmente sensible al daño

prefrontal tanto en adultos (Love, Greve, Sherwin, & Mathias, 2003; Stuss & Alexander, 2000) como en niños (Donder & Wildeboer, 2004), ésta versión es la que se utiliza para esta batería.

Evalúa la capacidad para generar criterios de clasificación, pero sobre todo la capacidad para cambiar de criterio de clasificación (flexibilidad) en base a cambios repentinos en las condiciones de la prueba, este proceso involucra y requiere de la integridad funcional de la CPFDL principalmente izquierda (Stuss & Alexander, 2000); se ha relacionado el daño en la CPFDL izquierda con las perseveraciones en los criterios de clasificación (Milner, 1963; Stuss & Alexander, 2000). La relación entre los errores perseverativos y la CPFDL es una de las relaciones más estudiadas en neuropsicología tanto en sujetos con daño frontal como en estudios de neuroimagen funcional en adultos (Konishi et al., 2002; Monchi, Petrides, Petre, Worsley, & Dagher, 2001; Nagahama, Fukuyama, Yamauchi, & Matsuzaki, 1996; Stuss & Alexander, 2000) y niños (Dibbets, Bakker, & Jollies, 2006) normales.

Torre de Hanoi. Esta prueba evalúa la capacidad para planear una serie de acciones que sólo juntas y en secuencia, conllevan a una meta específica (Dehaene & Changeux, 1997). Se conforma de una base de madera con tres estacas y tres fichas de distinto tamaño. La tarea tiene tres reglas: sólo se puede mover una de las fichas a la vez, una ficha más pequeña no puede estar debajo de una ficha más grande y siempre que se tome una ficha ésta tiene que ser depositada de nuevo. El sujeto tiene que trasladar una configuración en forma de pirámide de un extremo de la

base al otro moviendo las fichas por las estacas.

La CPFDL representa un mecanismo esencial en la organización secuencial de pasos directos e indirectos (Luria, 1986), y se ha propuesto que dentro de las redes cerebrales que soportan los procesos de planeación, la CPF representa el nodo con mayor jerarquía (Dehaene & Changeux, 1997). Los estudios clínicos han encontrado que la CPFDL (principalmente izquierda), representa el mecanismo principal para el óptimo desarrollo de esta prueba (Luria, 1986; Shallice, 1982; Stuss & Alexander, 2000). Diversos estudios con neuroimagen funcional han confirmado ésta relación y han destacado a la CPFDL (principalmente izquierda) como soporte para el proceso de planeación secuencial en ésta prueba (Baker et al., 1996; Dagher, Owen, Boecker, & Brooks, 1999). También por medio de IRMF se ha destacado el papel de la CPF-polar en el mantenimiento y desarrollo de pruebas (como ésta) que requieren el mantenimiento de sub-metas (Curtis et al., 2000).

Resta consecutiva. Esta prueba de resta consecutiva fue extraída del esquema de evaluación neuropsicológica (Ardila & Ostrosky-Solís, 1996). Es una tarea propuesta por Luria (1986), en base a la sensibilidad que encontró para las lesiones de la CPFDL izquierda. Evalúa la capacidad para realizar operaciones de cálculo simple, pero en secuencia inversa tanto intra como entre decenas, lo cual requiere de mantener en la memoria de trabajo resultados parciales, a la vez que se realizan sustracciones continuas. También requiere inhibir la tendencia de sumar, a favor de la tendencia de restar “normalizando” la operación, una capacidad que se afecta por el daño frontal (Ardila & Ostrosky-Solís,

1996; Luria, 1986). Por medio de estudios de neuroimagen funcional se ha encontrado que la CPFDL se activa bilateralmente de forma significativa durante la realización de esta tarea; se plantea que estas activaciones reflejan diversos procedimientos: ordenamiento de las secuencias, monitoreo de la ejecución y memoria de trabajo (Burbaud et al., 2000; Dehaene & Changeux, 1997; Gruber, Rogowska, Holcomb, Soraci, & Yurgelun-Todd, 2002). Se ha propuesto que las activaciones bilaterales de la CPFDL durante la realización de esta tarea también indican el uso y la manipulación activa de las representaciones semánticas del conocimiento aritmético almacenado en la corteza posterior, principalmente parietal (Kazui, Kitagaki, & Mori, 2000).

Fluidez verbal. Evalúa la capacidad para seleccionar y producir de forma eficiente y en un tiempo límite, la mayor cantidad de verbos (acciones) posibles. Requiere de la activación de áreas dorso-laterales izquierdas, particularmente el área de Broca (Piatt, Fields, Paolo, & Troster, 1999). Diversos estudios han reportado mayor especificidad y sensibilidad de esta prueba a las alteraciones frontales izquierdas (Daniele, Giustolisi, Silveri, Colosimo, & Gainotti, 1994) y fronto-estriales, comparada con la fluidez semántica (Woods et al., 2005). Por medio de neuroimagen funcional se han encontrado que en los adultos las zonas más activas para la realización de esta tarea son las zonas premotora y dorsolateral izquierdas, en particular el área 44 y 45 ó área de Broca (Weiss, Siedentopf, Hofer, & Deisenhammer, 2003). En niños desde los 7 años se han encontrado activaciones similares (Holland, Plante, & Byars, 2001; Wood et al., 2004).

Comprensión y selección de refranes. La prueba de comprensión de refranes es propuesta para la neuropsicología por Luria (1986) y Lezak (1995). Su aplicación en el estudio de pacientes con daño frontal comparando el desempeño de este tipo de pacientes con pacientes con lesiones en diversas zonas del cerebro (no-frontales), ha mostrado especificidad al daño frontal y aún mayores dificultades para seleccionar entre varias alternativas de respuesta (Luria, 1986; Thoma & Daum, 2006). Un componente cognitivo básico en la comprensión de un refrán se logra por medio del análisis activo de las palabras que lo componen, de forma tal que se acceda al conocimiento semántico para determinar el significado de cada uno de sus elementos (Nippold & Haq, 1996), pero la determinación del sentido figurado va más allá de la comprensión lingüística, semántica y sintáctica del mismo, requiere del trabajo activo de la CPF para descifrar un significado que viene implícito en el mensaje verbal (Luria, 1980; Nippold, Martin, & Erskine, 1998).

Los refranes que se utilizan en esta batería se seleccionaron en base a la organización sugerida por Barth y Kufferie (2001), Nippold et al. (1998) y Lezak (1995). Se presentan de forma impresa cinco refranes, los cuales tienen tres respuestas posibles, cada una de las tres respuestas representan tres opciones: a) una respuesta no correcta, b) una respuesta cercana y, c) una respuesta que es la correcta. Con esta prueba se evalúa la capacidad para analizar y comparar de forma abstracta tres posibles soluciones para determinar el sentido de una frase, lo cual requiere de la participación de áreas anteriores de la CPF (Ferretti, Schwint, & Katz, 2007; Luria, 1986; Thoma & Daum, 2006).

Generación de categorías semánticas. Propuesta por Delis, Squire, Bihle, & Massman (1992). Se presenta una lámina con 30 figuras de animales, se pide al sujeto generar todas las clasificaciones que pueda, en un tiempo límite de 5 minutos. Evalúa la capacidad para analizar y agrupar en categorías semánticas una serie de figuras de animales en el mayor número posible de categorías.

El desarrollo de la prueba requiere de las capacidades de abstracción, iniciativa y flexibilidad mental. Involucra principalmente áreas de la CPFDL y de la CPFA (Delis et al., 1992; O'Reilly, Noelle, Braver, & Cohen, 2000). Por medio de estudios con neuroimagen funcional, se ha encontrado que las áreas de la CPFDL-izquierda, en particular el giro frontal inferior (Bright, Moss, & Tyler, 2004; Vanderberghe, Price, Wide, Josephs, & Frackowiak, 1996), participan directamente en el procesamiento y el acceso semántico en este tipo de tareas de categorización (Peranni et al., 1999), representando una regulación jerárquica ("top-down") sobre estructuras cerebrales posteriores (Noppeney, Price, Penny, & Friston, 2005). En particular se ha encontrado que el área 10 (CPFA) se activa de forma significativa ante la categorización visual de objetos (Bright et al., 2004; Noppeney et al., 2005; Reber, Stark, & Squire, 1998). También se ha encontrado una relación significativa entre una mayor complejidad de la comparación y el análisis de relaciones y atributos semánticos, y la activación de la CPFA, particularmente izquierda (Kroger et al., 2002).

Curva de metamemoria. Esta prueba fue propuesta y utilizada por Luria (1986) por su especificidad de área para evaluar juicios de desempeño en pacientes con daño

frontal, actualmente se utiliza tanto en niños como en adultos (DeMarie & Ferron, 2003; Shimamura, 2000), y forma parte de baterías como la *batería de metamemoria* (Belmont & Borkowski, 1988).

Evalúa la capacidad para realizar predicciones, (juicio de desempeño) basadas tanto en la predicción como en el monitoreo del desempeño, también evalúa la capacidad para desplegar un control efectivo sobre la estrategia de memoria que se utiliza para resolver la tarea (Luria, 1986). Involucra áreas prefrontales anteriores (monitoreo del proceso y resultado de memorización) dorsolaterales (estrategia y ejecución) y mediales (control de memorización) (Fernandez-Duque, Baird, & Posner, 2000; Shimamura, 2000).

El objetivo de esta prueba es aprenderse nueve palabras que son presentadas en el mismo orden durante cinco ensayos, antes de cada ensayo se pregunta al sujeto: ¿cuántas palabras cree que se puede aprender? Esta prueba presenta sensibilidad y especificidad a lesiones prefrontales tanto en adultos (Luria, 1986), como en niños (Hanten & Martin, 2001).

Por medio de la RMF se ha encontrado que diversos procesos metacognitivos como los juicios metacognitivos activan porciones anteriores de la CPF (Kytkio, Ohki, & Miyashita, 2002; Maril, Simons, Mitchell, & Schwartz, 2003).

Datos Normativos

Para obtener las normas se administró la prueba a 300 sujetos normales de entre 6 y 85 años de edad. De acuerdo a la edad, se dividió a la muestra en nueve grupos: 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-30, 31-55, 56-64 y 65-85. Debido a la importancia que tiene el nivel escolar en la evaluación neuropsicológica, se estratificó la muestra

de adultos de acuerdo a 2 niveles de escolaridad: de 4 a 9 años y 10 a 24 años.

Los criterios de inclusión fueron: 1) No tener antecedentes de alteraciones neurológicas ni psiquiátricas de acuerdo a una historia clínica, 2) no tener antecedentes de alcoholismo ni fármaco dependencia, 3) no tener limitaciones físicas que impidieran ejecución en pruebas, 4) tener una agudeza visual y auditiva normal o corregida, 5) en el caso de los niños que no tuvieran antecedentes de repetición escolar y un promedio escolar mínimo de ocho y 6) en el caso de los adultos que fueran funcionalmente independientes.

La Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas permite obtener no sólo un índice global del desempeño en la batería sino también un índice del funcionamiento de las 3 áreas prefrontales evaluadas: corteza orbitomedial, dorsolateral y prefrontal anterior. Las puntuaciones normalizadas tienen una media de 100 y una desviación estándar de 15, la interpretación de la puntuación total, así como la de cada una de las áreas permite clasificar la ejecución de una persona de la siguiente manera: normal alto (116 en adelante), normal (85-115), alteraciones leves a moderadas (70-84) y alteraciones severas (menos de 69).

Esta batería también cuenta con un perfil de ejecución en el cual se puede observar gráficamente un resumen de las puntuaciones normalizadas correspondientes a cada una de las subpruebas. Este perfil señala las habilidades e inhabilidades del sujeto en cada una de las áreas cognitivas evaluadas. Las puntuaciones normalizadas de las subpruebas tienen una media de 10 y una desviación estándar de 3. Al igual que con la puntuación total, los parámetros de normalización permiten

obtener un grado o nivel de alteración de las funciones cognitivas que se clasifican en: 1) normal alto, 2) normal, 3) alteraciones leves a moderadas, o 4) alteraciones severas para cada una de las subpruebas.

Conclusiones

La *Batería de Funciones Frontales y Ejecutivas* representa una propuesta de evaluación neuropsicológica, amplia y a la vez precisa, en un tiempo relativamente corto de aplicación (de 30 a 40 minutos). Permite la evaluación de muy diversas capacidades que dependen de la CPF, tanto en adultos como en niños. También permite determinar qué áreas dentro de las diversas regiones de la CPF se encuentran comprometidas por el daño o la disfunción de los lóbulos frontales. Se cuentan con datos normativos para 200 sujetos entre 6 y 30 años, y se continúa trabajando en el resto de la población, así como también con pacientes con daño frontal para su validación clínica.

Agradecimientos

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

Referencias

Adleman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2002). A developmental study of the Stroop color-word task. *Neuroimage*, 16, 61-75.

- Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (1996). *Diagnóstico del daño cerebral. Un enfoque neuropsicológico*. México: Trillas.
- Baker, S. C., Rogers, R. D., & Owen, A. M. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the Tower of London Task. *Neuropsychologia*, 34, 515-526.
- Barth, A., & Kufferie, B. (2001). Development of a proverb test for assessment of concrete thinking problems in schizophrenic patients. *Nervenarzt*, 72, 853-858.
- Bechara, A. (2003). The role of emotion in decision making: evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain and Cognition*, 55, 30-40.
- Bechara, A. Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 6, 215-225.
- Belmont, J. M., & Borkowski, J.G. (1988). A group test of children's metamemory. *Bulletin of Psychonomic Society*, 26, 206-208.
- Bolla, K. I., Eldreth, D. A., Matochik, J. A. & Cadet, J. L. (2004), Sex-related Differences in a Gambling Task and Its Neurological Correlates. *Cerebral Cortex*, 14, 1226-1232.
- Braver, T. S., Barch, D. M., Gray, J. R., Molfese, D. L., & Snyder, A. (2001). Anterior cingulate cortex and response conflict: effects of frequency, inhibition and errors. *Cerebral Cortex*, 11, 825-836.
- Burbaud, P., Camus, O., Guehl, D., Bioulac, B., Caille, J., & Allard, M. (2000). Influence of cognitive strategies on the pattern of cortical activation during mental substraction. A functional imaging study in human subjects. *Neuroscience Letters*, 16, 76-80.
- Bright, P., Moss, H., & Tyler, L. K. (2004). Unitary vs multiple semantics; PET studies of word and picture processing. *Brain and Language*, 89, 417-432.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relationship to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241-257.
- Chafetz, M. D., & Matthews, L. H. (2004). A new interference score for the Stroop test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19, 555-567.
- Collete, F., & Andrés, P. (1999). Lobes frontaux et mémoire de travail. En M. Van der Linden, X. Seron, & P. Le Gall (Eds.), *Neuropsychologie de Lobes Frontaux* (pp. 89-114). Francia: Editorial Solal.
- Collete, F., Salmon, E., Van der Linden, M., Chicherio, C., Belleville, S., Degueldre, C., et al. (1999). Regional brain activity during tasks devoted to the central executive of working memory. *Brain Research and Cognitive Brain Research*, 7, 411-417.
- Coull, J. T., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (1998). Monitoring for target objects: activation of right frontal and parietal cortices with increasing time on task. *Neuropsychologia*, 36, 1325-1334.

- Crone, E. A., & Van der Molen, M. W. (2004). Developmental changes in real life decision making, performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex. *Developmental Neuropsychology*, 5, 251-279.
- Curtis, C. E., Zaid, D. H., & Pardo, J. V. (2000). Organization of working memory in the human prefrontal cortex: a PET study of self-ordered object working memory. *Neuropsychologia*, 38, 1503-1510.
- Dagher, A., Owen, A. M., Boecker, H., & Brooks, D. J. (1996). Mapping the network for planning: a correlational PET activation study with the Tower of London task. *Brain*, 122, 1973-1987.
- Daniele, A., Giustolisi, L., Silveri, M.C., Colosimo, C., & Gainotti, G. (1994). Evidence for a possible neuroanatomical basis for lexical processing of nouns and verbs. *Neuropsychologia*, 32, 1325-1341.
- Dehaene, S., & Changeux, J.P. (1997). A hierarchical neuronal network for planning behavior. *Neurobiology*, 94, 13923-13938.
- Delis, D. C., Squire, L. R., Bihle, A., & Massman, P. (1992). Componential analysis of problem solving ability: performance of patients with frontal lobe damage and amnesic patients on a new sorting test. *Neuropsychologia*, 30, 683-697.
- DeMarie, D., & Ferron, J. (2003). Capacity, strategies and metamemory: tests of a three factor model of memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 167-193.
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and Cognition*, 41, 66-86.
- Dibbets, P., Bakker, K., & Jolles, J. (2006). Functional MRI of task switching in children with specific language impairment. (SLI). *Neurocase*, 12, 71-91.
- Donders, J., & Wildeboer, M. A. (2004). Validity of the WCST-64 after traumatic brain injury in children. *Clinical Neuropsychologist*, 18, 521-7.
- Elliot, R., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 10, 308,317.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A., & Posner, M. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness and Cognition*, 9, 288-307.
- Ferretti, T. R., Schwint, C. A., & Katz, A. N. (2007). Electrophysiological and behavioral measures of the influence of literal and figurative contextual constraints on proverb comprehension. *Brain and Language*, 101, 38-49.
- Flores, J., & Ostrosky-Solís, F. (2008/este número). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista de Neuropsicología, Neurociencias y Neuropsiquiatría*, 8(1), 47-58.
- Ghatan, P. H., Hsieh, J. C., Wirsén-Meurling, A., Wredling, R., Eriksson, L., Stone-Elander, S., et al. (1995). Brain activation

induced by the perceptual maze test: a PET study of cognitive performance. *Neuroimage*, 2, 112-124.

Goldman-Rakic, P. S. (1998). The prefrontal landscape implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The Prefrontal Cortex-Executive and Cognitive Functions* (pp. 87-102) New York: Oxford University Press.

Gruber, S. A., Rogowska, J., Holcomb, P., Soraci, S., & Yurgelun-Todd, D. (2002). Stroop performance in normal control subjects: an fMRI study. *Neuroimage*, 16, 349-360.

Hanten, G., & Martin, R. C. (2001). A developmental phonological short-term memory deficit: a case study. *Brain and Cognition*, 45, 164-188.

Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G.G., & Curtiss, G. C. (2001). Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin, MANUAL (2da ed.). Madrid: TEA Ediciones

Holland, S. K., Plante, E., & Byars, W. B. (2001). Normal fMRI brain activation patterns in children performing a verb generation task. *Neuroimage*, 14, 837-843.

Kazui, H., Kitagaki, H., & Mori, E. (2000). Cortical activation during retrieval of arithmetical facts and actual calculation: a functional magnetic resonance imaging study. *Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 54, 479-485.

Kerr, A., & Zelazo, P. D. (2003). Development of "hot" executive functions,

the children's gambling task. *Brain and Cognition*, 55, 148-157.

Kertesz, A. (1994). *Localization and Neuroimaging in Neuropsychology*. USA: Academic Press.

Klinberg, T., Forsberg, H., & Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1-10.

Konishi, S., Hayashi, T., Uchida, I., Kikyo, H., Takahashi E., & Miyashita, Y. (2002). Hemispheric asymmetry in human lateral prefrontal cortex during cognitive set shifting. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, 28, 7803-7808.

Kroger, J. K., Sabb, F. W., Fales, C. L., Bookheimer, S. Y., Cohen, S., & Holyoak, K. J. (2002). Recruitment of anterior dorsolateral prefrontal cortex in human reasoning: a parametric study of relational complexity. *Cerebral Cortex*, 12, 477-485.

Kykyo, H., Ohki, K., & Miyashita, Y. (2002). Neural correlates for feeling-of-knowing: an fMRI parametric analysis. *Neuron*, 36, 177-186.

Lamar, M., & Resnick, S.M. (2004). Aging and prefrontal functions: dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiology of Aging*, 25, 553-558.

Levin, H. S., Song, J., Swing-Cobbs, L., & Roberson, G. (2001). Porteus maze performance following traumatic brain injury in children. *Neuropsychology*, 15, 557-567.

- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological Assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Love, J. M., Greve, K. W., Sherwin, E., & Mathias, C. (2003). Comparability of the standard WCST-64 in traumatic brain injury. *Applied Neuropsychology*, 10, 246-255.
- Luria, A. (1980). *Fundamentos de Neurolingüística*. España: Masson.
- Luria, A. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.
- Malkova, L., Bachevalier, J., Webster, M., & Mishkin, M. (2000). Effect of neonatal inferior prefrontal and medial temporal lesions of learning the rule for delayed non-matching to sample. *Developmental Neuropsychology*, 18, 177-188.
- Maril, A., Simons, J. S., Mitchell, J. P., & Schwartz, B. L. (2003). Feeling of knowing in episodic memory: an event related fMRI study. *Neuroimage*, 18, 827-836.
- Markela-Lerenc, J., Ille, N., Kaiser, S., Fiedler, P., Mundt, C., & Weisbrod, M. (2004). Prefrontal cingulate activation during executive control: which comes first? *Brain Research and Cognitive Brain Research*, 3, 278-287.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 67-202.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, 9, 90-100.
- Monchi, O., Petrides, M., Petre, V., Worsley, K., & Dagher, A. (2001). Wisconsin Card Sorting revisited: distinct neural circuits participating in different stages of the task identified by event-related functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, 21, 1367-1378.
- Morris, R. G., Ahmed, S., Syed, M., & Toone, B.K. (1993). Neural correlates of planning ability: frontal lobe activation during the Tower of London test. *Neuropsychologia*, 31, 1367-1378.
- Nagahama, Y., Fukuyama, H., Yamauchi, H., & Matsuzaki, S. (1996). Cerebral activation during performance of a card sorting test. *Brain*, 119, 1667-1675.
- Nippold, M. A., & Haq, F. S. (1996). Proverb comprehension in youth: the role of concreteness and familiarity. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 166-176.
- Nippold, M. A., Martin, S. A., & Erskine, B. J. (1998). Proverb comprehension in context: a developmental study with children and adolescents. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 19-28.
- Noppeney, U., Price, C. J., Penny, W. D., & Friston, K. J. (2005). Two distinct neural mechanisms for category-selective responses. *Cerebral Cortex*, 16, 437-445.
- O'Reilly, R. C., Noelle, D. C., Braver, T. S., & Cohen, J. D. (2002). Prefrontal cortex and dynamic categorization tasks: representational organization and neuromodulatory control. *Cerebral Cortex*, 12, 246-257.
- Owen, A. M., Milner, B., Petrides, M., & Evans, A. C. (1996). Memory for object

features versus memory for object location: a positron-emission tomography study of encoding and retrieval processes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 20, 9212-9217.

Perani, D., Schnur, T., Tettamanti, M., Gorno-Tempini, M., Cappa, S. F., & Fazio, F. (1999). Word and picture matching: a PET study of semantic category effects. *Neuropsychologia*, 37, 293-306.

Petrides, M. (1995). Functional organization of the human frontal cortex for mnemonic processing. Evidence from neuroimaging studies. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 15, 85-96.

Petrides, M. (2000). The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Experimental Brain Research*, 133, 44-54.

Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficit on subject ordered task after frontal and temporal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20, 249-262.

Piatt, A., Fields, J., Paolo, A. M., & Troster, A. I. (1999). Action (verb naming) fluency as an executive function measure: convergent and divergent evidence of validity. *Neuropsychologia*, 37, 1499-1503.

Reber, P. J., Stark, C. E., & Squire, L. R. (1998). Cortical areas supporting category learning identified using fMRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 20, 747-750.

Samango-Sprouse, C. (1999). Frontal lobe development in childhood. En B. L. Miller & J. F. Cummings (Eds.), *The Human Frontal*

Lobes (pp. 584-604). New York: The Guilford Press.

Schroeter, M. L., Zysset, S., Wahl, M., & Von Cramon, D. Y. (2004). Prefrontal activation due to stroop interference increases during development--an event-related fNIRS study. *Neuroimage*, 23, 1317-1325.

Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Science*, 298, 199-209.

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

Smith, M. L., Kates, M. J., & Vriezen, E. R. (1992). The development of frontal lobe functions. En F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (pp. 309-330). Amsterdam: Elsevier.

Stevens, M. C., Kaplan, R. F., & Heseelbrock, V. M. (2003). Executive-cognitive functioning in the development of anti-social personality disorder. *Addictive Behaviors*, 28, 285-300.

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

Stuss, D. T., Floden, D., Alexander, M. P., Levine, B., & Katz, D. (2001). Stroop performance in focal lesions patients: dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*, 39, 771-786.

- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult Clinical Neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-33.
- Thoma, P., & Daum, I. (2006). Neurocognitive mechanisms of figurative language processing. Evidence from clinical dysfunctions. *Neuroscience and Behavioral Review*, 30(8), 1182-1205.
- Tsujimoto, S., Yamamoto, T., Kawaguchi, H., Koizumi, H., & Sawaguchi, T. (2004). Prefrontal cortical activation associated with working memory in adults and preschool children: an event-related optical topography study. *Cerebral Cortex*, 14, 703-712.
- Tsukiura, T., Fuji, T., & Takahashi, T. (2001). Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory: a functional MRI study. *Cognitive Brain Research*, 11, 13-21.
- Unterrainer, J. M., Ruff, C. C., Rahm, B., Kaller, C. P., Spreer, J., Schwarzwald, R., & Halsband, U. (2005). The influence of sex differences and individual task performance on brain activation during planning. *Neuroimage*, 24, 586-590.
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R.S. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*, 383, 254-266.
- Weiss, E. M., Siedentopf, C., Hofer, A., & Deisenhammer, E. A. (2003). Brain activation patterns during a verbal fluency test in healthy male and female volunteers: a functional magnetic imaging study. *Neuroscience Letters*, 352, 191-194.
- Wood, A. G., Harvey, A. S., Wellard, R. M., Abbott, D. F., Anderson, V., Kean, M., et al. (2004). Language cortex activation in normal children. *Neurology*, 28, 1035-1044.
- Woods, S. P., Scott, J. C., Sires, D. A., Grant, I., Heaton, R. K., & Troster, A. I. (2005). Action (verb) fluency: test-retest reliability, normative standards and construct validity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 408-415.
- Wright, I., Waterman, M., Prescott, H., & Murdoch-Eaton, D. (2003). A new stroop-like measure of inhibitory function development: typical developmental trends. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 561-575.
- Zelazo, P. D., & Muller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. En U. Goswami (Ed.), *Handbook of Child Cognitive Development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.

R

Rehabilitación de las Funciones Ejecutivas en Caso de Patología Cerebral

Juan Carlos Arango Lasprilla

Department of Physical Medicine and Rehabilitation Virginia Commonwealth University

Mario Alfredo Parra Rodriguez

Human Cognitive Neuroscience Psychology Department Edinburgh University

Correspondencia: Juan Carlos Arango, Ph.D Assistant Professor Department of Physical Medicine and Rehabilitation Virginia Commonwealth University Rehabilitation Psychology and Neuropsychology School of Medicine MCV Campus West Hospital, 3rd Floor Room 3-102 1200 East Broad St., Richmond, VA 23298 Phone: (804) 828 87 97 Fax: (804) 828 23 78. Correo electrónico: lasprilla50@hotmail.com

Resumen

Las funciones ejecutivas han sido definidas como las capacidades para transformar los pensamientos en acción. Las mismas hacen alusión a una amplia variedad de procesos cognitivos entre los que se incluyen la iniciación, secuenciación, organización, categorización, planificación, abstracción, fluidez verbal y autorregulación del comportamiento. En este artículo se presenta una revisión actualizada de las diferentes técnicas y/o programas que existen en la actualidad para rehabilitar los principales problemas ejecutivos que resultan luego de una lesión cerebral en los lóbulos frontales. La utilización de auto-intrusiones, ejercicios de estimulación cognitiva, técnicas de solución de problemas, las técnicas de modificación de la conducta, los programas de entrenamiento en habilidades sociales, los dispositivos electrónicos, y la adaptación del entorno entre otros han resultado de ser de gran utilidad a la hora de tratar estas alteraciones. Igualmente, se hablará de la importancia que tiene el tratamiento farmacológico y el trabajo con la familia a la hora de llevar a cabo este tipo de programas de rehabilitación.

Palabras clave: Rehabilitación, funciones ejecutivas y daño cerebral.

Summary

The executive functions have been defined as those processes that allow humans to transform thoughts into action. The concept of executive functioning encompasses a wide variety of cognitive mechanisms that underlie human behavior, including initiation, sequencing, organizing, categorizing, planning, abstraction, verbal fluency and self-regulation. This article is a state-of-the-art review of rehabilitation

programs and techniques commonly used to effectively treat deficits in executive functioning resulting from brain lesions affecting the frontal lobes. Self-instructions, cognitive stimulation, problem solving, behavior modification techniques, social skills training programs, electronic devices, and environmental modifications have all been found to be useful. In conjunction with these rehabilitation programs and techniques, the article will also emphasize the importance of pharmacological therapy and the need to work closely with the family of the person with executive functioning deficits.

Key words: Rehabilitation, executive functions, brain Injury

Las funciones ejecutivas han sido definidas como las capacidades para transformar los pensamientos en acción y se manifiestan como: a) la habilidad para iniciar, modular o inhibir la atención y la actividad mental; b) la habilidad para interactuar productivamente con otros en discusiones y conversaciones; y c) la habilidad para planificar y controlar la conducta dirigida al resultado. Dentro de sus diferentes componentes, las funciones ejecutivas hacen alusión a una amplia variedad de procesos cognitivos entre los que se incluyen la iniciación, secuenciación, organización, categorización, planificación, abstracción, fluidez verbal y autorregulación del comportamiento (Estevez, García, & Barraquer, 2000).

El objetivo del presente artículo es hacer una descripción actualizada de los diferentes programas de rehabilitación que existen en la actualidad para el tratamiento de los principales problemas que se producen como resultado de lesiones cerebrales en el lóbulo frontal.

Tratamiento de las funciones ejecutivas

Durante las dos últimas décadas se han desarrollado diferentes avances en el área de la rehabilitación cognitiva y especialmente en relación al tratamiento de las funciones ejecutivas (Cicerone & Giacino, 1992; Cicerone & Wood, 1986; Levine et al., 2000; McDonald, Flashman, & Saykin, 2002; von Cramon & Matthes-von Cramon, 1992). En la actualidad, los programas de rehabilitación para personas con alteraciones de las funciones ejecutivas se llevan a cabo como parte de un programa de rehabilitación integral, que incluye a su vez terapia, física, terapia ocupacional, terapia vocacional, psicoterapia, trabajo con familias y tratamiento farmacológico.

El objetivo principal de los programas de rehabilitación de las funciones ejecutivas consiste en ayudar a los pacientes a mejorar sus problemas en: 1) la iniciación, secuenciación, regulación e inhibición del comportamiento; 2) la solución de problemas; 3) el razonamiento abstracto; y 4) las alteraciones de la autoconciencia de la enfermedad. Para ello, el terapeuta desarrolla un plan de acción que:

- 1) Hace énfasis en aquellas áreas que se encuentren más conservadas, con el fin de apoyarse en ellas a la hora de intervenir en las que se encuentren más afectadas, y revisa el plan de tratamiento periódicamente para observar la posible existencia de beneficios y adaptar el programa a las circunstancias nuevas que vayan surgiendo.
- 2) Tiene en cuenta el tipo y gravedad de la alteración cognitiva, ya que muchas de las técnicas que se emplean no suelen ser útiles en todo tipo de pacientes.

