

CAPACIDAD PREDICTIVA DE LOS NIVELES DE FUNCIONAMIENTO EJECUTIVO SOBRE LAS HABILIDADES MATEMÁTICAS BÁSICAS

Alberto Veleiro Vidal, Universidade da Coruña (España), alberto.veleiro@udc.es
Lisa B. Thorell, Karolinska Institutet, Estocolmo (Suecia), lisa.thorell@ki.se

Resumen: En el presente estudio se investiga la capacidad predictiva de las puntuaciones de funcionamiento ejecutivo de niños preescolares obtenidas a la edad de 4 años, sobre las habilidades matemáticas básicas evaluadas 12 meses después. Inicialmente, las puntuaciones de funcionamiento ejecutivo fueron obtenidas a través del Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI). Doce meses después se obtuvieron los datos correspondientes a las tareas de comparación numérica básica y conceptos matemáticos básicos, así como los relacionados con el control inhibitorio (tipo go/nogo) y la memoria operativa (Children Size Ordering Task). Los resultados indican que la memoria operativa está implicada en las habilidades matemáticas. Se encontraron correlaciones significativas entre CSOT y los tests de habilidades matemáticas. Además, la subescala de memoria operativa del CHEXI a los 4 años predice significativamente los resultados en habilidades matemáticas 12 meses después. Estos resultados son discutidos en términos de la validez de constructo de constructo de los cuestionarios de valoración del funcionamiento ejecutivo, de su estabilidad y valor predictivo sobre la identificación temprana de riesgo de dificultades de aprendizaje en niños preescolares.

Palabras clave: funciones ejecutivas, procesamiento numérico, rendimiento matemático

Introducción

El término “funciones ejecutivas” (FE) es un concepto paraguas referido a funciones de control orientado a metas, de importancia central en la vida diaria, incluyendo aspectos como el mantenimiento y actualización de la información en la memoria (*updating*), la inhibición de procesos inapropiados (*inhibiting*) y el cambio flexible (*shifting*) (Miyake et al., 2000). Estas habilidades emergen de modo temprano en la infancia y continúan su desarrollo hasta la adolescencia o el principio de la edad adulta (Romine y Reynolds, 2005). Es bien conocido que las habilidades ejecutivas representan un papel importante en el desarrollo de otras capacidades durante la infancia, incluyendo el desempeño lector y el de las habilidades matemáticas, así como otras habilidades de aprendizaje y de funcionamiento adaptativo (Blair y Razza, 2007; Espy, McDiarmid, Cwik, Stalets et al., 2004). Además, las dificultades

ejecutivas son una característica fundamental en varios trastornos que afectan al desarrollo, tanto de carácter innato como adquirido (Pennington y Ozonoff, 1996).

De manera clásica, las habilidades ejecutivas han sido habitualmente evaluadas mediante tareas de laboratorio procedentes de la literatura neuropsicológica y, en lo que respecta a la población infantil, se han desarrollado diferentes adaptaciones de tareas inicialmente concebidas para adultos (véase Carlson, 2005). Este tipo de tareas ha sido criticado en base a su falta de validez ecológica, así como su limitada utilidad clínica dado que capturan la actuación de los ejecutantes en pequeños períodos temporales, por lo que difícilmente pueden reflejar la naturaleza temporal (trans-situacional) característica de las FE (Barkley, 2011). Sin embargo, en la última década, se ha desarrollado de manera creciente el empleo de instrumentos de evaluación alternativos mediante el uso de cuestionarios de valoración (Gioia, Isquith, Guy y Kenworthy, 2000; Thorell y Nyberg, 2008). Éstos tienen la ventaja de capturar la conducta de las personas evaluadas a lo largo de un período extenso de tiempo, por lo que el funcionamiento ejecutivo es valorado en su empleo en la vida diaria, constituyendo además un tipo de instrumentos de reducido coste y fácil utilización.

