

Correlatos electrofisiológicos de la lectura en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad

Pedro A. González-Pérez, Sergio Hernández-Expósito, Johanna Pérez, Gustavo Ramírez, Alberto Domínguez

Objetivos. Investigar si los déficits en las funciones ejecutivas en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH) afectan a su comprensión lectora e identificar un potencial marcador biológico de este endofenotipo neuropsicológico a través de potenciales relacionados con eventos. Específicamente, hipotetizar si las diferencias en memoria de trabajo e inhibición mantienen una asociación fenotípica con la comprensión lectora en el TDAH.

Sujetos y métodos. La muestra estuvo constituida por 52 niños con TDAH (8-13 años) divididos en dos grupos según la presencia (TDAH-; $n = 27$; percentil < 30) o ausencia (TDAH+; $n = 25$; percentil > 50) de déficit en comprensión lectora y un grupo control ($n = 27$). Se evaluaron las funciones ejecutivas y se realizó un experimento de potenciales relacionados con eventos en el que se presentaron oraciones anafóricas de diferentes longitudes, y se registraron los potenciales relacionados con eventos en el último adjetivo de la oración que requiere acuerdo de género.

Resultados. Se encontró una relación entre memoria de trabajo e inhibición con el rendimiento en comprensión lectora. Mientras que los grupos de TDAH+ y control mostraron signos de detección de no concordancia sintáctica a los 100 ms, el grupo de TDAH- no activó la memoria de trabajo hasta los 250 ms.

Conclusiones. La lentitud en la puesta en marcha de los mecanismos de memoria de trabajo nos ayuda a entender los déficits en comprensión lectora del grupo de TDAH-.

Palabras clave. Comprensión lectora. Concordancia de género. Funciones ejecutivas. Memoria de trabajo. Neuropsicología infantil. Potenciales relacionados con eventos. TDAH. Violación de género gramatical.

Introducción

El trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos del neurodesarrollo más frecuentemente diagnosticados en la infancia [1]. El perfil clínico y patológico del TDAH presenta déficits en las funciones ejecutivas y ocasionalmente en la lectura [2]. Las funciones ejecutivas influyen sobre la comprensión lectora [3,4] y contribuyen a la construcción de inferencias y modelos mentales (abstracción), mantenimiento de estructuras previas (memoria de trabajo), integración de ideas (flexibilidad cognitiva) y eliminación de información irrelevante (inhibición). La memoria de trabajo, en particular, es esencial para leer oraciones, porque los sintagmas nominales y verbales tienden a estar separados y deben ponerse en relación con el orden apropiado para que aquéllas se comprendan. Éste es el caso, por ejemplo, de frases anafóricas, en las cuales el género de un sujeto y su pronombre son las únicas pistas para lograr su concordancia y, por lo tanto, su adjunción sintáctica [5,6]. La falta de concordancia de género o número en las oraciones anafóricas afecta a ciertos componentes

del registro electrofisiológico, como la negatividad anterior izquierda temprana (ELAN), la negatividad anterior izquierda (LAN) y P600. La ELAN es una negatividad temprana que surge 200 ms después de la presentación del estímulo, mientras que la LAN se desarrolla desde los 350 ms a los 550 ms. Ambos componentes tienen una distribución frontal izquierda o frontocentral [7,8] y se han interpretado como representativos del análisis sintáctico inicial de las oraciones que utiliza información léxica. P600, por el contrario, es un componente posterior que se desarrolla entre los 500 y 900 ms, que también es causado por la no concordancia sintáctica, pero refleja procesos que se han denominado de *garden path*, es decir, procesos de reanálisis sintáctico que permiten reparar adjunciones incorrectas que acaban de ser leídas [7-10].

Brandeis et al [11] observaron que el pico máximo de N400 en oraciones no plausibles aparecía retrasado en niños con dislexia, y Helenius et al [12] identificaron un retraso similar en adultos con esta alteración. Rispens et al [13] también encontraron un retraso de P600 en respuesta a las violaciones de concordancia en un grupo de disléxicos, y Sabisch

Departamento de Psicología Clínica, Psicobiología y Metodología, Sección Psicología y Logopedia, Facultad de Ciencias de la Salud (P.A. González-Pérez, S. Hernández-Expósito, G. Ramírez); Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional, Sección Psicología y Logopedia, Facultad de Ciencias de la Salud (A. Domínguez); Instituto Universitario de Neurociencia, IUNE (P.A. González-Pérez, S. Hernández-Expósito, A. Domínguez); Universidad de La Laguna; Santa Cruz de Tenerife, España. Centro de Neurociencias de Cuba; La Habana, Cuba (J. Pérez).