- 3) Evalúa el grado de conciencia de la enfermedad y la motivación del paciente, puesto que algunas de las estrategias cognitivas que se utilizan requieren de una participación activa del mismo y, finalmente, involucra a la familia en todo el proceso de rehabilitación del paciente.

A continuación se describirán detalladamente algunos de los principales tratamientos que se utilizan en la actualidad para la rehabilitación de alteraciones ejecutivas específicas en personas con daño cerebral:

Estrategias para mejorar los problemas de iniciación y secuenciación de la conducta

La conducta humana puede ser clasificada de dos tipos, aquella que surge por motivaciones internas (ir a la nevera para buscar algo de comer, salir a dar un paseo por el vecindario, etc.) o la que se produce como respuesta a una estimulación externa (contestar el teléfono cuando suena, levantarse a recoger el correo cuando es distribuido en el buzón, etc.) (Frith, 1987). Es común observar la presencia de problemas en la iniciación de conductas y/o falta de iniciativa en participar en actividades externas en aquellas personas que han sufrido lesiones cerebrales en los lóbulos frontales, especialmente en las áreas dorsolaterales. En algunas ocasiones, cuando los pacientes logran iniciar alguna conducta de forma voluntaria suelen también fracasar en el mantenimiento de la misma o en la realización de cada uno de los pasos requeridos para llevar a cabo la conducta de forma satisfactoria (secuenciación).

Algunas de las estrategias desarrolladas para mejorar los problemas en la iniciación

y la secuenciación del comportamiento consisten en entrenar a los pacientes a relacionar varias conductas entre sí. Por ejemplo, se le puede enseñar al paciente a tomar su medicación todas las noches después de cepillarse los dientes. Lo que se pretende es que, mediante la repetición de estas conductas simultáneas, el paciente pueda aprender a asociar ambas, de forma que cuando en el futuro se produzca una de ellas sea muy probable que la otra aparezca asociada espontáneamente.

Los calendarios, agendas electrónicas, beepers o relojes con alarma también han sido utilizados con bastante éxito en la rehabilitación de pacientes con alteraciones ejecutivas. Por ejemplo, Wilson, Evans, Emslie, y Malinek (1997) utilizaron un dispositivo conocido como "NeuroPage" en 15 pacientes con problemas de memoria y funciones ejecutivas. El dispositivo consistía en un sistema de beeper portátil conectado a un ordenador y mediante el cual se le transmitía a la persona diferentes tipos de mensajes. Una vez que la persona recibía el mensaje, el beeper emitía un sonido o una vibración para avisarle acerca de la actividad que tenía que llevar a cabo. Algunos ejemplos de estos mensajes fueron "escriba en su agenda" o "no se olvide de llevar sus llaves". Los mensajes utilizados en el estudio variaron para cada persona. La fase de tratamiento tuvo una duración de tres meses y todas las personas se beneficiaron del uso del beeper. Sin embargo, tres semanas después del tratamiento, algunas personas mantuvieron el beneficio y otras volvieron al mismo nivel que tenían antes del tratamiento. En un segundo estudio Wilson, Emslie, Quirk, y Evans (2001) utilizaron el mismo dispositivo electrónico en dos grupos de sujetos (143 personas con alteraciones neurológicas y un grupo control) durante siete semanas.

Las diferencias entre el grupo control y el que utilizó el beeper fueron significativas y, adicionalmente, tras siete semanas de la finalización de la intervención, el 73% de las personas que utilizaron el beeper presentaron menos problemas a la hora de recordar e iniciar diferentes actividades, en comparación con los que presentaban antes del tratamiento.

Los dispositivos electrónicos como beepers, relojes con alarma, PDA, computadores y portátiles tienen como objetivo ayudar a incrementar la posibilidad de que las personas con problemas en la iniciación del comportamiento realicen una actividad determinada. El uso repetitivo de estos dispositivos busca incrementar la frecuencia de aparición de la conducta deseada y son comúnmente utilizados para ayudar a los pacientes a acudir a las citas médicas, estar en casa a la hora de las comidas, tomarse las medicinas, pagar las cuentas pendientes, ir al baño, hacer una llamada telefónica, tirar la basura, etc.

Otro de los problemas que frecuentemente se presentan en pacientes con lesiones frontales es la alteración en el mantenimiento y secuenciación de la conducta. Algunas de las herramientas que se utilizan para ayudarles a mejorar estos problemas son los libros de notas o checklist. El objetivo del terapeuta es enseñarle al paciente a que anote, de forma detallada, cada uno de los pasos que se deben de realizar para llevar a cabo una actividad determinada (Mateer, 1997). Posteriormente, el terapeuta revisa cada uno de estos pasos con el paciente para establecer claramente el objetivo de la actividad y la secuencia necesaria para realizarla. Los ejercicios se practican inicialmente en el centro de rehabilitación y posteriormente en la vida real. En todo

momento el terapeuta debe asegurarse de que el paciente entiende las instrucciones adecuadamente, suministrarle retroalimentación en caso de que éste cometa errores y asegurarse de que los ejercicios no conlleven ningún peligro o riesgo para el mismo. Algunos ejemplos de secuencias de actividades que suelen incluirse son: pedir comida a domicilio, buscar un determinado objeto en un catálogo, comprar un billete aéreo por Internet, llamar a un hotel y hacer una reserva, devolver un producto en un supermercado, cancelar una cita médica, colocar gasolina en el coche, depositar dinero en el banco, etc.

En la actualidad, uno de los programas más utilizados para mejorar los problemas en el mantenimiento y la secuenciación del comportamiento es el *Everyday Activities to Sequence* (Daly & Daly, 1996). Este programa está conformado por 80 tarjetas que ilustran 20 tipos de actividades frecuentes de la vida cotidiana. Cada actividad está contenida en 4 tarjetas, las cuales ilustran cada uno de los pasos que se requieren para realizarla. Para cada actividad, el terapeuta le entrega al paciente las cuatro tarjetas correspondientes y le solicita inicialmente que identifique la actividad de que se trata para, posteriormente pedirle que organice las tarjetas de forma que ilustren la secuencia que se requiere para llevarla a cabo. En el caso de que el paciente cometa algún error el terapeuta le ayuda a encontrar la secuencia correcta, ya sea haciéndole preguntas acerca de la actividad o bien suministrándole la información necesaria para ayudarlo a completar la tarea de forma satisfactoria.

Las actividades específicas que se presentan en las 80 tarjetas están

relacionadas con tareas domésticas (lavar la ropa sucia en lavadora), actividades de higiene personal (afeitarse, cepillarse los dientes, planchar la ropa), actividades fuera de casa (recoger la ropa de la lavandería, comprar una hamburguesa, ir a la oficina de correos y enviar un paquete) y actividades en el centro de rehabilitación (tomarse las medicinas, realizar los ejercicios de la terapia). Con este entrenamiento lo que se persigue es que el paciente pueda desarrollar su pensamiento crítico, sus capacidades de secuenciación y sus habilidades para la solución de sus problemas para que, cuando se enfrente a situaciones similares a éstas posteriormente, esté capacitado para responder de una manera adecuada.

Por otra parte, en ocasiones los problemas en la iniciación pueden no estar relacionados directamente con el daño de los lóbulos frontales, sino que pueden tener un origen psicológico. No es raro encontrar que, tras un daño cerebral, la persona pasa por un período en el cual experimenta una serie de sentimientos y emociones respecto a las pérdidas que conlleva el accidente. Muchos pacientes con daño cerebral experimentan síntomas de depresión y ansiedad que contribuyen a que sientan poca motivación o deseos de realizar actividades o de visitar sitios que solían frecuentar antes del accidente. De la misma forma, estas personas se sienten frecuentemente inseguras y con temor a retornar a las actividades cotidianas que realizaban anteriormente (ir al supermercado, ir a misa los domingos, sacar el perro a pasear, visitar a los familiares, invitar amigos a casa, etc.). Por ello, es muy importante que el terapeuta realice una evaluación detallada del estado psicológico del paciente, puesto que estos problemas suelen mejorar

considerablemente con tratamiento psicológico (psicoterapia, conserjería) o farmacológico (Zolof o Fluoxetina).

Estrategias para mejorar los problemas en la autorregulación de la conducta

Para Luria, Pribram, y Homskaya (1964) el lenguaje interno es determinante para el desarrollo de la atención voluntaria y la autorregulación del comportamiento. Según Luria (1982), en las primeras etapas del desarrollo evolutivo ontogenético, la atención y el comportamiento humano son procesos sociales controlados desde fuera (como cuando los padres guían la conducta y/o atención del niño hacia ciertos estímulos). A medida que el niño va adquiriendo el lenguaje comienza a regular su propio comportamiento y, poco a poco, cuando se va produciendo la interiorización del lenguaje, su lenguaje interno comienza a jugar un papel muy importante en la autorregulación tanto de su conducta como de la atención en la vida adulta.

Estas primeras observaciones hechas por Luria (1982) han servido como base para la creación de diferentes programas de rehabilitación cognitiva que utilizan el entrenamiento en autoinstrucciones y el lenguaje interno como una forma de mejorar los problemas de impulsividad, tanto en niños como en adultos con daño cerebral.

Uno de los programas más utilizados para mejorar los problemas de autorregulación del comportamiento en personas con lesiones frontales es el de Meichenbaum y Goodman (1971). Estos investigadores crearon un programa dirigido a ayudar en el proceso de interiorización de las autoinstrucciones, el cual está conformado por cinco fases: 1) Modelo, 2) Guía externa explícita, 3) Auto guía explícita, 4) Auto guía

explícita desvanecida y 5) Auto guía encubierta. Dicho programa ha sido adaptado, con muy buenos resultados, para mejorar los problemas de autorregulación del comportamiento y atención en personas con alteraciones en las funciones ejecutivas (Alderman, Fry, & Youngson, 1995; Cicerone & Giacino, 1992; Cicerone & Wood, 1986; Duke, Weathers, Caldwell, & Novack, 1992; von Cramon & Matthes-von Cramon, 1994). A continuación se presenta un ejemplo de cómo se puede utilizar este programa en personas con daño cerebral.

Pasos:

- 1) El terapeuta (modelo) realiza una actividad determinada en presencia de la persona con daño cerebral, dándose instrucciones verbales concretas y relevantes para la tarea en voz alta.
- 2) Se solicita al paciente que realice la tarea y, a medida que éste la va desarrollando, el terapeuta va verbalizando instrucciones similares a las que se dio él en voz alta, adaptándolas a la ejecución concreta del paciente (guía externa explícita).
- 3) El terapeuta pide al paciente que realice la tarea nuevamente pero dándose las instrucciones él mismo en voz alta (auto guía explícita).
- 4) El paciente realiza la tarea dándose las instrucciones en voz baja (auto guía explícita desvanecida).
- 5) El paciente realiza la tarea dándose las instrucciones concretas pertinentes sin verbalizarlas (auto guía encubierta).

