

Procesamiento semántico en el Trastorno por déficit de atención con hiperactividad

M^a Ángeles Idiazábal*
José María Espadaler**
Joan Vila***

**Instituto Neurológico de Barcelona*

***Hospital del Mar. Barcelona*

****Instituto Municipal de Investigación Médica. Barcelona*

Se evalúa el procesamiento semántico del lenguaje, mediante el Potencial Evocado Cognitivo N400 en una muestra de 36 niños con Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) y 36 niños control. Observamos un incremento de la latencia y una disminución de la amplitud del componente N400, en los niños con TDAH respecto a los niños del grupo control. Estos hallazgos ponen de manifiesto la existencia de un déficit en el procesamiento semántico del lenguaje en el Trastorno por déficit de atención con hiperactividad.

Palabras clave: Trastorno por déficit de atención con hiperactividad, potenciales cognitivos, procesamiento semántico.

The aim of this study was to examine the semantic processing of language by means of the event-related potentials in a sample comprising 36 children with Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and 36 children as control group. In the ADHD the latency of the N400 component was longer and the amplitude smaller than in the control group. The present study suggests that children with ADHD have a dysfunction in semantic processing of language.

Key words: Attention deficit hyperactivity disorder, event-related potentials, semantic processing.

La prevalencia del Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) se encuentra entre el 5 y el 9% de los niños en edad escolar (Shaywitz, 1996) y constituye un importante problema en la práctica clínica, ya que la

Este trabajo ha sido financiado con una ayuda a la investigación concedida por la Fundación ADANA (Ayuda déficit de atención: niños, adolescentes y adultos).

Correspondencia: M^a Ángeles Idiazábal. Unidad Neurocognitiva. Instituto Neurológico de Barcelona. Vía Augusta, 277, 1^o. 08017 Barcelona. Correo electrónico: mariannf@eresmas.com

sintomatología es preferentemente conductual y tiene importantes manifestaciones en el despliegue de la personalidad, en los rendimientos académicos, en la dinámica familiar y en la adquisición de habilidades sociales (Cabanyes y Polaino-Lorente, 1992). El cuadro clínico se caracteriza por un déficit de atención, conducta y estilos cognitivos impulsivos y por exceso de actividad motora. Según el DSM-IV (American Psychiatric Association, 1995), se diferencian tres subtipos de TDAH, el predominantemente inatento, el predominantemente hiperactivo/impulsivo y el tipo combinado o mixto. El TDAH es un trastorno heterogéneo que con frecuencia coexiste con otros trastornos (Biederman, Newcorn y Sprich, 1991) que pueden pasar desapercibidos como son los trastornos de la comunicación y del lenguaje (Baker y Cantwell, 1992; Cohen, Davine, Horodezky, Lipsett y Isaacson, 1993; Tannock y Schachar, 1996). Para algunos autores el TDAH no sería en sí un desorden primario de la atención, sino que se trataría de un fallo en el desarrollo de los circuitos cerebrales en los que se apoyan la inhibición y el autocontrol, que a su vez influirían en otros sistemas interrelacionados, como el lenguaje o la memoria de trabajo. Las habilidades lingüísticas competirían con otras actividades cognitivas del sistema atencional y por ello la evolución del lenguaje no sería independiente de la evolución de la atención (Barkley, 1997). De igual forma se han sugerido la existencia de déficits en el procesamiento verbal (Loge, Staton y Beatty, 1990) y en la fluencia verbal (Carte, Nigg y Hinshaw, 1996) en el TDAH, de tal forma que el déficit en la producción del lenguaje se desencadenaría cuando se provoca un incremento en la demanda de la atención selectiva. Estudios realizados mediante tomografía por emisión de positrones (SPECT) (Lu, Andresen, Steinberg, McLaughlin y Friberg, 1998) han analizado la implicación del núcleo estriado, la región cingular anterior y la región frontal inferior en la conciencia verbal (procesamiento semántico y atención supramodal) en niños con TDAH. En sujetos sin alteraciones, las regiones estriada y frontal inferior se activan cuando se realiza una tarea de procesamiento semántico y el giro cingulado se activa con la atención supramodal. Esto apoyaría la participación de estas regiones cerebrales en la conciencia verbal. Sin embargo, estos autores encuentran una disminución del flujo sanguíneo cerebral en el núcleo estriado derecho y en la región frontal inferior en los niños con TDAH. Esta disminución de la contribución funcional del estriado y de la región frontal en la conciencia verbal en los niños con TDAH concuerda con su disminución del control cognitivo sobre el comportamiento y la función mental. De igual forma, mediante tareas de fluencia verbal que evalúan el funcionamiento del lóbulo frontal, se ha sugerido que los niños con TDAH presentan déficits en el área del lenguaje que serían desencadenados cuando se provoca un incremento en la demanda de la atención selectiva en estos niños (Grodzinsky y Diamond, 1992).