Por el momento, el número de estudios que ha examinado las relaciones entre los cuestionarios de FE y las dificultades de aprendizaje es limitado, aunque los resultados disponibles indican que las medidas de rendimiento en habilidades académicas básicas (p.ej. lectura y matemáticas) aparecen estrechamente relacionados con los resultados obtenidos en los cuestionarios de FE (Clark, Pritchard y Woodward, 2010; Mahone, Cirino, et al., 2002; Thorell y Nyberg, 2008; Thorell, Veleiro, Siu y Mohammadi, 2012).

Mcauley y sus colaboradores (Mcauley et al., 2010) han sugerido recientemente que esta relación podría deberse a la posibilidad de que los cuestionarios de FE constituyan en realidad una evaluación del grado de dificultades funcionales que los evaluados presentan, más que de las dificultades ejecutivas subyacentes a aquéllas. Este argumento se basaría en la

fuerte relación encontrada entre los resultados de los cuestionarios de FE y otros en los que padres y profesorado valoraban distintas dificultades conductuales y funcionales, mientras que las relaciones entre los primeros y las puntuaciones de pruebas de funcionamiento ejecutivo eran más débiles. En efecto, la relación entre ambos tipos de medidas del funcionamiento ejecutivo ha sido débil en muchos casos, aunque ello ha sido explicado en términos de falta de validez ecológica de las pruebas de FE así como en el hecho de que ambos tipos de medidas informan sobre aspectos no totalmente coincidentes del mismo constructo subyacente.

En este estudio, nos proponemos examinar el valor predictivo que las valoraciones del funcionamiento ejecutivo llevadas a cabo de manera temprana tienen sobre medidas de ejecución de habilidades matemáticas básicas en la edad preescolar. Es bien conocida la relación entre algunos elementos del funcionamiento ejecutivo, en concreto la dimensión referida al mantenimiento/actualización de la información, o memoria operativa, y el desarrollo temprano de las habilidades matemáticas (Van der Ven et al., 2012). Resultados similares han sido encontrados cuando la valoración del funcionamiento ejecutivo ha sido realizada mediante cuestionarios (Clarke, Pritchard y Woodward, 2010; Mahone, Cirino, et al., 2002; Mcauley, Chen, Goos, Schachar y Crosbie, 2010; Thorell y Nyberg, 2008; Thorell et al., 2012). Este tipo de procesos se consideran esenciales en la solución de tareas matemáticas: Los resultados parciales deben ser almacenados en la memoria operativa y recuperados cuando es necesario, al tiempo que se debe monitorizar el proceso y manipular la información en pasos sucesivos de cara al resultado final.

En nuestro estudio examinaremos las relaciones entre los resultados de la valoración del funcionamiento ejecutivo llevado a cabo por las profesoras de los participantes mediante un cuestionario en que se evaluaban sus habilidades ejecutivas en lo referido a la memoria operativa y al control inhibitorio y los resultados de pruebas llevadas a cabo un curso más

tarde en los que se evaluaron dos aspectos básicos de las habilidades matemáticas: los conceptos básicos y el procesamiento numérico. Además también se evaluó en ese momento la competencia ejecutiva mediante pruebas de memoria operativa y control inhibitorio.

Los conceptos básicos gozan de una amplia tradición en el currículum de la educación de los primeros años (Educación Infantil) y hacen referencia al dominio de aspectos verbales que permiten organizar la realidad mediante procesos de discriminación y generalización. En palabras de Solomon, Medin y Lynch (1999), los conceptos básicos constituyen los peldaños de construcción de la mente, y suponen un excelente predictor, tanto del éxito académico general (Glutting, Kelly, Boehm y Burnett, 1989; Kavale, 1982), como del rendimiento en matemáticas en particular (Stock, Desoete y Roeyers, 2007). Así mismo, se ha encontrado que los conceptos básicos aparecen fuertemente relacionados con las medidas de inteligencia general (Kuehn-Howell y Bracken, 1992). Tradicionalmente, en nuestro entorno, ha sido el Test de Conceptos Básicos de Boehm el más empleado en el ámbito escolar. Para este estudio hemos hecho una adaptación del mismo, incluyendo además otros conceptos típicamente objeto de instrucción en la Educación Infantil, como son las formas geométricas y los colores.