Como se puede observar en el ejemplo anterior, se siguió la secuencia sugerida por Luria (1982) para la adquisición del control de la conducta voluntaria, con el objetivo de facilitar el proceso de interiorización de las auto-instrucciones.

Utilizando una metodología similar, Robertson, Tegnér, Tham, Lo, y Nimmo-Smith (1995) administraron un programa para mejorar las alteraciones atencionales y de autorregulación del comportamiento en ocho personas con heminegligencia. El entrenamiento consistió en los siguientes pasos.

- 1) Se le pidió inicialmente a la persona que clasificara diferentes objetos (monedas, figuras de diferentes colores, tamaños y formas) para, posteriormente, darle retroalimentación acerca de los errores cometidos en la realización de la misma.
- 2) Se explicó de forma sencilla la naturaleza de los problemas de la atención sostenida y su relación con la estrategia de tratamiento.
- 3) Se solicitó a la persona que realizara de nuevo las tareas y, en esta ocasión, el terapeuta golpeaba de forma esporádica la mesa a la vez que decía "PRESTA ATENCIÓN".
- 4) Tras repetir varias veces la tarea anterior, se enseñó a la persona a que dijera "PRESTA ATENCIÓN" cuando el terapeuta golpeaba la mesa.
- 5) La persona debía golpear la mesa y decir "PRESTA ATENCIÓN" en voz alta.
- 6) La persona debía golpear la mesa y decir "PRESTA ATENCIÓN" en voz baja, a medida que iba realizando la tarea.
- 7) La persona tenía que golpear la mesa mentalmente y decirse a sí mismo "PRESTA ATENCIÓN".
- 8) Finalmente, se le pidió a la persona que utilizara esta estrategia en las diferentes situaciones de la vida diaria.

Tanto el programa de Meichenbaum y Goodman (1971) como el programa de auto-instrucciones de Robertson et al. (1995) pueden ser utilizados para mejorar los niveles de atención sostenida y la autorregulación del comportamiento en personas con daño cerebral. El objetivo último de los mismos es que el paciente aprenda a utilizar las auto instrucciones (lenguaje interno) y una vez aprendida esta técnica, puedan utilizarla en otras actividades de la vida cotidiana.

Estrategias para mejorar los problemas en la desinhibición del comportamiento

Las lesiones en la corteza orbito frontal del cerebro se asocian con la presencia de síntomas de desinhibición, conductas inapropiadas, irritabilidad, labilidad emocional, distractibilidad y dificultades para responder a señales sociales (Estevez et al., 2000).

Cada vez es más frecuente la utilización de técnicas de modificación de la conducta en personas que presentan desinhibición comportamental como consecuencia de lesiones en el lóbulo frontal. Dichas técnicas se suelen utilizar con el fin de eliminar o reducir las conductas inapropiadas y potenciar aquellas que son adecuadas o positivas (Fernández, Rubin, Espinosa, Arango, & Pérez, 2002). Entre los métodos más empleados se encuentran los programas de economía de fichas, el reforzamiento diferencial, el reforzamiento positivo contingente, la técnica de “ tiempo fuera”, la extinción, el control de estímulos, los programas de entrenamiento en habilidades sociales, el modelado, el encadenamiento hacia atrás y la relajación guiada por imaginación (Ponsford, 1995).

Entrenamiento en solución de problemas y razonamiento lógico

Frecuentemente, las personas con lesiones en los lóbulos frontales actúan de forma impulsiva sin tener claro el objetivo de su comportamiento, sin analizar la información suministrada por el entorno, sin prestar atención a los detalles y/o consecuencias que puede generar su conducta y con una marcada dificultad para buscar soluciones alternativas cuando las que se han utilizado no funcionan (Estevez et al., 2000).

Teniendo en cuenta específicamente las dificultades para solucionar problemas, von Cramon, Matthes-von Cramon, y Mai (1991) desarrolló un programa de tratamiento para un grupo de 37 pacientes con daño cerebral que presentaban una marcada incapacidad en la resolución de problemas de forma adecuada. Dicho programa tenía como objetivo ayudar a los pacientes a disminuir las demandas asociadas a la resolución de problemas complejos mediante el afrontamiento del problema en múltiples pasos.

Concretamente, el programa de tratamiento consistía en enseñarle a los pacientes a dividir el proceso de solución de problemas en cada uno de los pasos que lo componen: 1) Identificación del problema; 2) Establecimiento de objetivos y metas; 3) Generación de posibles alternativas de solución; 4) Ejecución; y 5) Verificación. La utilización de este programa ayudó a los pacientes tanto a mejorar la conciencia de sus alteraciones cognitivas como sus habilidades para la solución de problemas (von Cramon et al., 1991). En la actualidad, muchos de los terapeutas que trabajan en la rehabilitación de las alteraciones de las funciones ejecutivas en pacientes con daño cerebral utilizan este programa.

- *Goal Management Training*

El Goal Management Training (GMT) es un programa muy similar al propuesto por von

Cramon, Matthes-von Cramon, y Mai (1991). Dicho programa fue desarrollado por Levine et al. (2000) con el objetivo de ayudar a personas con daño cerebral a solucionar sus problemas de forma más eficiente. El programa consta de 6 pasos en los que se le enseña a la persona a: 1) Preguntarse a sí mismo, “¿Qué estoy haciendo?” (PARE); 2) Definir la “tarea principal” (DEFINA); 3) Hacer un listado de los pasos a seguir (LISTA); 4) Preguntarse a sí mismo si sabe cuáles son los pasos a seguir (APRENDA); 5) Ejecutar la tarea (EJECUTE); y 6) Preguntarse, “¿Estoy haciendo lo que planeé hacer?” (VERIFICAR).

Levine et al. (2000) llevaron a cabo dos estudios con el objetivo de determinar la utilidad del GMT para mejorar las habilidades de solución de problemas de los pacientes con daño cerebral. En un primer estudio, a un grupo de 30 pacientes con trauma craneoencefálico se les pidió realizar una serie de actividades de solución de problemas mediante tareas de papel y lápiz. Posteriormente, los pacientes fueron asignados aleatoriamente en dos grupos, uno recibió el GMT y el otro recibió entrenamiento en habilidades motoras. Al final del proceso, el terapeuta volvió a dar una serie de tareas de solución de problemas a los pacientes. Los resultados demostraron que los pacientes que recibieron el GMT mejoraron sus habilidades para solucionar problemas, en comparación con el grupo que recibió entrenamiento en habilidades motoras. En un segundo estudio, Levine y sus colegas, utilizaron el GMT con un paciente con post-encefalopatía para enseñarle a realizar satisfactoriamente una actividad que involucraba la preparación de una comida. Tras el entrenamiento, se observó que el

paciente cometió menos errores a la hora de llevar a cabo dicha actividad.

- *Problem Solving Picture Cards*

Este programa (Pitti & Meier, 1992) está conformado por 78 tarjetas de colores con diferentes fotos que ilustran una gran variedad de situaciones y problemas a los que las personas con daño cerebral se enfrentan en su vida cotidiana. Las tarjetas abarcan una gran variedad de ambientes en los cuales el paciente debe inicialmente identificar cuál es el problema y, posteriormente, formular las posibles alternativas para su solución. Algunas de las situaciones que se presentan están relacionadas específicamente con problemas que se suelen presentar en la comunidad (la foto de una persona que conduce una moto sin casco o alguien que se pasa un semáforo en rojo), en el hogar (una persona que se queda dormida con un cigarrillo en la mano) o en el trabajo (una persona quiere imprimir un documento pero se acabó la tinta de la impresora). En la parte posterior de cada tarjeta se encuentran registradas una serie de preguntas con diferentes grados de dificultad, que buscan dirigir la atención del paciente a la foto y ayudar a que la persona mejore su capacidad de resolución de problemas y de razonamiento abstracto. De esta forma, el paciente puede aprender a resolver problemas de forma práctica en la consulta a fin de que, posteriormente, pueda aplicar estas estrategias en situaciones reales de su vida cotidiana.

- *Programa activemos la mente*

El programa activemos la mente (Peña-Casanova, 1999) es un programa de estimulación cognitiva que tiene como objetivos el mejorar el rendimiento cognitivo, incrementar la autonomía personal y mejorar la calidad de vida de

personas con daño cerebral por demencias, accidentes cerebro vasculares, traumatismos craneoencefálicos, etc. Dicho programa consta de una serie de ejercicios y actividades para la estimulación de la atención, la praxis, la percepción, la memoria y las funciones ejecutivas. Dentro de los ejercicios diseñados para mejorar el funcionamiento ejecutivo y, específicamente, las habilidades para la solución de problemas y el razonamiento lógico, se encuentran: 1) ejercicios de comprensión de los efectos de las acciones; 2) identificación de causalidad; 3) identificación de soluciones; y 4) razonamiento y juicio a partir de conocimientos culturales y comprensión y razonamiento abstracto de proverbios y expresiones.

a) Ejercicios de comprensión de efectos de acciones

El objetivo de estos ejercicios es que los pacientes aprendan a identificar los posibles peligros o consecuencias que conlleva una situación determinada y describir las posibles soluciones que pueden resultar. Se le pide al paciente que describa el peligro, el final o la solución de algunas de las siguientes situaciones: Caminas sobre una capa muy fina de hielo, dejas un objeto de plástico sobre una estufa, recibes por correo una factura que no es tuya, te cortas con un cuchillo, la casa se queda sin electricidad durante unas horas.

b) Identificación de la causalidad

El objetivo de estos ejercicios es que el paciente aprenda a identificar dos o más posibles causas de una situación conflictiva. Por ejemplo, se le pregunta al paciente que pasaría si: 1) te pones unos pantalones que acabas de comprar y notas que te quedan estrechos, 2) das a un interruptor pero la luz

no se enciende, 3) llevas mas de 20 minutos esperando pero el autobús sigue sin llegar, 4) conduces en un día lluvioso y resbalan los neumáticos.

c) Identificación de soluciones

Estos ejercicios buscan incrementar la capacidad del paciente de encontrar soluciones adecuadas ante situaciones que suelen pasar comúnmente en la vida cotidiana. Por ejemplo se le pide al paciente que encuentre posibles soluciones a las siguientes situaciones: 1) Recibes dos regalos iguales, 2) un amigo te debe dinero desde hace mucho tiempo, 3) no quedas satisfecho con la reparación que han hecho de tu carro, 4) estas en un restaurante y te encuentras un insecto en el plato.

d) Razonamiento y juicio a partir de conocimientos culturales

Con estos ejercicios lo que se busca es que los pacientes utilicen sus conocimientos culturales para responder de forma lógica, una serie de preguntas que están relacionada con aspectos del vivir dentro de una comunidad. Se le pide al paciente que responda de forma concreta a una serie de preguntas complejas tales como: 1) ¿Por qué pagamos impuestos?, 2) ¿Por qué se debe lavar la ropa?, 3) ¿Por qué los peces no pueden vivir en el agua?, 4) ¿Por qué hay semáforos en las calles?

e) Comprensión y razonamiento abstracto de proverbios y expresiones

La comprensión y el razonamiento abstracto de proverbios y expresiones tienen como objetivo el llevar a que las personas con alteraciones en las funciones ejecutivas, puedan comprender y encontrar el significado de diversos refranes o dichos populares. Al realizar el paciente este tipo de ejercicios se busca ejercitar su creatividad y razonamiento lógico-abstracto. Este tipo de ejercicios se pueden realizar de

diferentes formas tales como: 1) pedirle al paciente que confeccione una lista de proverbios o frases populares a partir de la búsqueda de estos en libros o Internet, 2) pedirle al paciente que nos diga aquellos dichos o refranes de mas frecuente uso en sus familiares o amigos y 3) pedirle al paciente que nos diga el significado de diversos refranes o dichos populares (p. ej., En abril aguas mil, a quien madruga dios le ayuda, más vale pájaro en mano que cien volando, no todo lo que brilla es oro).