A pesar del gran número de estudios neuropsicológicos y de neuroimagen que apoyan la existencia de dificultades en diferentes áreas del lenguaje en el TDAH, nosotros no hemos encontrado estudios neurofisiológicos que, utilizando los potenciales evocados cognitivos, evalúen específicamente el procesamiento del lenguaje en este trastorno.

Los potenciales evocados (PE) cerebrales representan las variaciones de la actividad eléctrica cerebral que se hallan sincronizadas con un estímulo senso-

rial, motor o cognitivo y que constituyen un indicador neurofisiológico del procesamiento subyacente a ese estímulo (Chiapa, 1989). Los PE se clasifican en potenciales evocados exógenos, determinados por los parámetros de la estimulación, y en potenciales evocados endógenos o cognitivos, dependientes de las operaciones mentales exigidas por la tarea y del contenido informativo del estímulo, habiendo sido relacionados con operaciones cognitivas de procesamiento cerebral (Hillyard y Picton, 1987), por lo que podrían utilizarse para la valoración de las alteraciones cognitivas asociadas a trastornos neurológicos y psiquiátricos (Plefferbaum, Roth y Ford, 1995).

Un componente de los potenciales evocados cognitivos (PECs) de especial interés es la N400. Se trata de un potencial negativo provocado por una palabra semánticamente incongruente o inesperada dentro del contexto de una frase. Esta deflexión negativa parece representar la onda del procesamiento de la información del lenguaje, en particular del procesamiento semántico de la información (Kutas y Hillyard, 1980a). La amplitud de la N400 es sensible a la predicción semántica y al contexto (Kutas y Hillyard, 1980b; Fischler, Bloom, Childers, Roucos y Perry, 1983; Fischler, Bloom, Childers, Arroyo y Perru, 1984) y su amplitud aumenta (es más negativa) cuando el final de la frase no tiene sentido (por ejemplo, «la gente reza en el nido») o cuando se trata de pares de palabras no relacionados semánticamente (por ejemplo, «médico-árbol»), pero no aumenta cuando la terminación de la frase tiene sentido (por ejemplo, «la gente reza en la iglesia») o cuando los pares de palabras están semánticamente relacionados («médico-enfermera»). Los trabajos de Kutas y Hillyard (1980a y 1980b) pusieron de manifiesto la N400 a partir de la utilización de frases con baja probabilidad semántica y a partir de frases semánticamente incoherentes, observando que la N400 presentaba una mayor negatividad cuanto mayor era la incoherencia. Kutas y Hillyard (1980b) estudiaron el potencial N400 con frases semánticamente incorrectas y encontraron una mayor amplitud de este potencial en el hemisferio derecho. Otros trabajos lo han confirmado, así Besson *et al.* (1992) interpretan este resultado como una participación preponderante del hemisferio derecho en ciertos procesos lingüísticos y como una interacción de este potencial con otros componentes de los potenciales cognitivos, de distribución igualmente asimétrica. Este resultado se explica también por la orientación del generador de la N400 en el hemisferio izquierdo, cuya actividad máxima es recogida por los electrodos situados en el hemisferio derecho. En este protocolo inicial, Kutas y Hillyard (1980a y 1980b) utilizaron palabras presentadas visualmente en un monitor. Estos estudios han sido reproducidos por trabajos que utilizan protocolos similares, pero con material auditivo (Connolly, Stewart y Phillips, 1990), obteniendo los mismos resultados. Por tanto, la N400 aparece independientemente de la modalidad del lenguaje (escrito o hablado) e independientemente de la lengua utilizada (Fischler, Boaz, McGovern y Ransdell, 1987; Cobianchi y Giaquinto, 1997). Sin embargo, la N400 no se origina cuando los estímulos son notas musicales inesperadas en una secuencia melódica (Besson y Macar, 1987), cuando los estímulos utilizados son formas geométricas o letras inesperadas en una secuencia alfabética o números inesperados en una serie numérica (Polich, 1985).