Correspondencia:

Dr. Sergio Hernández Expósito. Facultad de Psicología. Campus de Guajara. Universidad de La Laguna. E-38205 Santa Cruz de Tenerife.

E-mail:

sexposit@ull.edu.es

Financiación:

Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España (PSI2010-15184 y PSI2013-47959) y Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias, a través de su Plan de Formación de Personal Investigador otorgado a P.A.G.P.

Aceptado tras revisión externa: 17.01.18.

Cómo citar este artículo:

González-Pérez PA, Hernández-Expósito S, Pérez J, Ramírez G, Domínguez A. Correlatos electrofisiológicos de la lectura en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. Rev Neurol 2018; 66: 175-81.

English version available at www.neurologia.com

© 2018 Revista de Neurología

Tabla I. Medias y desviación estándar (DE) de la edad cronológica en meses y cociente intelectual. Una *F* no significativa para la edad cronológica no muestra diferencias en la edad cronológica entre los grupos, mientras que una *F* significativa para un cociente intelectual muestra que el grupo de control es significativamente más inteligente que los dos grupos de trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH).

	TDAH-		TDAH+		Control		<i>F</i>	<i>p</i>
	Media	DE	Media	DE	Media	DE		
Edad cronológica	121,44	20,68	126,80	20,81	128,96	16,39	1,075	0,346
Cociente intelectual	100,59	10,68	102,32	10,86	118,41	7,63	26,813	0,001

Tabla II. Tareas que presentan diferencias significativas entre los tres grupos en los análisis multivariantes de covarianza. La memoria de trabajo y la inhibición son, entre otros, factores importantes en un análisis discriminante posterior.

	Variable	<i>F</i> ₍₁₎	<i>p</i>	<i>F</i> ₍₂₎	<i>p</i>
Atención	CPT-omisiones	5,722	0,005	3,351	0,040
	CPT-variabilidad	4,788	0,011	3,842	0,026
Velocidad de procesamiento	CPT-tiempo de reacción	8,902	0,001	4,915	0,010
Memoria de trabajo	Memoria de frases	20,575	0,001	7,934	0,001
	Span verbal inverso	9,502	0,001	3,758	0,028
Flexibilidad cognitiva	CPT-perseveraciones	4,253	0,018	3,147	0,049
	WCST-errores perseverativos	5,603	0,005	3,452	0,037
	WCST-respuestas perseverativas	3,902	0,024	2,699	0,074
Abstracción y formación de conceptos	WCST-categorías	13,264	0,001	5,626	0,005
Inhibición	Stroop palabra-color	15,801	0,001	8,702	0,001

CPT: tarea de ejecución continua; WCST: test de clasificación de tarjetas de Wisconsin. *F*₍₁₎ es la varianza antes de incluir el factor de cociente de inteligencia y *F*₍₂₎ es la varianza después de la inclusión.

et al [14] demostraron que la ELAN se retrasó hasta 300-600 ms en niños disléxicos, e incluso más aún, hasta 700-1000 ms, en niños diagnosticados con trastorno específico del lenguaje. Además, vieron una N400 con una amplitud mayor y más distribuida espacialmente, que revelaba un intento de resolver la incongruencia sintáctica con el uso de información léxico-semántica, para evitar la carga de memoria de trabajo requerida por las operaciones de concordancia.

El objetivo de este estudio es observar, utilizando medidas de potenciales relacionados con eventos, los correlatos electrofisiológicos de algunas funcio-

nes ejecutivas requeridas para leer una oración, como la memoria de trabajo o los procesos inhibitorios (requeridos para la desactivación de información no relevante) en niños con déficit ejecutivo.

Se comparó un grupo de niños con TDAH con déficits en comprensión lectora con un grupo de niños con TDAH sin déficits en comprensión lectora y un grupo control sano, mediante una tarea en la que los participantes leyeron una oración que incluía una violación de la concordancia de género. Específicamente, tratamos de identificar si existen predictores cognitivos específicos para las dificultades de comprensión lectora en niños con TDAH. Los tres grupos se establecieron aplicando criterios diagnósticos para TDAH, tareas de comprensión lectora, pruebas neuropsicológicas y escalas de inteligencia.