Estrategias para mejorar la conciencia de la enfermedad (*self awareness*)

La habilidad que posee todo ser humano para conocer los alcances, limitaciones y consecuencias de sus conductas es lo que se conoce como autoconciencia. En personas con lesiones en el lóbulo frontal es común encontrar que en ocasiones se presente una incapacidad en el reconocimiento de las secuelas físicas, cognitivas y/o emocionales resultantes del daño cerebral. Dicha incapacidad suele verse reflejada en que los pacientes sobrevaloran o subestiman sus capacidades residuales, lo cual los lleva a actuar de forma inadecuada en situaciones en las que se requiere de un adecuado funcionamiento ejecutivo.

Los problemas de falta de conciencia de las limitaciones físicas, cognitivas o emocionales es uno de las principales dificultades a las que se enfrenta el terapeuta a la hora de llevar a cabo un programa de rehabilitación cognitiva en personas con disfunción frontal (Mateer, 2006). Una de las primeras tareas que se suelen usar en estos casos es suministrarle al paciente información acerca de la naturaleza de la lesión, explicar como el daño cerebral afecta su comportamiento y las razones por las cuales varios de los

comportamientos o conductas que exhibe el paciente en la actualidad no son apropiadas (Matter, 1999).

Otra de las estrategias que se utilizan para mejorar los problemas de autoconciencia de la enfermedad es infórmale al paciente en el momento en que este realizando una conducta inadecuada, las razones del porque dicha conducta es inapropiada y cual es el tipo de conducta que este debería presentar. Luego se le da al paciente una hoja para que este registre la hora, fecha y frecuencia con la que realiza este tipo de conductas en su vida diaria. El pedirle al paciente que registre la frecuencia con la que realiza este tipo de conductas en la vida cotidiana incrementa la posibilidad de que este preste mucha mas atención a su comportamiento.

Otra forma de ayudar a mejorar los problemas de autoconciencia es la utilización de una video grabadora en el momento estas personas estén presentando comportamientos inadecuados. Posteriormente el terapeuta le muestra al paciente dicha grabación y le proporciona el feedback necesario para que este pueda reconocer la naturaleza de sus problemas.

Modificación ambiental

Los objetivos esenciales de la modificación del entorno habitual de la persona con alteraciones en las funciones ejecutivas son: 1) la prevención de posibles accidentes que pueda tener la persona en su hogar y 2) el simplificar el entorno en el que vive la persona de forma que esta pueda potenciar y utilizar aquellas habilidades cognitivas que todavía conserva (Arango-Lasprilla, Premuda, & Marquine, 2006).

La organización del espacio físico (Sohlberg & Mateer, 2001) frecuentemente es de mucha utilidad puesto que ayuda a reducir el impacto de los problemas ejecutivos en la vida de la persona. Algunos ejemplos de adaptación del espacio físico que se pueden llevar a cabo en la casa de la persona incluyen:

- Asignar a cada cajón de la cocina un determinado tipo de alimentos.
- Usar etiquetas pegadas sobre las puertas de la alacena, cajones de la cocina o del closet con una descripción de sus contenidos (p. ej., “cubiertos”, “calcetines”, etc.)
- Colocar a un lado de la puerta principal, recordatorios de los objetos que el paciente debe llevar al salir de casa (p. ej., llaves, billetera, dinero, etc).
- Colocar recordatorios con la rutina de aseo del paciente en el espejo del baño.
- Colocar recordatorios de como operar electrodomésticos al lado de cada uno de ellos.
- Utilizar símbolos, como el de “peligro” donde sea necesario.
- Colocar una lista de diferentes menús o recetas en la puerta de la nevera.
- Colocar una foto del paciente en la puerta de su habitación.
- Limitar la cantidad de objetos en el ambiente para facilitar la orientación del paciente.
- Colocar en la pared calendarios con fechas importantes (cumpleaños, reuniones familiares, citas medicas etc.).

- Tratar de mantener el sitio donde vive el paciente con una buena iluminación y con bajos niveles de ruido.

Las modificaciones del espacio físico conjuntamente con la utilización de las diferentes técnicas de rehabilitación cognitiva que se han presentado en los apartados anteriores son las estrategias que mas se utilizan en la actualidad para el tratamiento de las alteraciones en el funcionamiento ejecutivo en pacientes con lesión cerebral. Sin embargo, recientemente ha surgido un gran interés por conocer los efectos que algunos fármacos producen en dicho funcionamiento y el papel que juega la familia en todo el proceso de rehabilitación. A continuación se presentara una breve descripción de estos dos nuevos enfoques de tratamiento.

Aproximación farmacológica a los desórdenes ejecutivos

Una de las propiedades fisiológicas de las neuronas de la corteza prefrontal es su capacidad de mantener un nivel de activación tónico aun en presencia de estímulos distractores. Estas propiedades no se han encontrado por ejemplo en neuronas temporales, las cuales cesan de descargar ante la presencia de nuevos estímulos interferentes. Esta actividad sostenida se ha considerado como el sustrato funcional básico para la organización de la conducta (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2002) y ha sido asociada a la acción de las catecolaminas, especialmente la Dopamina y la Norepinefrina. Estudios electrofisiológicos en monos han mostrado que bajos niveles de estimulación de los receptores dopaminérgicos D1 incrementa el nivel de actividad de descarga de las neuronas prefrontales (Sawaguchi, Matsumura, & Kubota, 1988), mientras que altos niveles

disminuyen dicha actividad (Wang, Vijayraghavan, & Goldman-Rakic, 2004). Similares efectos se han reportado para la Norepinefrina especialmente mediados por la acción de los adrenoreceptores α -2A.

En humanos se ha observado que la administración de drogas dopaminérgicas tales como **Bromocriptine** y el **Pergolide** incrementa el rendimiento en pruebas de Memoria de Trabajo (MR) así como en las funciones ejecutivas (Alexander, 2001; Kimberg, Aguirre, Lease, & D'Esposito, 2001; Mehta & Riedel, 2006; Robbins, 2000). Por ejemplo en la esquizofrenia el uso de **Quetiapine**, un potente disociador de la función dopaminérgica, ha mostrado una mejoría considerable de estos pacientes en sus desempeño en tareas ejecutivas (Kivircik Akdede, Alptekin, Kitis, Arkar, & Akvardar, 2005; Meisenzahl et al., 2006). En pacientes con desórdenes bipolares el **Risperidone** ha mostrado similares efectos (Harvey et al., 2007). En pacientes con enfermedad de Parkinson, el uso de la **Levodopa** ha mostrado incremento en el funcionamiento de la MT y funciones visuo-espaciales lo cual ha sido asociado a la activación de mecanismos compensatorios fronto-striatales (Marini, Ramat, Ginestrini, & Paganini, 2003; Mollion, Ventre-Dominey, Dominey, & Broussolle, 2003).

Estudios recientes realizados en monos han demostrado que la mayoría de los síntomas del Déficit de Atención con Hiperactividad (DAH) pueden ser reproducidos bloqueando los adrenoreceptores α -2A en la corteza prefrontal. La inyección de **Yohimbine** (antagonista α -2 adrenérgico) en las regiones prefrontales en monos produce impulsividad e hiperactividad locomotora, pobre regulación de la atención y de la MT, siendo estos los síntomas cardinales del

DAH (Arnsten & Li, 2005). El **Metilfenidato**, una droga con alta afinidad para los transportadores de dopamina y norepinefrina, se ha establecido como uno de los medicamentos de elección en el tratamiento del DAH (Arnsten & Dudley, 2005; Hazel-Fernandez, Klorman, Wallace, & Cook, 2006; Huber, Kirchler, Niederhofer, & Gruber, 2007; Konrad, Gunther, Hanisch, & Herpertz-Dahlmann, 2004; O'Driscoll et al., 2005). El uso del Metilfenidato ha mostrado mejoría en el funcionamiento de los trastornos motores, en la memoria de trabajo, funciones ejecutivas, control de impulso entre otros. El sistema colinérgico también se ha sido implicado en el control de las funciones ejecutivas aunque en menor escala (Arnsten & Li, 2005; Robbins, 2000). Robbins (2000) sugiere que este sistema influencia al control ejecutivo a través de la corteza orbitofrontal (para una revisión mas actualizada ver Robbins & Roberts, 2007). El uso de **Galantamine**, **Rivastigmina**, **Donepezil** (Anticolinesterásicos) ha demostrado mejorar la función de la memoria de trabajo, atención y funciones ejecutivas en pacientes con Enfermedad de Alzheimer, Enfermedad de Parkinson, Enfermedad de Wernicke-Korsakoffs (Borkowska, Ziolkowska-Kochan, & Rybakowski, 2005; Ceravolo et al., 2006; Eggers, Herholz, Kalbe, & Heiss, 2006; Emre, 2004; Ollat et al., 2007; Sahin, Gurvit, Bilgic, Hanagasi, & Emre, 2002; Sarter & Turchi, 2002).