En lo que se refiere al procesamiento numérico, mientras que en el pasado se concebía que todo el conocimiento numérico se debía a la construcción a través de la interacción sensorio-motriz con el entorno (Piaget, 1952), estudios más recientes han encontrado que los niños nacen con capacidades innatas para representar, discriminar y operar sobre la numerosidad (Butterworth, 2005), es decir: el número de cosas en un conjunto. La discriminación de la numerosidad, la capacidad de distinguir muchos de pocos, constituye pues uno de los más básicos procesos dentro de las capacidades matemáticas y las dificultades en el mismo han sido consideradas como un elemento esencial en los afectados por discalculia (Landerl, Bevan y Butterworth, 2004). La discriminación de la numerosidad, por lo tanto, se refiere al juicio no simbólico sobre la cantidad y se ha relacionado con la activación de una

red neural específica situada en el lóbulo parietal inferior (Dehaene, Piazza, Pinel y Cohen, 2003). De forma interesante, mientras que el cálculo aritmético ha sido relacionado estrechamente con la memoria operativa, los juicios sobre numerosidades, especialmente las de tipo analógico, parecen ser independientes de la capacidad de la memoria operativa encontrándose ausencia de correlación entre ambas capacidades en algunos estudios o relaciones débiles en otros (Cirino, 2011; Rousselle y Noël, 2007). De todos modos, estudios recientes han señalado que este carácter modular del procesamiento no simbólico sería típico de la ejecución en adultos, y fruto de una progresiva automatización del proceso, mientras que en muestras infantiles se ha encontrado que las áreas prefrontales (ligadas al funcionamiento ejecutivo) intervienen activamente en estos procesos (Ansari y Dhital, 2006; Houdé, Rossi, Lubin y Joliot, 2010)

Por otra parte, la comparación entre representaciones numéricas de tipo simbólico (verbales o bien con notación arábica) requiere la intervención de otros procesos y algunos autores han propuesto la existencia de tres códigos diferentes para el procesamiento numérico (Dehaene y Cohen, 1997), uno para cada formato de la información numérica (magnitudes analógicas, auditorio-verbal y visual arábica), con lo que se precisan procesos de transcodificación para la conversión de la información de un código a otro. En base a este modelo, la comparación de símbolos arábigos (p.ej. 2 vs 4) debería resultar más compleja para los niños, y más relacionada con sus capacidades ejecutivas, que la comparación entre magnitudes similares de tipo analógico (p.ej. ** vs ****).

En el presente estudio, pondremos a prueba el valor predictivo que las valoraciones del funcionamiento ejecutivo hechas por el profesorado tienen sobre estas habilidades y, asimismo, sobre la ejecución de tareas de funcionamiento ejecutivo que valoran la memoria operativa y el control inhibitorio. De este modo esperamos examinar si realmente el

funcionamiento ejecutivo se relaciona con el desempeño en estas habilidades matemáticas tempranas.

Método

Participantes

La muestra investigada estaba integrada por 47 niños y niñas (19 niñas) procedentes de una escuela pública cercana a A Coruña (Galicia-España). La edad media era de 5 años y 8 meses (rango: de 5 años y 2 meses a 6 años y 2 meses). Los padres dieron su consentimiento informado para la participación de sus hijos en el estudio. Asimismo, también fue obtenida la autorización del profesorado y la dirección de los centros escolares.

