

Funcionamiento ejecutivo y motivación en niños de educación infantil con riesgo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas

M. Jesús Presentación-Herrero, Jessica Mercader-Ruiz, Rebeca Siegenthaler-Hierro, Inmaculada Fernández-Andrés, Ana Miranda-Casas

Introducción. La identificación temprana de los factores implicados en el desarrollo de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas es esencial para comprender su origen e intervenir con garantías de éxito. Este estudio analiza la capacidad del funcionamiento ejecutivo y de variables del sistema motivacional de creencias para diferenciar y clasificar a niños de educación infantil con y sin riesgo de dificultades en matemáticas.

Sujetos y métodos. Participaron 146 sujetos de tercer curso de educación infantil divididos en riesgo/no riesgo en función de la puntuación obtenida en los subtest de operaciones de la prueba TEDI-MATH. Se aplicaron tareas neuropsicológicas de memoria de trabajo (verbal y visuoespacial) e inhibición (con estímulos auditivos y visuales). Los profesores cumplimentaron un cuestionario de motivación de los niños hacia el aprendizaje.

Resultados y conclusiones. Se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en los factores de memoria de trabajo e inhibición-auditiva, así como en todas las variables de motivación. Los resultados muestran, igualmente, un poder de clasificación similar, con porcentajes superiores al 80%, de ambos grupos de variables. Se comentan las implicaciones para la práctica educativa de estos hallazgos.

Palabras clave. Dificultades de aprendizaje de las matemáticas. Educación infantil. Funcionamiento ejecutivo. Inhibición. Memoria de trabajo. Motivación.

Introducción

Según informes nacionales e internacionales [1], son muchos los estudiantes que experimentan dificultades de aprendizaje de las matemáticas (DAM). El extremo más grave se recoge en el *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, quinta edición* [2], como trastorno específico de aprendizaje con dificultad matemática, y se caracteriza por aparecer tempranamente, ser resistente a la instrucción y producir graves consecuencias personales, sociales y económicas [3]. La identificación de los factores implicados en el desarrollo de las DAM es esencial para comprender su origen e intervenir pronto y con garantías de éxito [4].

Los avances de la neurociencia señalan el importante papel que puede desempeñar el funcionamiento ejecutivo (FE) en los primeros aprendizajes matemáticos. Clark et al [5] encontraron que una medida compuesta de FE (planificación, flexibilidad e inhibición) a los 4 años clasificaba correctamente al 80% de los niños con bajo desempeño matemático. Ciertos componentes del FE son especialmente importantes. Toll et al [6], usando un diseño longitudinal, hallaron que, entre un conjunto de funcio-

nes ejecutivas, todas las tareas de memoria de trabajo (MT) predecían la pertenencia al grupo de estudiantes con DAM. Es más, la MT mostró un valor predictivo superior a las habilidades matemáticas básicas. Cuando se ha analizado por separado el peso concreto de cada componente de la MT, verbal y visuoespacial, aparecen resultados dispares relacionados, entre otros factores, con la naturaleza de las pruebas o las características de los niños evaluados [7,8].

La inhibición es otra función ejecutiva que desempeña un papel importante en la predicción del rendimiento inicial en matemáticas [6,9], superior incluso al que tiene la MT según algunos autores [10]. Un trabajo reciente [11] analiza la participación del FE en la discalculia y mantiene la hipótesis de interconexiones entre la inhibición y la sobrecarga en el procesamiento. Los participantes eran niños con discalculia de 9-10 años que cumplimentaron test de memoria, inhibición, atención y *subitizing*. Los autores concluyeron que la discalculia puede caracterizarse, junto con una alteración específica de la memoria visuoespacial a corto plazo, por un déficit en los procesos inhibitorios que desempeñan una actividad esencial en el FE central.

Departamento de Psicología Evolutiva, Educativa, Social y Metodología; Universitat Jaume I; Castellón (M.J. Presentación-Herrero, J. Mercader-Ruiz, R. Siegenthaler-Hierro). Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación; Universitat de València; Valencia, España (I. Fernández-Andrés, A. Miranda-Casas).

Correspondencia:

Dra. M. Jesús Presentación Herrero. Departamento de Psicología Evolutiva, Educativa, Social y Metodología. Universitat Jaume I. Campus del Riu Sec, s/n. E-12071 Castellón.