En conclusión, en la actualidad no existe ningún tratamiento farmacológico para mejorar las alteraciones en el funcionamiento ejecutivo en personas con daño cerebral. Algunos de los fármacos que se suelen utilizar tienen una efectividad limitada, una alta incidencia de reacciones adversas y una gran variabilidad en la respuesta farmacológica. El estudio de los

sistemas de neurotransmisores y su papel en el control ejecutivo permitirá ofrecer mejores alternativas terapéuticas a futuro. Mientras tanto, estas prácticas farmacológicas han de ser complementarias a los programas de rehabilitación cognitiva los cuales han de ocupar un papel protagónico en la intervención de pacientes con afecciones en las funciones ejecutivas.

Intervención con las familias

Las secuelas físicas, cognitivas y emocionales que suelen quedar luego de un daño cerebral son una de las principales causas de estrés y problemas en las familias de estas personas (Kreutzer, Gervasio, & Camplair, 1994; Man, 2002; Marsh, Kersel, Havill, & Sleight, 1998). Los familiares especialmente aquellos que se encargan del cuidado del paciente (Sander & Kreutzer, 1999) son más vulnerables a presentar una gran variedad de problemas que incluyen: alteraciones emocionales (altos niveles de estrés, depresión, ansiedad), dificultades económicas (aumento de los gastos mensuales, disminución de los ingresos) problemas laborales (ausentismo, bajo rendimiento, accidentes laborales, pérdida del trabajo), dificultades a nivel social (aislamiento social, rechazo), problemas familiares (cambio de roles, discusiones constantes, dificultades conyugales, problemas de comunicación) y problemas físicos (fatiga, gastritis, contracturas musculares).

Durante los últimos diez años, los expertos en el área de la rehabilitación cognitiva coinciden en señalar que la familia juega un papel muy importante en todo el proceso de rehabilitación de la persona con daño cerebral (Sohlberg & Mateer, 2001). En la actualidad es común encontrar que el tiempo de estancia de estos pacientes en las unidades de cuidados intensivos y en

los centros de rehabilitación es cada vez mas corto (Ottenbacher et al., 2004), lo cual hace que sea la familia la que se encargue de proporcionar en casa los cuidados necesarios que el paciente requiere a largo plazo.

La idea que subyacente a la intervención con familias es que al mejorar la salud física y psicológica de los familiares estos podrán por consiguiente tener una mejor calidad de vida y estar en mejores condiciones de prestar ayuda y servicios a su familiar con daño cerebral (Kreutzer, Kolakowsky, Demm, & Meade, 2002). Es decir, lo primero que tienen que hacer los miembros de la familia es cuidarse ellos mismos para luego poder cuidar al paciente. Algunos de los tratamientos que se utilizan en la actualidad para familias de personas con daño cerebral incluyen: Terapia Familiar, terapia marital, psicoterapia individual, terapia de grupo, biblioterapia y grupos de apoyo.

Uno de los tratamientos para familias de personas con daño cerebral que mas se utiliza actualmente es el Brain Injury Family Intervention (Kreutzer et al., 2002). Dicho tratamiento consiste de 5 sesiones de 90 – 120 minutos cada una con un intervalo de dos semanas entre cada sesión. Al iniciar la primera sesión a cada uno de los miembros de la familia se les da un libro (*Getting better and better after brain injury: A guide for families, friends and caregivers*) que contiene información sobre el daño cerebral, sus implicaciones en la familia y algunos consejos de utilidad para sobrellevar y enfrentar de forma adecuada esta nueva experiencia. En cada una de las sesiones se les asigna a los familiares la lectura de uno o dos capítulos del libro y una que otra tarea que deben realizar en casa. En cada sesión se habla con los

familiares acerca de las dudas, comentarios o información que aprendieron de la lectura de cada uno de los capítulos. Antes de comenzar el tratamiento, al finalizar el mismo y 3 meses después el terapeuta recoge información sobre el estado anímico y emocional de los familiares, con el fin de determinar la utilidad o no del tratamiento en cuestión.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las 5 sesiones y los temas que se tratan en cada una de ellas:

Sesión 1: Como afecta en daño cerebral a la persona y a la familia.

En esta primera sesión el terapeuta tiene como objetivos: a) proporcionar a los familiares información útil con el fin de que estos puedan entender cuales son los principales cambios que se suelen producir luego de se tiene un daño cerebral, b) servir de facilitador para que los miembros de la familia puedan expresar sus sentimientos y frustraciones frente al hecho de estar viviendo con una familiar con daño cerebral, c) ayudar a que la familia comprenda que el daño cerebral no algo que afecta solamente a la persona, sino que también afecta a la familia.

Sesión 2: El proceso de recuperación.

En la segunda sesión el terapeuta le ayuda a la familia a comprender los alcances y las limitaciones que tiene todo proceso de rehabilitación, se habla de la diferencias entre la recuperación física, la cual puede producirse en los primeros dos años y por otro lado la recuperación cognitiva que suele tardar mucho mas tiempo y que en ocasiones suele ser mínima.

Sesión 3: Solución de problemas, y el establecimiento de metas.

En la tercera sesión el terapeuta enseña a los miembros de la familia técnicas de

solución de problemas, se les da información acerca de cómo adaptarse a las pérdidas y afrontar los nuevos cambios. Igualmente se les enseña a entender que sus sentimientos son una respuesta normal a la experiencia que están viviendo y finalmente se les ayuda a que aprendan a enfocarse en las cosas positivas, sus fortalezas y los recursos y a evitar pensamientos negativos y/o autodestructivos.

Sesión 4: Como manejar el estrés y las emociones fuertes.

En la cuarta sesión se habla acerca del estrés y el impacto que este tiene en la salud, física y emocional de la persona que lo padece. Igualmente se ofrecen técnicas para el manejo del estrés, por ejemplo: se le enseña a los miembros de la familia a establecer metas realistas, a tomar tiempo para descansar y realizar otras actividades diferentes al cuidado del paciente, a no hacer muchas cosas al mismo tiempo, a ser asertivos y a expresar emociones, y a reconocer las fortalezas de los demás y a pedir ayuda.

Sesión 5: Estrategias para una óptima recuperación

En esta ultima sesión se le ofrece a los familiares una gran variedad de estrategias y técnicas para que ellos mismos puedan cuidar su salud física y psicológica. Se resalta la importancia que tiene el cuidarse a si mismo primero, antes de proporcionar cuidados a persona con daño cerebral, se les enseña a enfocarse en las cosas positivas y en los logros y se les pide que traten de aprender de la experiencia y poner en practica todas las cosas que se han visto durante estas 5 sesiones de tratamiento.

La utilización del BIFI ha demostrado ser eficaz para en el mejoramiento del estado

físico, emocional y psicológico de familiares y cuidadores de personas con daño cerebral. Tal como se menciono anteriormente, los problemas físicos, emocionales, laborales, sociales y económicos que conlleva el tener un familiar con daño cerebral, suelen en la mayoría de los casos ser una barrera importante a la hora de poder brindarle al paciente los cuidados necesarios que este requiere. Por tal motivo, el trabajo con las familias y/o cuidadores es algo que debe estar incluido en todo programa de rehabilitación de las funciones ejecutivas.

Conclusiones

El lóbulo frontal es una de las áreas del cerebro que mas comúnmente se ve afectada luego de una lesión cerebral. Las lesiones en estas áreas se caracterizan por la aparición de una gran variedad de problemas físicos, emocionales y cognitivos. A nivel cognitivo es común encontrar que estas personas presenten alteraciones en su habilidad para iniciar, modular o inhibir la atención y la conducta; dificultades para interactuar productivamente con otros en discusiones y conversaciones; y alteraciones para planificar y controlar la conducta dirigida al resultado. En las ultimas dos décadas diferentes programas de rehabilitación cognitiva han sido creados con el fin mejorar o compensar estos problemas de forma efectiva.

La utilización de auto-intrusiones, ejercicios de estimulación cognitiva, técnicas de solución de problemas, los programas de economía de fichas, el reforzamiento diferencial, la técnica de “tiempo fuera”, la extinción, el control de estímulos, los programas de entrenamiento en habilidades sociales, los dispositivos electrónicos, y la

adaptación del entorno entre otros han resultado de ser de gran utilidad a la hora de tratar estas alteraciones. Aunque diferentes estudios han encontrado que el uso de estas técnicas es eficaz para mejorar y/o compensar los problemas ejecutivos, es recomendable que los programas de rehabilitación para personas con alteraciones en las funciones ejecutivas se lleven a cabo como parte de un programa de rehabilitación integral que incluya, terapia, física, terapia ocupacional, terapia vocacional, psicoterapia, trabajo con familias y tratamiento farmacológico.

En conclusión, el objetivo final de un programa de rehabilitación cognitiva de las funciones ejecutivas debe ser el mejorar la calidad de vida de estas personas, permitiéndoles poder reintegrarse de forma satisfactoria a su vida social, laboral y familiar.

Referencias

- Alderman, N., Fry, R. K., & Youngson, H. A. (1995). Improvement of self-monitoring skills, reduction of behavior disturbance and the dysexecutive syndrome: Comparison of response cost and a new programme of self monitoring training. *Neuropsychological Rehabilitation*, 5, 193-221.
- Alexander, M. P. (2001). Chronic akinetic mutism after mesencephalic-diencephalic infarction: Remediated with dopaminergic medications. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 15, 151-156.
- Arango-Lasprilla, J. C., Premuda, P., & Marquine, M. (2006). Rehabilitación cognitiva en personas con traumatismos craneoencefálicos. En J. C. Arango (Ed.), *Rehabilitación neuropsicológica* (pp. 117-145). México: Manual Moderno.