Medidas

Childhood Executive Function Inventory (CHEXI). Este inventario infantil del funcionamiento ejecutivo (Thorell y Nyberg, 2008) es un cuestionario de valoración de 24 ítems que evalúa cuatro aspectos básicos del funcionamiento ejecutivo en la vida diaria (Memoria Operativa, Planificación, Regulación y Control Inhibitorio), aunque sus autoras, en base a los datos obtenidos mediante análisis factorial, han propuesto dos factores generales únicamente: Memoria de Trabajo e Inhibición. Los estudios previos han mostrado que el CHEXI posee buena consistencia interna y estructura factorial así como buena capacidad predictiva sobre el rendimiento escolar (Thorell et al., 2012). Asimismo, aunque el CHEXI parece ofrecer una valoración del funcionamiento ejecutivo no totalmente coincidente con la que ofrecen las tareas de ejecución de memoria de trabajo e inhibición, se han encontrado correlaciones adecuadas entre ambos tipo de medidas (Thorell y Nyberg, 2008). Aunque el CHEXI ha sido concebido para ser utilizado tanto por padres como por el profesorado, para este estudio se han empleado únicamente las valoraciones de este último, llevadas a cabo por

las profesoras del alumnado en diciembre de 2010 y se puntuaron de acuerdo con lo establecido por sus autoras (véase www.chexi.se)

Children Size Ordering Task (McInerney, Hrabok y Kerns, 2005). En esta tarea de memoria de trabajo los participantes escuchan series de nombres de objetos familiares (p.ej. mesa – casa – cuchara) y deben repetirlos ordenados de mayor a menor en cuanto a su tamaño (casa – mesa – cuchara). De este modo la prueba consta de un componente verbal, así como de uno no verbal (imagen mental) y los ejecutantes deben no sólo retener la información, sino manipularla por lo que diferentes sistemas de memoria operativa intervienen en la resolución de la tarea y, de modo especial, el ejecutivo central. La prueba constaba de 15 ensayos distribuidos en 4 bloques (de 2, 3, 4 y 5 elementos respectivamente). La puntuación obtenida era de un punto por cada ensayo correcto, y era finalizada cuando los tres ensayos de un bloque eran fallados.

Prueba go/no-go. Consiste en una adaptación para esta edad del paradigma clásico de este tipo de pruebas de control inhibitorio que requieren la supresión de una respuesta predominante. En ellas se debe responder ante la presentación frecuente de unos estímulos (*go*) e inhibir la respuesta en otros (*no-go*) de carácter infrecuente. En este caso, los participantes, situados en pie a 1,5 m. de un monitor de ordenador, debían dar una palmada cuando el estímulo fuese un dibujo representando un corazón y no responder cuando fuese una estrella. La aparición de cada estímulo era señalizada con un tono sonoro breve, igual para ambos tipos de estímulos. La duración de la presentación de los estímulos era de 750 ms. y el intervalo entre estímulos oscilaba entre los 1.500 y 2.250 ms. La prueba contaba con un total de 60 ensayos, siendo la relación entre estímulos *go/no-go* de 2/1. La medida analizada fue el número de errores de comisión (ensayos *no-go* en los que se produjo respuesta) que se consideran un indicador de dificultades de inhibición.

Prueba de Conceptos Básicos. Consta de 50 ensayos en los que se presenta un concepto en cada uno de ellos. Al inicio del mismo la persona evaluadora formulaba una pregunta sobre el mismo, siendo la tarea de cada participante escoger, de entre las figuras que aparecían en la pantalla de un ordenador portátil, el elemento adecuado. A lo largo de la prueba se evaluaban conceptos de tipo espacial (p.ej. cerca, lejos, centro, dentro fuera,...), temporal (antes, después,...), magnitudes no numéricas (grande, mediano, pequeño,...), colores y formas geométricas. La puntuación total era el número de ensayos correctos obtenido.

Tarea de Comparación de Cantidades no Simbólicas. A los participantes se les presentaban estímulos en los que aparecían dos rectángulos, a ambos lados (izquierda-derecha) de un punto de fijación central en la pantalla de un ordenador, conteniendo diferentes cantidades de puntos circulares de color negro. El propósito de la tarea era decidir, lo más rápidamente posible en qué lado había más puntos, presionando para ello un botón del mismo lado del rectángulo con mayor cantidad. Los puntos estaban distribuidos de manera aleatoria dentro de cada una de las cajas y todos ellos tenían igual tamaño (50 px de diámetro). Se presentaron 42 ensayos en orden pseudoaleatorio, conteniendo comparaciones de pares de cantidades desde 1 a 7 puntos. En la mitad de los ensayos la cantidad mayor estaba en el lado izquierdo y en los restantes en el derecho. Todos los participantes completaron la tarea en el mismo orden de presentación y llevaron a cabo seis ensayos de práctica previamente.