E-mail:

presenta@uji.es

Financiación:

Ministerio de Economía y Competitividad de España (EDU2012-37452) y Universitat Jaume I (beca predoctoral 21005-PREDOC/2013/34).

Declaración de intereses:

Las autoras declaran la inexistencia de conflictos de interés en relación con este artículo.

Aceptado tras revisión externa:

15.01.15.

Cómo citar este artículo:

Presentación-Herrero MJ, Mercader-Ruiz J, Siegenthaler-Hierro R, Fernández-Andrés I, Miranda-Casas A. Funcionamiento ejecutivo y motivación en niños de educación infantil con riesgo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. Rev Neurol 2015; 60 (Supl 1): S81-5.

© 2015 Revista de Neurología

Los enfoques actuales sobre el aprendizaje y las DAM reconocen la interrelación entre factores cognitivos, metacognitivos y afectivomotivacionales en el aprendizaje de las matemáticas [12]. El sistema de creencias y las actitudes que tengan los alumnos hacia las matemáticas podrían actuar facilitando o dificultando el aprendizaje. Sin embargo, son escasos los trabajos que han abordado la evaluación de variables del sistema motivacional en educación infantil. En un estudio longitudinal con niños de 3 años, Mokrova et al [13] encontraron que los niños más persistentes en la realización de una tarea difícil presentaban habilidades superiores en matemáticas dos años después. La preparación para la escuela en habilidades matemáticas tempranas y el rendimiento académico en preescolares se ha relacionado, igualmente, con los dominios de competencia percibida, actitud hacia el aprendizaje y orientación afectiva hacia la escuela [14,15].

Aunque se ha realizado un avance importante, se necesitan más estudios que profundicen en el conocimiento de los factores predictivos del rendimiento matemático en los primeros años y, más concretamente, de las dificultades tempranas en el aprendizaje de las matemáticas. Así, el objetivo fundamental de este estudio consiste en explorar la influencia del FE y la motivación sobre el rendimiento matemático en preescolares. Para ello, se plantean dos objetivos específicos:

- Analizar las diferencias en FE y variables del sistema motivacional de creencias entre niños con y sin riesgo de DAM de educación infantil.
- Analizar el poder de las variables de FE y motivación analizadas para la clasificación de los sujetos como pertenecientes al grupo de riesgo/no riesgo.

Sujetos y métodos

Participantes

En el presente estudio participaron 146 sujetos de tercer curso de educación infantil (53,4% de niños y 46,6% de niñas). Los participantes tenían una edad media de $70,13 \pm 3,58$ meses (rango: 5-6 años), y una media de cociente intelectual (CI) equivalente [16] de $101,15 \pm 11,77$ (rango: 70-126), obtenido mediante las subpruebas de vocabulario y cuadrados de la escala de inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria. Se excluyeron aquellos sujetos que presentaban un $CI \leq 70$, así como los niños cuyos informes escolares recogieran la presencia de deficiencias sensoriales, enfermedades neurológicas,

problemas psicológicos graves o privación sociocultural.

La muestra inicial de 209 sujetos se dividió en función de la puntuación obtenida en los subtest de operaciones aritméticas (con apoyo de imágenes, con enunciado aritmético y con enunciado verbal) de la prueba TEDI-MATH [17]. La suma de los aciertos en dichos subtest se convirtió en puntuaciones z . Todos los sujetos con una puntuación $z > 0$ fueron clasificados en el grupo control sin riesgo ($n = 120$). El grupo con riesgo de DAM ($n = 26$) estuvo conformado por aquellos sujetos que presentaban 1,5 desviaciones estándares por debajo de la media. Los sujetos que obtuvieron una puntuación z entre 0 y $-1,49$ fueron excluidos ($n = 63$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de riesgo y no riesgo en la variable CI ($t_{144} = 5,54$; $p < 0,001$), que se tuvieron en cuenta en los posteriores análisis.