Sujetos y métodos

Participantes

Para la selección de la muestra utilizamos los criterios diagnósticos del *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, cuarta edición, texto revisado* [15], para el TDAH, y ausencia de sintomatología para los participantes asignados al grupo control. Para este propósito, padres y profesores cumplimentaron la *ADHD Rating Scale IV: Home Version* [16], el *Strengths and Difficulties Questionnaire* [17], y escalas de historia familiar y de salud [18]. Un psiquiatra especialista en evaluación infantil llevó a cabo la identificación de los niños que cumplían los criterios de TDAH. Todos los participantes debían tener un cociente intelectual de 85 o más, según la versión española de las escalas de Cattell [19]. Se excluyó a los niños con un trastorno neurológico o psicopatológico diferente del TDAH. Todos los niños tenían entre 8 y 13 años. La muestra también se clasificó según su capacidad para comprender textos evaluada con las pruebas PROLEC y PROLEC-SE [20,21]. Se consideraron buenos comprendedores o 'normales' quienes tenían una comprensión lectora superior al percentil 50 y comprendedores poco eficientemente o 'pobres' comprendedores quienes tenían un percentil menor de 35 en estas tareas. Se formaron tres grupos de niños: TDAH+, comprensión lectora normal (percentil > 50): 25 participantes; TDAH-, comprensión lectora pobre (percentil < 35): 27 participantes; y controles, comprensión lectora normal (percentil > 50): 27 participantes. La edad y el cociente intelectual se muestran en la tabla I.

Un segundo paso destinado a la selección de la función ejecutiva de interés fue aislar el efecto modulador de la inteligencia. Para este propósito, se introdujo la inteligencia como covariable en un MANCOVA, junto con las medidas neuropsicológicas, para identificar cuál de éstas era significativa en la diferenciación entre los grupos (Tabla II). Luego se realizó un análisis discriminante con las variables significativas mostradas en la tabla II, donde se obtuvieron dos funciones: la primera mostró diferencias entre los controles y los dos grupos patológicos, y la segunda presentó diferencias significativas entre los grupos de TDAH+, comprensión lectora normal, y de TDAH-, comprensión lectora deficiente ($F_1 = 0,615$). Los análisis individuales de los datos de estos dos grupos mostraron que difieren en las capacidades de inhibición y memoria de trabajo, entre otras; éstas, por lo tanto, fueron las variables manipuladas en una tarea experimental de decisión léxica. Este experimento de potenciales relacionados con eventos fue completado por una muestra de 23 participantes con TDAH-, 18 participantes con TDAH+ y 25 controles, después de realizar algunas exclusiones de participantes debido al ruido excesivo en el registro electroencefalo-gráfico (EEG), el abandono de la tarea o la deserción de los participantes (Tabla II).

Diseño y procedimiento

Se implementó un diseño 2×2 con las variables longitud (oraciones cortas frente a largas) por concordancia (oraciones concordantes frente a no concordantes). Todas las oraciones incluían una primera persona que realizaba una acción con una segunda persona ('Pedro besó a María'), y luego una anáfora pronominal seguida de un verbo y un adjetivo que se refería al primer personaje ('él se fue contento'). Las oraciones largas incluían tres palabras entre el segundo verbo y el adjetivo ('por la calle'), y las oraciones no concordantes sustituían el sufijo de género del adjetivo que concordaba con la anáfora ('él') y el sujeto 'Pedro' por el género opuesto ('él se fue contenta'). Se elaboraron 120 oraciones con cuatro versiones (oraciones cortas frente a largas; concordantes frente a no concordantes) de cada una. Las oraciones incluían nombres de animales, nombres propios y profesiones, se contraequilibraban según las condiciones y se presentaban en orden aleatorio. El procedimiento comenzaba con la presentación de un asterisco en el centro de la pantalla durante 500 ms como punto de fijación. A continuación, la primera parte de la oración 'Pedro besó a María' aparecía en la pantalla y permanecía durante 1.200 ms, después

Tabla III. Factores significativos e interacciones en los periodos de 100-250 ms.

	gl	F	p	η_p^2	Potencia	
Longitud \times acuerdo \times grupo	2,63	4,11	0,021	0,116	0,709	
Acuerdo \times región \times grupo	2,63	3,511	0,036	0,100	0,635	
Anterior	Longitud \times acuerdo en el TDAH+	1,16	6,99	0,018	0,304	0,699
	Acuerdo en frases largas en el TDAH+	1,16	7,16	0,017	0,309	0,710
	Longitud en el control	1,27	5,36	0,028	0,166	0,608
Posterior	Acuerdo \times grupo	2,64	3,40	0,039	0,096	0,620
	Longitud \times electrodo \times grupo	38,1216	2,01	0,040	0,059	0,845
	Acuerdo en el TDAH-	1,20	3,98	0,060	0,166	0,476
	Acuerdo \times electrodo en el control	19,532	2,75	0,050	0,839	0,761
	Longitud \times electrodo en el control	19,5322	2,92	0,027	0,094	0,751