Tarea de Comparación de Números Árabigos. En esta tarea, los participantes debían comparar pares de números árabigos, situados a ambos lados de un punto de fijación central en la pantalla del ordenador, presionando un botón situado en el mismo lado que el número mayor, de modo similar a la tarea anterior. Constaba de 42 ensayos, conteniendo las mismas cantidades que en la tarea anterior, siendo presentados en el mismo orden. La fuente seleccionada para la representación de los símbolos era de tipo manuscrito, siendo la misma que se emplea habitualmente en los materiales didácticos que emplean los participantes.

Procedimiento

Los participantes fueron evaluados individualmente en pequeñas salas próximas a sus aulas por dos estudiantes post-graduadas que fueron entrenadas para la evaluación y desconocían el objetivo del estudio. Previamente a realizar las tareas de comparación numérica en el ordenador los participantes llevaron a cabo una tarea de tiempo de reacción de dos alternativas de respuesta en la que debían presionar un botón situado en el mismo lado (izquierdo o derecho) en el que apareciese una estrella en la pantalla. La finalidad de esta tarea era familiarizar a los participantes con el modo de respuesta en las tareas posteriores, así como comprobar que eran capaces de ejecutar tareas de este tipo. Se presentaron 30 ensayos al cabo de los cuáles recibían refuerzo positivo por su actuación y se les explicaba el contenido de las tareas de comparación numérica. Para ello, se les enseñaba el propósito de las tareas (“dónde hay más”) mediante el uso de comparaciones de pares de colecciones de bloques plásticos (para la tarea no simbólica) y pares de números arábigos impresos en piezas de cartulina, asegurando que comprendiesen el objeto de cada prueba. Cada participante llevó a cabo las pruebas en tres sesiones diferentes, todos ellos en el mismo orden.

Tabla 1: Estadísticos descriptivos

	Media	Desv. Típica
CHEXI (puntuación directa media)		
<i>Memoria Operativa</i>	2,33	1,12
<i>Inhibición</i>	2,20	0,88
CSOT	6,89	1,71
<i>Go/No-go (errores de comisión)</i>	1,66	2,15
Comparación no simbólica de magnitudes		
<i>Precisión</i>	37,96	5,57
<i>Latencia de respuesta (msecs)</i>	1272,36	309,12
Comparación simbólica de magnitudes		
<i>Precisión</i>	27,53	13,23
<i>Latencia de respuesta (msecs)</i>	1532,89	421,40
Conceptos básicos	43,62	3,63

CHEXI: Childhood Executive Function Inventory; CSOT: Children Size Ordering Task

Resultados

Todos los participantes superaron el nivel de ejecución por azar. La Tabla 1 muestra las puntuaciones obtenidas en las diferentes pruebas. Como puede verse, la tarea de comparación de magnitudes de tipo simbólico (números arábigos) resultó más difícil para los participantes que la de magnitudes analógicas ya que se cometieron más errores (t para muestras relacionadas =5,608; $p<0,01$) y fue preciso mayor tiempo para alcanzar la respuesta correcta (t para muestras relacionadas=-5,066; $p<0,01$). La correlación en la ejecución entre ambas tareas fue moderada en la precisión de respuesta ($r=0,30$; $p<0,05$) y mayor para los tiempos de respuesta ($r=0,57$; $p<0,01$).