Instrumentos

Tareas de funcionamiento ejecutivo

Para evaluar la inhibición a través de estímulos visuales se utilizó la prueba de Stroop sol-luna. Ante una lámina con soles y lunas, se pide a los sujetos que respondan 'sol' cuando el evaluador señale una luna, y 'luna' cuando marque un sol. Similar es la tarea de golpeteo con estímulos auditivos, en la que el niño debe realizar el número contrario de golpes que el evaluador da sobre la mesa (uno o dos). Para evaluar el componente visuoespacial de la MT se utilizó la prueba *odd-one-out*, en la que el niño debe recordar la localización de varias figuras diferentes en el orden correcto, señalando su posición (izquierda/centro/derecha). Asimismo, el test de memoria de laberintos, que consiste en trazar rutas en laberintos en blanco de acuerdo con un modelo previamente presentado. Para evaluar la MT verbal se utilizó una tarea de dígitos inversos, en la que el niño debe repetir en orden inverso la secuencia que el evaluador presenta oralmente. También el test de conteo, con cartas en las que aparecen puntos azules y amarillos. El sujeto debe decir el número de puntos azules de cada carta y recordarlos en el orden correcto una vez que ha concluido cada ensayo. En todos los casos, se utilizó como medida de referencia para los análisis el número de ensayos correctos [18].

Escala de conductas de aprendizaje en preescolar [19]

Esta escala de estimación para profesores contiene 29 ítems que se agrupan en tres subescalas: motivación-competencia, que abarca conductas relacionadas con la anticipación del éxito; atención-persistencia,

Tabla. Diferencias entre el grupo con riesgo de dificultades de aprendizaje de las matemáticas (DAM) y el grupo control en los factores de funcionamiento ejecutivo y variables motivacionales (media \pm desviación estándar).

	Riesgo de DAM (n = 26)	Controles (n = 120)	$F_{1,143}$	p	η^2_p	
Funcionamiento ejecutivo	Inhibición auditiva	-1,12 \pm 1,53	0,23 \pm 0,72	35,49	0	0,199
	Memoria de trabajo	-0,47 \pm 0,74	0,32 \pm 0,99	7,71	0,006	0,051
	Inhibición visual	-0,37 \pm 1,14	0,11 \pm 0,92	10,04	NS	
Motivación	Competencia-motivación	13,58 \pm 4,41	19,69 \pm 3,67	30,38	0	0,175
	Atención-persistencia	9,31 \pm 4,92	14,86 \pm 3,55	26,25	0	0,155
	Actitud hacia el aprendizaje	10,19 \pm 2,84	12,48 \pm 2,33	10,04	0,002	0,066

tencia, cuyos ítems se centran en la capacidad de persistir en una tarea hasta completarla; y actitud hacia el aprendizaje, que indica la voluntad de participar en actividades de aprendizaje. Se utilizó para los análisis la puntuación directa en cada una de las subescalas.

Procedimiento

Se obtuvo el permiso de los centros educativos y el consentimiento informado de los padres para realizar la investigación. La evaluación fue realizada por profesionales en aulas habilitadas por los centros escolares que reunían condiciones óptimas de iluminación, aislamiento y ventilación. Se realizaron dos sesiones individualizadas por sujeto, con una duración aproximada de 30 minutos cada una. El orden de aplicación de las pruebas fue aleatorio, para evitar sesgos en los resultados debidos al cansancio. Las escalas de estimación para los profesores se entregaron en sobres cerrados a los destinatarios y se retornaron a los experimentadores.

Análisis estadísticos

Los análisis se llevaron a cabo con el programa SPSS 21. Se realizó un análisis factorial con las tareas neuropsicológicas a través del método de componentes principales. Se obtuvo la solución final a través del método de rotación ortogonal varimax (saturación \geq 0,45) con tres factores: MT, que agrupa las tareas de dígitos, conteo, *odd-one-out* y laberintos; inhibición visual, con la tarea de Stroop, e inhibición auditiva, con la tarea de golpeteo. Para estimar las diferencias en las variables de FE y motivación, se realizaron análisis multivariados de la co-

varianza (MANCOVA), introduciendo el CI como covariable entre los dos grupos. Para analizar el poder de discriminación que poseen los factores ejecutivos y las variables de motivación sobre la pertenencia al grupo de riesgo/no riesgo de DAM, se realizaron dos análisis discriminantes diferenciados.