η_p^2 : eta cuadrado parcial, tamaño del efecto; F: varianza; gl: grados de libertad; p: probabilidad; TDAH: trastorno por déficit de atención/hiperactividad.

de lo cual se presentaba el pronombre anafórico durante 1.000 ms, seguido por las tres palabras de relleno si la oración se presentaba en la versión larga. Finalmente, el adjetivo que mostraba concordancia o no concordancia con el pronombre aparecía durante 1.500 ms. También se presentaron 10 preguntas, mostradas al azar durante el desarrollo del experimento, con el objetivo de mantener la atención de los participantes. Éstos debían responder presionando las teclas sí/no. Cada pregunta se refería a la última oración presentada. Durante el experimento, los participantes permanecieron cómodamente sentados en una habitación insonorizada a una distancia de 60 cm de la pantalla. El experimento se llevó a cabo en dos bloques de 60 oraciones cada uno, con un descanso aproximadamente a la mitad de la tarea. Esta pausa fue anunciada por la palabra 'descanso' en la pantalla. Presionando una tecla se reiniciaba el experimento. Los estímulos se presentaron en una pantalla de ordenador de 24 pulgadas con caracteres blancos en una fuente Courier de 28 puntos sobre fondo negro, usando el programa Presentation v. 16.2 (Neurobehavioral Systems).

Registro y preprocesado

Las señales EEG y electrooculográficas (EOG) se registraron usando 64 electrodos de Ag/AgCl montados en un gorro elástico de acuerdo con el siste-

Figura 1. Contraste entre oraciones de acuerdo (línea negra) y desacuerdo (línea roja) en los electrodos anteriores (electrodos AF3 y F5) y posteriores (electrodos POz y P2) para los grupos de TDAH-, de TDAH+ y control. Las líneas verticales muestran los límites entre las ventanas analizadas.

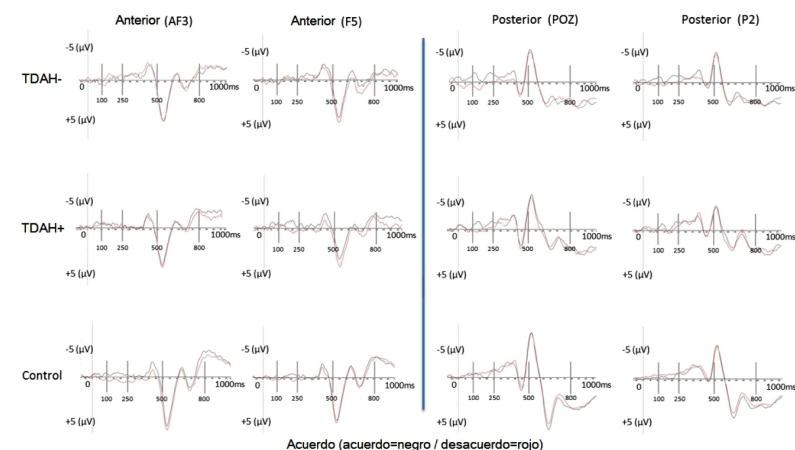
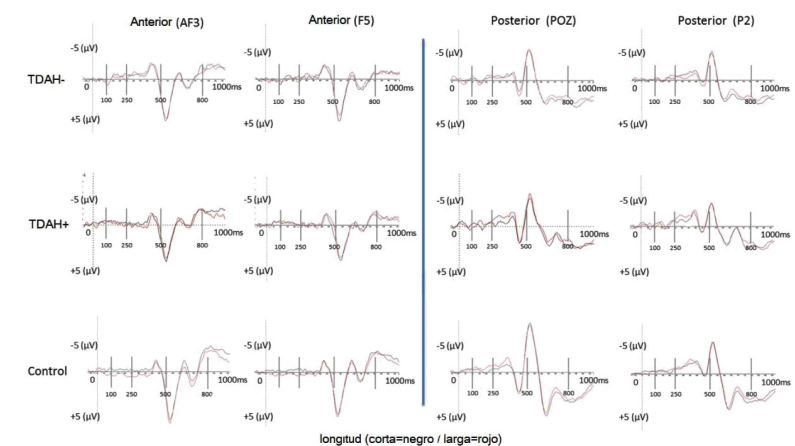