- Arnsten, A. F., & Dudley, A. G. (2005). Methylphenidate improves prefrontal cortical cognitive function through alpha2 adrenoceptor and dopamine D1 receptor actions: Relevance to therapeutic effects in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Behavioral and Brain Functions*, 1, 2.
- Arnsten, A. F., & Dudley, A. G. (2005). Methylphenidate improves prefrontal cortical cognitive function through alpha2 adrenoceptor and dopamine D1 receptor actions: Relevance to therapeutic effects in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Behavioral and Brain Functions*, 1, 2.
- Arnsten, A. F., & Li, B. M. (2005). Neurobiology of executive functions: catecholamine influences on prefrontal cortical functions. *Biological Psychiatry*, 57, 1377-1384.
- Borkowska, A., Ziolkowska-Kochan, M., & Rybakowski, J. K. (2005). One-year treatment of Alzheimer's disease with acetylcholinesterase inhibitors: improvement on ADAS-cog and TMT A, no change or worsening on other tests. *Human Psychopharmacology*, 20, 409-414.
- Ceravolo, R., Volterrani, D., Frosini, D., Bernardini, S., Rossi, C., Logi, C., Manca, G., et al. (2006). Brain perfusion effects of cholinesterase inhibitors in Parkinson's disease with dementia. *Journal of Neural Transmission*, 113, 1787-1790.
- Cicerone, K. D., & Giacino, J. T. (1992). Remediation of executive function deficits after traumatic brain injury. *Neurorehabilitation*, 2, 73-83.
- Cicerone, K. D., & Wood, J. C. (1986). Planning disorder after closed head injury: A case study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68, 111-115.
- Daly, M. P., & Daly, D. P. (1996). *Everyday Activities to Sequence*. Austin, TX: PRO-ED, Inc.
- Duke, L. W., Weathers, S. L., Caldwell, S. G., & Novack, T. A. (1992). Cognitive rehabilitation after head trauma. En C. J. Long & L. K. Ross (Eds.), *Handbook of head trauma* (pp. 165-190). New York: Plenum Press.
- Eggers, C., Herholz, K., Kalbe, E., & Heiss, W. D. (2006). Cortical acetylcholine esterase activity and ApoE4-genotype in Alzheimer disease. *Neuroscience Letters*, 408, 46-50.
- Emre, M. (2004). Dementia in Parkinson's disease: cause and treatment. *Current Opinion in Neurology*, 17, 399-404.
- Estevez, A., García, C., & Barraquer, L. (2000). Lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo. *Revista de Neurología*, 31(6), 566-577.
- Fernández, S., Rubin, E., Espinosa, A., Arango, J. C. & Pérez, E. (2002). Manejo de las conductas de agresividad en pacientes con probable enfermedad de Alzheimer. En *Cerebro y Salud Mental* (pp. 368-382). Madrid, España: MAPFRE, S. A.
- Frith, C. D. (1987). The positive and negative symptoms of schizophrenia reflect impairments in the perception and initiation of action. *Psychological Medicine*, 17, 631-648.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (Eds.). (2002). Executive functions and

frontal lobes. *Cognitive Neuroscience: the biology of mind* (2a ed., pp. 499-536). New York-London: W.W. Norton y Company.

Harvey, P. D., Hassman, H., Mao, L., Gharabawi, G. M., Mahmoud, R. A., & Engelhart, L. M. (2007). Cognitive functioning and acute sedative effects of risperidone and quetiapine in patients with stable bipolar I disorder: a randomized, double-blind, crossover study. *Journal of Clinical Psychiatry*, 68, 1186-1194.

Hazel-Fernandez, L. A., Klorman, R., Wallace, J. M., & Cook, S. (2006). Methylphenidate improves aspects of executive function in African American children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 9, 582-589.

Huber, M., Kirchler, E., Niederhofer, H., & Gruber, L. (2007). [Neuropsychiatric bases of the methylphenidate-therapy of the attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD)]. *Fortschritte der Neurologie, Psychiatrie, und ihrer Grenzgebiete*, 75, 275-284.

Kimberg, D. Y., Aguirre, G. K., Lease, J., & D'Esposito, M. (2001). Cortical effects of bromocriptine, a D-2 dopamine receptor agonist, in human subjects, revealed by fMRI. *Human Brain Mapping*, 12, 246-257.

Kivircik Akdede, B. B., Alptekin, K., Kitis, A., Arkar, H., & Akvardar, Y. (2005). Effects of quetiapine on cognitive functions in schizophrenia. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 29, 233-238.

Konrad, K., Gunther, T., Hanisch, C., & Herpertz-Dahlmann, B. (2004). Differential effects of methylphenidate on attentional

functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 43, 191-198.

Kreutzer, J.S., Gervasio, A.H., & Camplair, P.S. (1994). Primary caregivers' psychological status and family functioning after traumatic brain injury. *Brain Injury*, 8(3), 197-210.

Kreutzer, J. S., Kolakowsky-Hayner, S. A., Demm, S. R., & Meade, M. A. (2002). A structured approach to family intervention after brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(4), 349-367.

Levine, B., Robertson, I. H., Clare, L., Carter, G., Hong, J., Wilson, B. A., Duncan, J., et al. (2000). Rehabilitation of executive functioning: An experimental-clinical validation of goal management training. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 299-312.

Luria, A. R. (1982). *Language and cognition*. Washington, DC: Winston.

Luria, A. R., Pribram, K.H., & Homskaya, E.D. (1964). An experimental analysis of the behaviora disturbance produced by a left frontal arachnoidal endothelioma. *Neuropsychologia*, 2, 257-280.

Man, D. W. K. (2002). Family caregivers' reactions and coping for persons with brain injury. *Brain Injury*, 16(12), 1025-1037.

Marini, P., Ramat, S., Ginestroni, A., & Paganini, M. (2003). Deficit of short-term memory in newly diagnosed untreated parkinsonian patients: Reversal after L-dopa therapy. *Neurological Science*, 24, 184-185.

- Marsh, N. V., Kersel, D. A., Havill, J. H., & Sleigh, J. W. (1998). Caregiver burden at 6 months following severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, 12(3), 225-238.
- Mateer, C. A. (1997). Rehabilitation of individuals with frontal lobe impairment. In J. Leon-Carrion (Ed.), *Neuropsychological rehabilitation: fundamentals, innovations and directions* (pp. 285-300). Delray Beach, FL: GR Press/St. Lucie Press.
- Mateer, C. A. (1999). The rehabilitation of executive disorders. En D. T. Stuss, G. Winocur, & I. Robertson (Eds.), *Cognitive neurorehabilitation* (pp. 314-332). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Mateer, C. (2006). Introducción a la rehabilitación cognitiva. En J. C. Arango (Ed.), *Rehabilitación neuropsicológica* (pp. 1-14). México: Manual Moderno.
- McDonald, B. C., Flashman, L. A., & Saykin, A. J. (2002). Executive dysfunction following traumatic brain injury: Neural substrates and treatment strategies. *NeuroRehabilitation*, 17, 333-344.
- Mehta, M. A., & Riedel, W. J. (2006). Dopaminergic enhancement of cognitive function. *Current Pharmaceutical Design*, 12, 2487-2500.
- Meichenbaum, D. H., & Goodman, J. (1971). Training impulsive children to talk to themselves: A means of developing self-control. *Journal of Abnormal Psychology*, 77, 115-126.
- Meisenzahl, E. M., Scheuerecker, J., Zipse, M., Ufer, S., Wiesmann, M., Frodl, T., Koutsouleris, N., et al. (2006). Effects of treatment with the atypical neuroleptic quetiapine on working memory function: a functional MRI follow-up investigation. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 256, 522-531.
- Mollion, H., Ventre-Dominey, J., Dominey, P. F., & Broussolle, E. (2003). Dissociable effects of dopaminergic therapy on spatial versus non-spatial working memory in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 41, 1442-1451.
- O'Driscoll, G. A., Depatie, L., Holahan, A. L., Savion-Lemieux, T., Barr, R. G., Jolicoeur, C., & Douglas, V. I. (2005). Executive functions and methylphenidate response in subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 57, 1452-1460.
- Ollat, H., Laurent, B., Bakchine, S., Michel, B. F., Touchon, J., & Dubois, B. (2007). Effects of the association of sulbutiamine with an acetylcholinesterase inhibitor in early stage and moderate Alzheimer disease. *L'Encéphale*, 33(2), 211-215.
- Ottenbacher, K. J., Smith, P. M., Illig, S. B., Linn, R. T., Ostir, G. V., & Granger, C. V. (2004). Trends in length of stay, living setting, functional outcome, and mortality following medical rehabilitation. *The Journal of the American Medical Association*, 292(14), 1687-1695.
- Peña-Cassanova, J. (1999). *Intervención cognitiva en la enfermedad de Alzheimer: Fundamentos y principios generales*. Barcelona: Fundación La Caixa.
- Pitti, M. J., & Meier, T. (1992). *Problem-solving picture cards: Daily living situations*

for adults with disabilities. Austin, TX: PRO-ED, Inc.

Ponsford, J. (1995). Assessment and management of behaviour problems associated with TBI. En S. Sloan & P. Snow (Eds.), *Traumatic brain injury: Rehabilitation for everyday adaptive living*. East Sussex, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

Robbins, T. W. (2000). Chemical neuromodulation of frontal-executive functions in humans and other animals. *Experimental Brain Research*, 133, 130-138.

Robbins, T. W., & Roberts, A. C. (2007). Differential regulations of fronto-executive function by monoamines and acetylcholine. *Cerebral Cortex*, 17, 151-160.

Robertson, I. H., Tegnér, R., Tham, K., Lo, A., & Nimmo-Smith, I. (1995). Sustained attention training for unilateral neglect: theoretical and rehabilitation implications. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17(3), 416-430.

Sahin, H. A., Gurvit, I. H., Bilgic, B., Hanagasi, H. A., & Emre, M. (2002). Therapeutic effects of an acetylcholinesterase inhibitor (donepezil) on memory in Wernicke-Korsakoff's disease. *Clinical Neuropharmacology*, 25, 16-20.

Sander, A. M., & Kreutzer, J. S. (1999). A holistic approach to family assessment after brain injury. En M. Rosenthal, E. R. Griffith, J. S. Kreutzer, & B. Pentland (Eds.), *Rehabilitation of the Adult and Child* (pp.199-215). Philadelphia, PA: F.A. Davis Company.

Sarter, M., & Turchi, J. (2002). Age and dementia-associated impairments in divided

attention: psychological constructs, animal models, and underlying neuronal mechanisms. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 13, 46-58.

Sawaguchi, T., Matsumura, M., & Kubota, K. (1988). Dopamine enhances the neuronal activity of spatial short-term memory task in the primate prefrontal cortex. *Neuroscience Research*, 5, 465-473.

Sohlberg, M. M., & Mateer, C. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. New York: The Guilford Press.

von Cramon, D. Y., & Matthes-von Cramon, G. (1992). Reflections on the treatment of brain-injured patients suffering from problem-solving disorders. *Neuropsychological Rehabilitation*, 2(3), 207-229.

von Cramon, D. Y., & Matthes-von Cramon, G. (1994). Back to work with a chronic dysexecutive syndrome? (A Case Report). *Neuropsychological Rehabilitation*, 4(4), 399-417.

von Cramon, D. Y., Matthes-von Cramon, G., & Mai, N. (1991). Problem-solving deficits in brain-injured patients: A therapeutic approach. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1(1), 45-64.

Wang, M., Vijayraghavan, S., & Goldman-Rakic, P. S. (2004). Selective D2 receptor actions on the functional circuitry of working memory. *Science*, 303, 853-856.

Wilson, B., Emslie, H., Quirk, K., & Evans, J. (2001). Reducing everyday memory and planning problems by means of a paging system: A randomized control crossover

study. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 70, 477-482.

Wilson, B., Evans, J., Emslie, H., & Malinek,

V. (1997). Evaluation of NeuroPage: A new memory aid. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 63, 113-115.