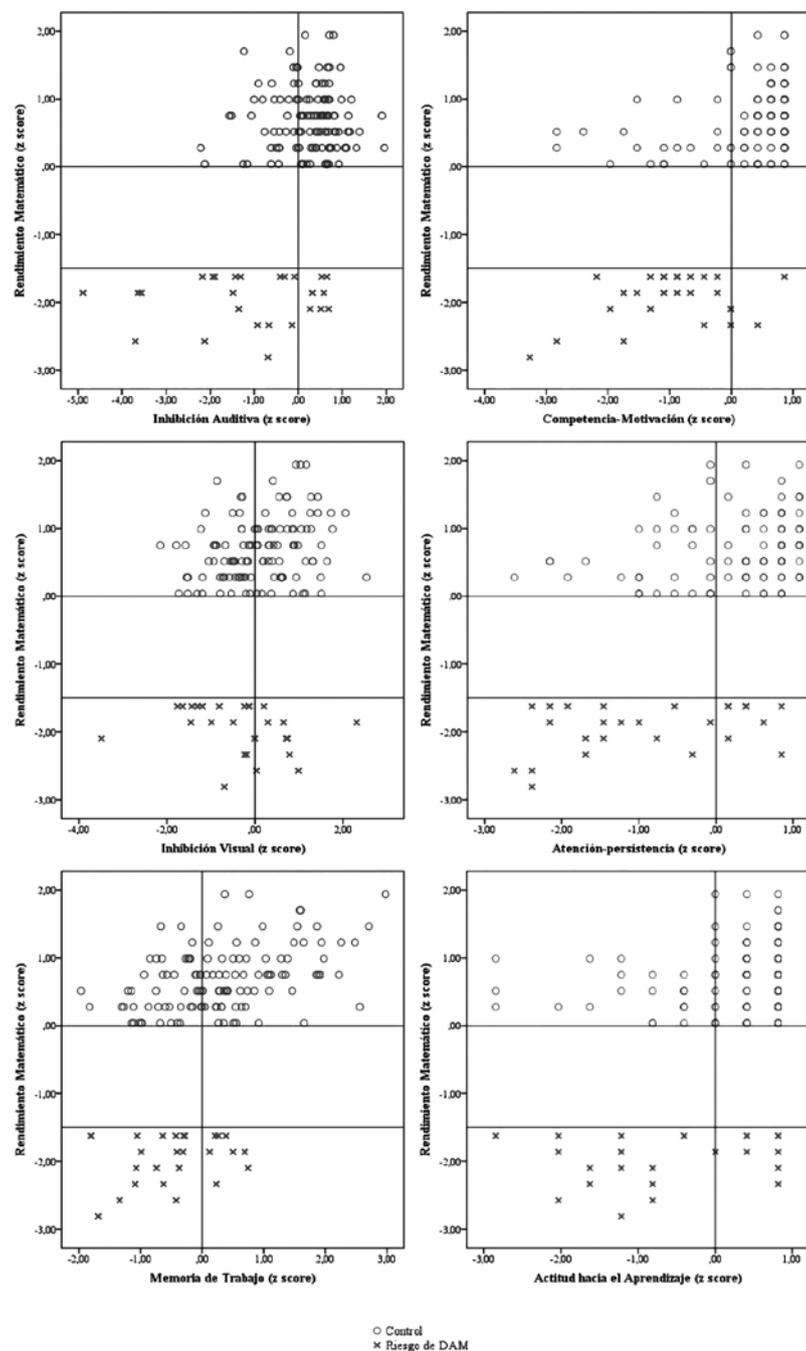
Resultados

El efecto principal de grupo de los análisis MANCOVA fue significativo en ambos casos (FE: λ de Wilks = 0,72; $F_{3,141} = 18,21$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,257$. Motivación: λ de Wilks = 0,81; $F_{3,141} = 10,73$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,186$). Los resultados de los ANCOVA de confirmación se recogen en la tabla.

En el caso de los factores de FE, la función discriminante evidenció una asociación significativa entre los grupos y todos los predictores (λ de Wilks = 0,64; $\chi^2 = 63,6$; g.l. = 3; $p < 0,001$) (Figura). El análisis más detallado de la matriz de estructura mostró un poder discriminante superior del factor inhibición auditiva (carga discriminante: 0,758) sobre los factores de MT (carga discriminante: 0,426) e inhibición visual (carga discriminante: 0,252). El 82,9% de los casos se clasificó correctamente de acuerdo con el método de validación cruzada.