Figura 2. Contraste entre oraciones cortas (línea negra) y largas (línea roja) en los electrodos anteriores (electrodos AF3 y F5) y posteriores (electrodos POz y P2) para los grupos de TDAH-, de TDAH+ y control. Las líneas verticales muestran los límites entre las ventanas analizadas.



ma 10/20. Se tomó una referencia cefálica (todos los electrodos se referenciaron al vértice) y se colocaron otros dos electrodos en los huesos mastoides. La señal EEG se volvió a referenciar fuera de línea a la actividad media en estos dos electrodos mastoides, de acuerdo con el montaje más comúnmente utilizado para evaluar los componentes N400 y LPC. Para controlar los movimientos oculares y los parpadeos, se colocaron electrodos adicionales en el canto externo de ambos ojos y en los cantos in-

fraorbital y supraorbital izquierdos. La impedancia entre electrodos se mantuvo por debajo de 10 kΩ. Las señales EEG y EOG se amplificaron y digitalizaron a una frecuencia de muestreo de 500 Hz utilizando un amplificador SynAmps2. Los filtros de paso alto y bajo se establecieron a 0,05 y 100 Hz, respectivamente. Se aplicó un filtro Notch de 50 Hz adicional. El preprocesado de datos EEG se realizó utilizando Brain Vision Analyzer (Brain Products, Múnich, Alemania). Los datos EEG entre -100 y 1.000 ms después del inicio del estímulo fueron extraídos y sometidos al siguiente procedimiento de rechazo de artefactos: primero, los períodos que mostraban valores de amplitud que exceden ± 70 μV en canales EOG verticales y horizontales se eliminaron automáticamente. Además, se llevó a cabo una limpieza manual para garantizar la eliminación completa de todos los artefactos. Los potenciales relacionados con eventos se calcularon promediando los períodos restantes por sujeto y condición. La corrección basal se llevó a cabo utilizando el período de 100 ms anterior al inicio del estímulo.

Análisis estadístico

Se seleccionaron tres ventanas temporales atendiendo a los componentes principales afectados por este tipo de manipulación: 100-250, 250-500 y 500-800 ms. Los análisis incluyeron la longitud de la oración, la concordancia de género y los electrodos como factores intraparticipantes, y el grupo como factor entre participantes. El factor anteroposterior se introdujo en un análisis posterior, cuando se observó que los electrodos de este eje interactuaron con algunas de las otras variables. Este factor incluía dos niveles: electrodos anteriores (Fp1, Fpz, Fp2, AF3, AF4, F7, F5, F3, F1, Fz, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz y FC2) y electrodos posteriores (TP8, P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO5, PO3, POz, PO4, PO6, PO8, O1, Oz y O2). No se observaron efectos de lateralidad, por lo que las diferencias entre izquierda y derecha no se muestran. Se aplicó la corrección Greenhouse-Geisser cuando una variable interactuó con los electrodos o cuando se llevó a cabo un análisis estadístico derivado de este tipo de interacción, esto es, cuando podía dar heterogeneidad.

Resultados

Ventana de 100-250 ms

La tabla III muestra los factores significativos halla-

dos en esta ventana temprana. Los efectos aparecen modulados por el grupo y el eje anteroposterior.

El grupo de TDAH+ muestra un efecto de concordancia anterior significativo en las oraciones largas, y la onda para las oraciones no concordantes es más positiva. El grupo de TDAH- muestra sólo un efecto posterior marginal, y el grupo de control muestra un efecto significativo tanto de la longitud de la oración, en los electrodos anteriores y posteriores, como de la concordancia, sólo en los electrodos posteriores (Figs. 1 y 2).

Ventana de 250-500 ms

Todos los grupos muestran el efecto de la longitud en las regiones anterior y posterior (Tabla IV), pero la interacción con el factor grupo en la región anterior muestra un impacto diferente de esta variable para los grupos patológicos, que presentan diferencias más importantes entre frases cortas y largas que el grupo control (Figs. 1 y 2).

Ventana de 500-800 ms

Los efectos de la longitud siguen siendo significativos en esta ventana para los tres grupos y todas las regiones (Tabla V; Figs. 1 y 2). El factor concordancia, sin embargo, introduce solo pequeñas diferencias en los electrodos posteriores para los grupos de TDAH+ y de TDAH-, y ninguno para el control.