Por lo que respecta a la relación de las tareas utilizadas para evaluar las habilidades básicas de tipo matemático con las tareas de funcionamiento ejecutivo, se observa que tanto las tareas de comparación numérica como la de conceptos básicos aparecen significativamente correlacionadas con los resultados de la tarea de memoria operativa (CSOT) mientras que los resultados de la tarea de control inhibitorio (errores de comisión en la tarea Go/no-go) no mantienen correlación significativa con los resultados de la tarea de conceptos básicos ni con la de comparación simbólica. Sí existe relación significativa entre los resultados de control inhibitorio y los de la tarea de comparación simbólica, aunque ésta es menor que la que obtenida con la prueba memoria operativa (T_2 de Williams= 3,92; $p<0,01$).

Tabla 2. Correlaciones de Pearson

	M. Operativa (CHEXI)	Inhibición (CHEXI)	CSOT	Go/No-go	Conceptos Básicos (a)	Compar. No Simbólica (a)
Inhibición (CHEXI)	0,87**					
CSOT	-0,50**	-0,28				
Go/No-go	0,46**	0,46**	-0,22			
Conceptos Básicos	-0,41**	-0,28	0,54**	-0,16		
Compar. No Simbólica	-0,42**	-0,34*	0,35*	-0,11	0,41**	
Compar. Simbólica	-0,47**	-0,37*	0,48**	-0,31*	0,45**	0,53**

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

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

(a) Promedio de las puntuaciones estandarizadas de precisión y latencia de respuesta

Al analizar las correlaciones entre las valoraciones del funcionamiento ejecutivo con los resultados de las tareas llevadas a cabo un curso más tarde, encontramos importantes correlaciones (véase Tabla 2). La magnitud de las mismas está en la línea de lo esperable según el tipo de pruebas empleadas, siendo mayores aquéllas que teóricamente miden el mismo constructo que la correspondiente escala del CHEXI. No obstante, llama la atención el hecho de que la escala de memoria operativa del cuestionario tenga importante relación con los resultados de la prueba de control inhibitorio. Esto parece relacionarse con la alta correlación entre ambas escalas del CHEXI ($r=0,87$) mientras que la correlación entre ambas pruebas de FE es débil y no significativa. Asimismo, las valoraciones de la escala de memoria operativa del CHEXI también aparecen relacionadas con los resultados de las tres pruebas de habilidades matemáticas en valores similares a los obtenidos con la prueba CSOT, aunque las valoraciones del CHEXI habían sido realizadas un curso antes.

Para comprobar el valor predictivo de las medidas de funcionamiento ejecutivo sobre el desempeño en las tareas básicas de matemáticas, hemos llevado a cabo análisis de regresión múltiple jerárquica en el que hemos introducido como predictores, en un primer bloque las valoraciones del CHEXI, y en el segundo los resultados de las pruebas de ejecución. Los resultados indican que las medidas de funcionamiento de la memoria operativa predicen significativamente una parte de la varianza en las tres pruebas. De manera interesante, al emplear un modelo de pasos sucesivos, sólo las puntuaciones de la escala de memoria operativa del CHEXI fueron retenidas en el modelo para explicar los resultados de la prueba de comparación no simbólica. En las pruebas de comparación de tipo simbólico, ambas medidas de memoria operativa contribuyen significativamente en la explicación de los resultados, aunque en la prueba de conceptos básicos, al introducir los resultados de la prueba CSOT se aprecia que la contribución de la valoración del CHEXI deja de tener significación como predictor independiente.

Discusión

Hemos investigado la contribución que las valoraciones del funcionamiento ejecutivo en niños y niñas preescolares llevadas a cabo por sus profesoras tiene sobre su rendimiento en pruebas básicas relacionadas con su desempeño matemático, encontrando que la escala de memoria operativa mantiene un significativo valor predictivo, aun habiendo sido realizadas dichas valoraciones con una anterioridad de un curso escolar, y siendo comparable, en su efecto, al que ofrece una prueba de memoria operativa (CSOT) llevada a cabo al tiempo que la valoración de las habilidades matemáticas. Ambos tipos de medidas del funcionamiento ejecutivo, cuestionarios y pruebas de ejecución, mantuvieron correlaciones significativas entre sí de entidad similar a las que se habían encontrado en estudios previos con el CHEXI (Véase Thorell y Nyberg, 2008).