En cuanto a las variables motivacionales, la función discriminante mostró una asociación significativa entre los grupos y todos los predictores (λ de Wilks = 0,715; $\chi^2 = 47,8$; g.l. = 3; $p < 0,001$) (Figura). El análisis más detallado de la matriz de estructura mostró un poder discriminante superior de la variable competencia-motivación (carga discriminante: 0,978) sobre las variables atención-persistencia (carga discriminante: 0,884) y actitud hacia el apren-

Figura. Dispersión de los grupos con riesgo de dificultades de aprendizaje de las matemáticas y control en las variables de funcionamiento ejecutivo y motivación.



dizaje (carga discriminante: 0,575). El 82,2% de los casos se clasificó correctamente de acuerdo con el método de validación cruzada.

Discusión

El primer objetivo de este estudio fue analizar las diferencias en variables de FE y del sistema motivacional entre dos grupos de niños de educación infantil, con y sin riesgo de DAM. De acuerdo con los resultados, se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en el factor de MT, compuesto por test de memoria verbal y visuoespacial. Se respalda así, una vez más, la línea de investigación que demuestra la influencia de los déficits en la MT en las dificultades de aprendizaje matemático [20].

Los niños del grupo con riesgo eran también más vulnerables a cometer fallos en la inhibición, que afectaban a la tarea de modalidad auditiva, mientras que las diferencias no se apreciaron en la tarea visual. Esta disparidad podría explicarse por las características de mayor exigencia de la prueba de inhibición auditiva utilizada, a saber, aparición secuencial de los estímulos, procesamiento numérico, mayor exigencia de MT, respuesta motora y ausencia de *feedback*. En resumen, se corrobora la relación del rendimiento matemático en preescolares tanto con la inhibición como con la MT [6,9,10]. Aunque sea necesario comprobarlo en futuros trabajos, es plausible que, como se sugiere en un reciente metaanálisis [21], los déficits en MT e inhibición detectados en el grupo de niños con riesgo estén interconectados, de manera que el fracaso en la inhibición puede haber provocado el fallo en la memoria. Por otra parte, en la línea de otros trabajos, todas las variables motivacionales diferenciaron de forma significativa entre los niños con y sin riesgo de DAM [13-15].

El segundo objetivo trató de estimar el poder de clasificación como perteneciente al grupo de riesgo/no riesgo de las variables de FE y motivación analizadas. Los resultados muestran un poder similar de ambos grupos de variables, con porcentajes de clasificación superiores al 80%. La capacidad equivalente para clasificar entre niños con y sin riesgo de DAM no es compartida por el trabajo de Reimann et al [22], con niños más mayores, que destaca la relevancia del FE. Esta discrepancia podría relacionarse con los diferentes informantes (profesor frente a evaluador) o constructos motivacionales analizados (motivación intrínseca frente a competencia). Podría sugerir también un peso de las variables motivacionales sobre el rendimiento matemático superior en los primeros años, hipótesis que sería interesante analizar en futuras investigaciones.

Además del número reducido de sujetos en el grupo con riesgo, como limitaciones de este trabajo hay que mencionar la ausencia de otras variables

personales (FE, motivación, etc.) y contextuales relacionadas. Entre las implicaciones prácticas, cabe resaltar que tanto los test de inhibición y MT como los cuestionarios de motivación pueden ser instrumentos muy útiles para detectar déficits y ayudar a prevenir DAM posteriores. También es recomendable implementar intervenciones que contemplen el entrenamiento en FE dentro del currículo, como el programa *Tools of the Mind* para preescolares [23]. En el contexto escolar, la planificación sistemática y rigurosa de las situaciones de aprendizaje, junto con actividades con sentido, que supongan un reto y tengan un resultado exitoso, generará sentimientos positivos y motivación intrínseca para aprender.