Discusión

Los análisis neuropsicológicos revelaron un patrón de habilidades deficitario en los niños con TDAH (Tabla II), en particular la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo y la capacidad de abstracción [22]. Estos recursos cognitivos son necesarios para que las oraciones empleadas en el experimento se comprendan de manera eficiente. Los resultados del análisis electrofisiológico indican que en la ventana temprana, entre los 100-250 ms, el grupo de TDAH- sólo mostró una tendencia hacia la significación en la variable concordancia, pero no diferencias con respecto a la longitud. Sin embargo, el grupo de TDAH+, que se caracteriza por una comprensión lectora normal, presentó diferencias tanto en la concordancia como en la longitud. Mientras, los niños del grupo control presentaron una significación similar en las variables principales a la mostrada por los niños con TDAH+, aunque más importante en las regiones anterior y posterior. Estos resultados indican que los grupos con comprensión

Tabla IV. Factores significativos e interacciones en el período de 250-500 ms.

	gl	F	p	η_p^2	Potencia
Longitud	1,63	658,89	0,001	0,913	1
Región × grupo	2,63	6,11	0,004	0,162	0,873
Región × electrodos	19,1197	13,141	0,001	0,173	1
Longitud × región × grupo	2,63	4,42	0,016	0,123	0,742
Longitud × región × electrodo	19,1197	10,959	0,001	0,148	1
Anterior					
Longitud	1,63	222,44	0,001	0,779	1
Longitud en TDAH-	1,63	85,97	0,001	0,811	1
Longitud en TDAH+	1,63	91,58	0,001	0,851	1
Longitud en control	1,27	53,16	0,001	0,663	1
Longitud × electrodo en control	19,513	2,74	0,032	0,092	0,742
Longitud contraste TDAH+/TDAH-	1,36	0,001	0,990	0,001	0,05
Longitud contraste TDAH-/control	1,47	5,61	0,022	0,107	0,641
Longitud contraste TDAH+/control	1,43	5,48	0,024	0,113	0,629
Posterior					
Longitud	1,63	375,32	0,001	0,856	1

η_p^2 : eta cuadrado parcial, tamaño del efecto; F: varianza; gl: grados de libertad; p: probabilidad; TDAH: trastorno por déficit de atención/hiperactividad.

lectora normal comienzan su concordancia morfosintáctica utilizando recursos de memoria en los primeros 100 ms después de la aparición del ítem crítico (p. ej., un adjetivo), en este caso la última palabra de la oración. En el mismo sentido, Epstein et al [23] encontraron diferencias en el componente LAN en un grupo de niños con un trastorno específico del lenguaje con baja capacidad de recursos cognitivos, lo que implica un mayor esfuerzo de la memoria de trabajo. Los efectos de la longitud de la oración están bien documentados en adultos y respaldan el efecto en regiones anteriores de la memoria de trabajo. Nuestros grupos de TDAH+ y control mostraron un efecto en regiones anteriores de la variable de longitud, aunque los niños en el grupo de control también presentaron el efecto en las regiones posteriores. Algunos otros estudios apoyan un efecto más distribuido y extendido a más regiones cerebrales en los niños, porque es bien sabido que las áreas frontales se desarrollan más lentamente que otras áreas cerebrales [24-26].

La activación de áreas posteriores para detectar la no concordancia de género en el grupo control y

Tabla V. Factores significativos e interacciones en el período de 500-800 ms.

		gl	F	p	η_p^2	Potencia
Longitud		1,63	218,97	0,001	0,777	1
Longitud × región		1,63	5,49	0,022	0,080	0,636
Anterior	Longitud	1,63	90,72	0,001	0,590	1
	Longitud × electrodo	19,1197	3,44	0,021	0,052	0,739
Posterior	Longitud	1,64	223,23	0,001	0,777	1
	Longitud × electrodo	19,1216	12,27	0,001	0,161	1
	Longitud en TDAH-	1,20	53,81	0,001	0,729	1
	Acuerdo en TDAH-	1,20	4,26	0,050	0,729	0,502
	Longitud × electrodo	16,320	3,082	0,029	0,134	0,724
	Longitud en TDAH+	1,16	58,91	0,001	0,786	1
	Longitud × electrodo en TDAH+	19,304	4,519	0,001	0,786	1
	Acuerdo × electrodo en TDAH+	19,304	3,22	0,025	0,168	0,747
	Longitud en control	1,28	122,48	0,001	0,814	1
	Longitud × electrodo en control	19,532	7,56	0,001	0,213	1

η_p^2 : eta cuadrado parcial, tamaño del efecto; F: varianza; gl: grados de libertad; p: probabilidad; TDAH: trastorno por déficit de atención/hiperactividad.