Tabla 3. Resumen de los análisis de regresión múltiple jerárquica

Variable dependiente	Paso	Variables predictoras	β^a	R^2 corregido del modelo	F
Comparaciones no simbólicas	1	CHEXI – Inhibición	0,12	0,16	$F(1,45)=9,51;$ $p<0,01$
		CHEXI – M. Operativa	-0,42		
	2	CHEXI – Inhibición	0,12		
		CHEXI – M. Operativa	-0,42		
Comparaciones simbólicas	1	CHEXI – Inhibición	-0,20	0,21	$F(1,45)=12,94;$ $p<0,01$
		CHEXI – M. Operativa	-0,47		
	2	CHEXI – Inhibición	-0,25		
		CHEXI – M. Operativa	-0,31		
Conceptos Básicos	1	CHEXI – Inhibición	0,33	0,15	$F(1,45)=9,05;$ $p<0,01$
		CHEXI – M. Operativa	-0,41		
	2	CHEXI – Inhibición	0,03		
		CHEXI – M. Operativa	-0,18		
		GO/No-go	0,02		
		CSOT	0,45	0,29	$F(2,44)= 10,37;$ $p<0,01$

^a Figuran en negrita los predictores incluidos en cada modelo.

Aunque se ha suscitado la duda de que los cuestionarios de valoración del funcionamiento ejecutivo sean en realidad medidas de las dificultades funcionales que el profesorado aprecia en su alumnado, más que de sus dificultades propiamente ejecutivas, los

resultados indican que, al menos para el alumnado de esta edad, las valoraciones del funcionamiento ejecutivo obtenidas mediante el CHEXI, pueden de hecho valorar dificultades en el funcionamiento escolar diario, pero lo hacen en la medida en que éstas están relacionadas con las habilidades ejecutivas. Aunque en la muestra investigada ambos factores constitutivos del CHEXI (memoria de trabajo e inhibición) tuvieron en efecto una alta correlación entre sí, no obstante es sólo el relacionado con la memoria operativa el que resulta significativamente predictor de la ejecución en las tareas de habilidades matemáticas estudiadas, y ello ocurre de modo similar a lo que sucede con la prueba de ejecución de memoria de trabajo como predictor de estas dificultades. Estos resultados respaldan, por lo tanto, la validez de constructo del cuestionario empleado. Asimismo, suponen un indicador de la estabilidad de las dificultades ejecutivas valoradas por el profesorado, en niños y niñas de corta edad en un momento en el que sus habilidades ejecutivas evolucionan de modo considerable (Diamond, 2006).

También hemos visto que la comparación de magnitudes, tanto en formato analógico como de tipo simbólico (números arábigos), parece estar relacionada en los niños y niñas de estas edades con sus habilidades de la memoria operativa, respaldando así los hallazgos recientes en estudios de neuroimagen que destacan el papel de los procesos prefrontales en estos tipos de tareas al contrario de lo que se había encontrado anteriormente en estudios con adultos (Ansari y Dhital, 2006; Ansari, Garcia, Lucas, Hamon y Dhital, 2005; Houdé, Rossi, Lubin y Joliot, 2010).

Finalmente, hemos obtenido respaldo a la validez predictiva de instrumentos de valoración de las FE, como es el CHEXI, para pronosticar a edades tempranas las dificultades académicas del alumnado, en este caso, las relacionadas con el aprendizaje matemático. Por ello, considerando la buena relación entre coste de aplicación y utilidad de los resultados

obtenidos, este tipo de cuestionarios aparecen como instrumentos útiles en la intervención psicopedagógica.

