

# 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](mailto: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 módulo 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 procesamientos 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 está 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 Clnh. 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 Clnh 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 dorsolateral 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 continua 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.
- Milhama, M., Banichb, 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 acquired 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. 1, 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.