TDAH- podría estar sugiriendo fuentes neurales comunes en ambos grupos. Sin embargo, incluso cuando ambos grupos activan áreas similares y con un curso temporal similar, ¿por qué el grupo de TDAH- no comprende eficientemente? Tal vez la respuesta radica en la baja capacidad de memoria de trabajo de estos participantes, el único grupo sin efecto de longitud en esta ventana. Los niños del grupo de TDAH- no reservan suficientes recursos de memoria en las áreas frontales para realizar la tarea. La activación lenta de los procesos sintácticos que requieren la adjunción de constituyentes de la oración para resolver la concordancia entre dos palabras separadas entre sí dificulta la comprensión de la oración. La detección de no concordancias sintácticas en los niños puede estar muy distribuida a los 7 años, y aún más a una edad más temprana [27]; la topografía anterior de la memoria de trabajo es, por lo tanto, un efecto asociado con la madurez lingüística que los niños con TDAH- no parecen tener.

Más tarde, en la ventana de 250-500 ms, hay un claro efecto de longitud en todos los grupos, tanto

en la región anterior como en la posterior. Sin embargo, este efecto en la región frontal es similar en amplitud para ambos grupos de TDAH y diferente para los controles. Las diferencias entre las oraciones cortas y largas son mayores en los grupos con TDAH que en los controles, tal vez como consecuencia de las mayores demandas de recursos cognitivos en los grupos patológicos. El resultado más relevante en la última ventana (500-800 ms) fue el efecto significativo de la concordancia en el grupo de TDAH-, lo que indica un intento tardío para solucionar esta violación sintáctica. Otro efecto notable es la transferencia del efecto de concordancia de regiones anteriores a posteriores en esta ventana tardía. El tiempo de estos efectos coincide con el P600, un componente producido en adultos asociado con áreas centroparietales cuando se manipula la concordancia de género o número, aunque algunas otras ambigüedades sintácticas (p. ej., en las oraciones de *garden path*) también producen el P600, aunque con una localización anterior [28].

En resumen, se observaron algunas diferencias importantes entre los grupos en diferentes niveles. El primero, identificado en las regiones anteriores, es una diferencia en el esfuerzo cognitivo entre los dos grupos de TDAH y los controles en la ventana intermedia. Además, en la última ventana, ambos grupos patológicos continúan realizando operaciones relacionadas con la concordancia, probablemente en un intento de resolver los efectos de un adjetivo en desacuerdo con el pronombre anafórico inicial, mientras que los niños sanos no muestran este efecto. Estas diferencias apoyan un déficit general de procesamiento en los niños con TDAH; sin embargo, no explican las diferencias en comprensión entre los grupos, las cuales se encuentran en los primeros milisegundos de procesamiento, donde la clave parece residir en el uso temprano de recursos de memoria de trabajo: éstos no se activan hasta los 250 ms en el grupo de TDAH-, mientras que el grupo de TDAH+ muestra efectos de memoria de trabajo desde los 100 ms. Además, el efecto de concordancia se sitúa en las regiones anteriores en el grupo de TDAH+ y en las regiones posteriores en el grupo de TDAH-.

Bibliografía

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fifth edition (DSM-5). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing; 2013.
2. Himmelstein J, Schulz K, Newcorn J, Halperin J. The neurobiology of attention-deficit hyperactivity disorder. *Front Biosci* 2000; 5: 461-78.
3. Cartwright K. Cognitive development and reading: the relation of reading-specific multiple classification skill to reading