Bibliografía

1. OCDE. PISA: Programme for International Student Assessment. En Sistema Estatal de Indicadores de la Educación. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2012.
2. Asociación Americana de Psiquiatría. Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM 5. Arlington, VA: Asociación Americana de Psiquiatría; 2013.
3. Chu FW, Van Marle K, Geary DC. Quantitative deficits of preschool children at risk for mathematical learning disability. *Front Psychol* 2013; 4: 195.
4. Millá MG. Atención temprana de las dificultades de aprendizaje. *Rev Neurol* 2006; 42 (Supl 2): S153-6.
5. Clark CA, Pritchard VE, Woodward LJ. Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Dev Psychol* 2010; 46: 1176-91.
6. Toll SW, Van der Ven SH, Kroesbergen EH, Van Luit JE. Executive functions as predictors of math learning disabilities. *J Learn Disabil* 2011; 44: 521-32.
7. Gunderson EA, Ramirez G, Beilock SL, Levine SC. The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. *Dev Psychol* 2012; 48: 1229-41.
8. Li Y, Geary DC. Developmental gains in visuospatial memory predict gains in mathematics achievement. *PLoS One* 2013; 8: e70160.
9. Blair C, Razza RP. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev* 2007; 78: 647-66.
10. Espy KA, McDiarmid MM, Cwik MF, Stalets MM, Hamby A, Senn TE. The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Dev Neuropsychol* 2004; 26: 465-86.
11. Szucs D, Devine A, Soltesz F, Nobes A, Gabriel F. Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex* 2013; 49: 2674-88.
12. Miranda A, Acosta G, Tárraga R, Fernández I, Rosel J. Nuevas tendencias en la evaluación de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas. El papel de la metacognición. *Rev Neurol* 2005; 40 (Supl 1): S97-102.
13. Mokrova IL, O'Brien M, Clakins SD, Leerkes EM, Marcovitch S. The role of persistence at preschool age in academic skills at kindergarten. *Eur J Psychol Educ* 2013; 28: 1495-503.
14. Daniels DH. Children's affective orientations in preschool and their initial adjustment to kindergarten. *Psychol Sch* 2014; 51: 256-72.
15. Fantuzzo J, Bulotsky-Shearer R, McDermott P, McWayne C, Frye D. Investigation of dimensions of social-emotional classroom behavior and school readiness for low-income urban preschool children. University of Pennsylvania Scholarly Commons: GSE Publications; 2007.
16. Spreen O, Strauss, E. A compendium of neuropsychological tests: administration, norms and commentary. New York: Oxford University Press; 1991.
17. Grégoire, J, Noël MP, Van Nieuwenhoven C. TEDI-MATH; Test para el diagnóstico de las competencias básicas en matemáticas. Madrid: TEA Ediciones; 2005.
18. Presentación MJ, Siegenthaler R, Pinto V, Mercader J, Miranda A. Math skills and executive functioning in preschool: clinical and ecological evaluation. *Revista de Psicodidáctica* 2015; 20: 65-82.
19. McDermott PA, Green LE, Francis JM, Stott DH. Escala de conductas de aprendizaje en preescolar. Philadelphia: Edumatic & Clinical Science; 2000.
20. Swanson HL, Jerman O. Math disabilities: a selective meta-analysis of the literature. *Rev Educ Res* 2006; 76: 249-74.
21. Peng P, Fuchs D. A meta-analysis of working memory deficits in children with learning difficulties: Is there a difference between verbal domain and numerical domain? *J Learn Disabil* 2014; Feb 18. [Epub ahead of print].
22. Reimann G, Stoecklin M, Lavalley K, Gut J, Frischknecht MC, Grob A. Cognitive and motivational profile shape predicts mathematical skills over and above profile level. *Psychol Sch* 2013; 50: 37-56.
23. Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science* 2011; 333: 959-64.

Executive functioning and motivation in preschool children at risk for learning difficulties in mathematics

Introduction. Early identification of the factors involved in the development of learning difficulties in mathematics is essential to be able to understand their origin and implement successful interventions. This study analyses the capacity of executive functioning and of variables from the motivational belief system to differentiate and classify preschool children with and without risk of having difficulties in mathematics.

Subjects and methods. A total of 146 subjects from the third year of preschool education took part in the study, divided into risk/no risk according to the score obtained on the operations subtest of the TEDI-MATH test. Working memory (verbal and visuospatial) and inhibition (with auditory and visual stimuli) neuropsychological tasks were applied. Teachers filled in a questionnaire on the children's motivation with regard to learning.

Results and conclusions. Significant differences were found between the two groups on the working memory and inhibition-auditory factors, as well as on all the motivation variables. The results also show a similar power of classification, with percentages above 80%, for both groups of variables. The implications of these findings for educational practice are discussed.

Key words. Executive functioning. Inhibition. Learning difficulties in mathematics. Motivation. Preschool education. Working memory.