Referencias

- Ansari, D. y Dhital, B. (2006). Age-related Changes in the Activation of the Intraparietal Sulcus during Nonsymbolic Magnitude Processing: An Event-related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 18, 1820–1828.
- Barkley, R.A. (2011). *Deficits in Executive Functioning Scale (BDEFS)*. New York: Guilford Publications.
- Blair, C. y Razza, R. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 647–663.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 46, 3-18.
- Catale, C. Lejeune, C., Merbah, S. y Meulemans, T. (en prensa). French Adaptation of the Childhood Executive Function Inventory (CHEXI): Confirmatory Factor Analysis in a Sample of Young French-Speaking Belgian Children. *European Journal of Psychological Assessment*.
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28, 595-616.
- Cirino, P.T. (2011). The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 713–733.
- Clark, C.A.C., Pritchard, V. y Woodward, L.J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46, 1176–1191.
- Dehaene, S. y Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex* 33, 219–250.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., y Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. En: E. Bialystok y F.I.M. Craik (Eds), *Lifespan cognition. Mechanisms of change*. (pp.70–95). Oxford, UK: Oxford University Press
- Dowsett, S. M. y Livesey, D. J. (2000). The development of inhibitory control in preschool children: Effects of «executive skills» training. *Developmental Psychobiology*, 36, 161–174.
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M., Hamby, A. y Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 465–486.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., y Kenworthy, L. (2000). *Behavior rating inventory of executive function*. Odessa, Florida: Psychological Assessment Resources.
- Glutting, J.J., Kelly, M.S., Boehm, A.E., y Burnett, T.R. (1989). Stability and predictive validity of the Boehm Test of Basic Concepts-Revised among black kindergartener's. *Journal of School Psychology*, 27, 365-371.

- Houdé, O., Rossi, S., Lubin, A. and Joliot, M. (2010), Mapping numerical processing, reading, and executive functions in the developing brain: an fMRI meta-analysis of 52 studies including 842 children. *Developmental Science*, 13, 876–885.
- Kavale, K. (1982). A Comparison of Learning Disabled and Normal Children on the Boehm Test of Basic Concepts. *Journal of Learning Disabilities*, 15, 160-161.
- Kuehn- Howell, K. y Bracken, B.A. (1992). Clinical Utility of the Bracken basic Concept Scale as a Preschool Intellectual Screener: Comparison With the Stanford-Binet for African-American Children, *Journal of Clinical Child Psychology*, 21, 255-261.
- Landerl, K., Bevan, A. y Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8–9-year-old students. *Cognition*, 93, 99–125.
- Mahone, M.E., Cirino, P.T., Cutting, L.E., Cerrone, P.M., Hagelthorn, K.M., Hiemenz, J.R., et al. (2002). Validity of the behavior rating inventory of executive function in children with ADHD and/or Tourette syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17, 643–662.
- Mcauley, T., Chen, S., Goos, L., Schachar, R., y Crosbie, J. (2010). Is the behavior rating inventory of executive function more strongly associated with measures of impairment or executive function? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 495–505.
- McInerney, R.J., Hrabok, M. y Kerns, K.A. (2005). The Children’s Size-Ordering Task: A New Measure of Nonverbal Working Memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 735–745.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., y 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.
- Pennington, B.F. y Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathologies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry Annual Research Review*, 37, 51–87.
- Piaget, J. (1952). *The child's conception of number*. N. York: Norton.
- Romine, C.B. y Reynolds, C.R. (2005). A model of the development of frontal lobe function: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12, 190–201.
- Rousselle, L. y Noël, M.P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361–395.
- Solomon, O.K., Medin, L.D. y Lynch, E. (1999). Concepts do more than categorize, *Trends in Cognitive Science*, 3, 99-105.
- Stock, P., Desoete, A., y Roeyers, H. (2007). Early markers for arithmetic difficulties. *Educational & Child Psychology*, 24, 28-39.
- Thorell, L.B. y Nyberg, L. (2008). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A New Rating Instrument for Parents and Teachers. *Developmental Neuropsychology*, 33, 536–552.
- Thorell, L.B., Veleiro, A., Siu, A.F.Y. y Mohammadi, H. (2012). Examining the Relation between Ratings of Executive Functioning and Academic Achievement: Findings from a Cross-Cultural Study. *Child Neuropsychology*. Enviado para su publicación.
- Van der Ven, S.H.G., Kroesbergen, E.H., Boom, J., y Leseman, P.P.M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 100–119.