- comprehension in elementary school children. *J Educ Psychol* 2002; 94: 56-63.
4. Cartwright K. Insights from cognitive neuroscience: the importance of executive function for early reading development and education. *Early Educ Dev* 2012; 23: 24-36.
 5. Carreiras M, Garnham A, Oakhill J. The use of superficial and meaning-based representations in interpreting pronouns: evidence from Spanish. *Eur J Cogn Psychol* 1993; 5: 93-116.
 6. Carreiras M, Garnham A, Oakhill J. Understanding anaphora: the role of superficial and conceptual information. In Carreiras M, García-Albea JE, Sebastián N, eds. *Language processing in Spanish*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 1996.
 7. Krott A, Baayen R, Hagoort P. The nature of anterior negativities caused by misapplications of morphological rules. *J Cogn Neurosci* 2006; 18: 1616-30.
 8. Rodríguez-Fornells A, Clahsen H, Lleó C, Zaake W, Münte T. Event-related brain responses to morphological violations in Catalan. *Brain Res Cogn Brain Res* 2001; 11: 47-58.
 9. Friederici A, Hahne A, Mecklinger A. Temporal structure of syntactic parsing: early and late event-related brain potential effects. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1996; 22: 1219-48.
 10. Osterhout L, Mobley L. Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *J Mem Lang* 1995; 34: 739-73.
 11. Brandeis D, Vitacco D, Steinhilber H. Mapping brain electric micro-states in dyslexic children during reading. *Acta Paedopsychiatr* 1994; 56: 239-47.
 12. Helenius P, Salmelin R, Service E, Connolly J. Semantic cortical activation in dyslexic readers. *J Cogn Neurosci* 1999; 11: 535-50.
 13. Rispens J, Been P, Zwarts F. Brain responses to subject-verb agreement violations in spoken language in developmental dyslexia: an ERP study. *Dyslexia* 2006; 12: 134-49.
 14. Sabisch B, Hahne A, Glass E, Von Suchodoletz W, Friederici A. Auditory language comprehension in children with developmental dyslexia: evidence from event-related brain potentials. *J Cogn Neurosci* 2006; 18: 1676-95.
 15. Asociación Psiquiátrica Americana. *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-IV-TR)*. Barcelona: Masson; 2002.
 16. DuPaul G, Power T, Anastopoulos A, Reid R, McGoey K, Ikeda M. Teacher ratings of attention deficit hyperactivity disorder symptoms: factor structure and normative data. *Psychol Assess* 1997; 9: 436-44.
 17. Goodman R. Psychometric properties of the Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ). *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2001; 40: 1337-45.
 18. Barkley R, Murphy K, Bauermeister J. *Trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Un manual de trabajo clínico*. New York: Guilford Press; 1998.
 19. Cordero A, De la Cruz MV, González M, Seisdedos N. *Manual factor G. Escalas 2 y 3*. Madrid: TEA Ediciones; 2001.
 20. Cuetos F, Rodríguez B, Ruano E. *Batería de evaluación de los procesos lectores de los niños de educación primaria*. Madrid: TEA Ediciones; 1996.
 21. Ramos J, Cuetos F. *Batería de evaluación de los procesos lectores en alumnos del tercer ciclo de educación primaria y educación secundaria obligatoria (PROLEC-SE)*. Madrid: TEA Ediciones; 1999.
 22. Noggle C, Thompson J, Davis J. B-22 impact of working memory and processing speed on reading comprehension performance in ADHD. *Arch Clin Neuropsychol* 2014; 29: 544.
 23. Epstein B, Hestvik A, Shafer V, Schwartz R. ERPs reveal atypical processing of subject versus object Wh-questions in children with specific language impairment. *Int J Lang Commun Disord* 2013; 48: 351-65.
 24. Casey B, Tottenham N, Liston C, Durston S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends Cogn Sci* 2005; 9: 104-10.
 25. Durston S, Casey B. What have we learned about cognitive development from neuroimaging? *Neuropsychologia* 2006; 44: 2149-57.
 26. Luna B, Sweeney J. The emergence of collaborative brain function: fMRI studies of the development of response inhibition. *Ann N Y Acad Sci* 2004; 1021: 296-309.
 27. Hahne A, Eckstein K, Friederici A. Brain signatures of syntactic and semantic processes during children's language development. *J Cogn Neurosci* 2004; 16: 1302-18.
 28. Kaan E, Swaab T. Repair, revision, and complexity in syntactic analysis: an electrophysiological differentiation. *J Cogn Neurosci* 2003; 15: 98-110.

Electrophysiological correlates of reading in children with attention deficit hyperactivity disorder

Aims. To investigate whether or not the deficits in executive functions in the attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) affect reading comprehension and identify a potential biological marker of this neuropsychological endophenotype through event-related potentials (ERP). The phenotypic association between reading comprehension and the specific functions of inhibition and working memory is studied.

Subjects and methods. The sample consisted of 52 children with ADHD (8-13 years) divided in two groups according to the presence (TDAH-; $n = 27$; percentile < 30) or the absence (TDAH+; $n = 25$; percentile > 50) of reading comprehension deficits and a control group ($n = 27$). The executive functions were evaluated. The ERPs were assessed during a task in which anaphoric sentences of different lengths were presented, recording the ERP in the last adjective of the sentence that required a gender agreement.

Results. Working memory and inhibition were associated to reading comprehension performance. The ADHD+ group and the control group seem to detect the disagreement at 100 ms, while the ADHD- group does not activate its working memory until 250 ms.

Conclusions. The delay in the implementation of the working memory mechanisms helps us to understand the deficits in reading comprehension of the ADHD- group.

Key words. ADHD. Child neuropsychology. Event-related potentials. Executive functions. Gender agreement. Grammatical gender violation. Reading comprehension. Working memory.