En cuanto a la especificidad de la relación de la N400 con el procesamiento semántico, los estudios de Kutas y Hillyard (1980a y 1980b) demuestran que el carácter de «anomalía semántica» es una condición suficiente para evocar una respuesta N400. Kutas y Hillyard (1984) confirman igualmente, que no es la «incoherencia semántica» de la proposición la que evoca la N400, sino que depende de la predicción o expectancia de la palabra dentro de la frase y demuestran que la amplitud de la N400 varía inversamente al grado de predicción de la última palabra de las frases coherentes. Estos autores consideran que la amplitud de la N400 representa una medida gradual e inversa del proceso de activación semántica. Ello es confirmado por protocolos de facilitación (*priming*) semántica (Holcombe y Anderson, 1993; Bentin, Kutas y Hillyard, 1993 y Hamberger, Friedman, Ritter y Rosen, 1995), protocolos de decisión lexical (Holcombe, 1986; Bentin, 1987) y protocolos de categorización semántica (Harbin, Marsh y Harvey, 1984). Así mismo el acceso al léxico y la identificación del estímulo afectan también al potencial N400 (Bentin, McCarthy y Wood, 1985; Attias y Pratt, 1992). Sin embargo, la N400 no depende de la probabilidad de aparición de la palabra semánticamente incongruente dentro del protocolo de estudio (Bentin, 1989). Por otra parte, diferentes estudios relacionan la amplitud de la N400 con la facilidad o intensidad del procesamiento, de tal forma que la amplitud es menor para estímulos facilitados por el contexto, estímulos repetidos o estímulos congruentes, los cuales requieren un acceso a la memoria o una integración menos complicada que el estímulo presentado inicialmente (Bentin, Kutas, y Hillyard, 1993). Además, la amplitud de la N400 se incrementa conforme las tareas requieren un procesamiento más complicado para la identificación del estímulo (Rugg, Furda y Lorst, 1988). La amplitud de la N400 también se considera como un reflejo de la clasificación del estímulo de acuerdo con sus características abstractas/lingüísticas más que con sus características físicas (Pritchard, Shappell y Brandt, 1991). En conclusión, la especificidad funcional del potencial N400 no está totalmente establecida. Sin embargo, habitualmente se considera como un componente endógeno relacionado con tratamientos semánticos de la información y se utiliza como variable dependiente para la evaluación de los procesos de tratamiento del lenguaje.

El propósito de este estudio es valorar el procesamiento semántico del lenguaje en niños con TDAH mediante la combinación de los PECs, los tiempos de respuesta y la exactitud de las respuestas. Para ello, utilizamos una tarea de facilitación semántica, mediante la presentación de pares de palabras que pertenecen o no a la misma categoría semántica, es decir una tarea de discriminación de congruencia/incongruencia semántica. Tanto los pares de palabras congruentes como los pares de palabras incongruentes se presentan con la misma probabilidad (50% cada par) para disminuir la posible influencia sobre la N400 de otros componentes de los PECs que dependen de la probabilidad de aparición del estímulo, como el componente N200 o el P300 (Pritchard, Shappell y Brandt, 1991). Mediante el componente N400 de los PECs obtenemos información sobre el procesamiento del lenguaje en tiempo real y con una gran resolución temporal. Esta información, junto con los resultados conductuales, podría ayudar a un mayor conocimiento de los mecanismos subyacentes a las alteraciones del lenguaje en el TDAH.

Método

Sujetos

Se han estudiado un total de 72 niños con una media de edad similar. El grupo de sujetos con TDAH estaba formado por 36 niños con una edad media de 8.5 años \pm 0,7 y el grupo de niños control estaba formado por 36 niños con una edad media de 8.7 años \pm 0,8. El diagnóstico de TDAH se realizó según los criterios del DSM-IV (American Psychiatric Association, 1995). Los criterios de inclusión, además de los ya citados, fueron los siguientes: que todos los niños presentaran escolarización normal y un cociente intelectual mayor de 90 en el WISC-R (Wechsler, 1993). Los criterios de exclusión para la muestra fueron: antecedentes de enfermedad neurológica, existencia de déficits visuales o auditivos, cociente intelectual menor de 90, tratamiento psicopedagógico o farmacológico antes o durante la adquisición de los datos y coexistencia con trastornos relacionados con el TDAH (trastornos afectivos, trastornos de conducta o trastornos del aprendizaje). En todos los casos se obtuvo consentimiento informado antes de la realización de las pruebas.

Instrumentos

1. Entrevista clínica estructurada

Se utilizó la entrevista clínica estructurada que se emplea en el servicio de Neurofisiología del Hospital y en la que se recogía información sobre hábitos del desarrollo del niño, historial médico, historial escolar, relaciones sociales, preocupaciones actuales sobre el comportamiento del niño, los criterios diagnósticos para los trastornos de inicio en la infancia, niñez y adolescencia, tal como se recogen en el DSM-IV, y antecedentes familiares (presencia de psicopatología en familiares cercanos, de enfermedades neurológicas, alcoholismo, etc).

2. Escalas abreviadas de Conners (Conners, CK y Kinsbourne M, 1990) para padres (CPRS-48) y profesores (CTRS-28)

La escala de padres (CPRS-48) consta de 48 ítems que se agrupan en las siguientes subescalas: Problemas de conducta, Problemas de aprendizaje, Quejas psicósomáticas, Impulsividad/hiperactividad, Ansiedad e Índice de hiperactividad. La versión de profesores (CTRS-28) consta de 28 ítems que se agrupan en las subescalas de Problemas de conducta, Hiperactividad, Desatención/pasividad e Índice de hiperactividad.

3. Equipo de registro electroencefalográfico MEDICID III/E sincronizado al estimulador psicofisiológico MINDTRACER

Procedimiento

Se envió una carta a 60 escuelas de la ciudad de Barcelona, solicitando su colaboración en una investigación sobre el TDAH en los cursos de 2^o y 3^o de enseñanza primaria. A los profesores tutores de estos cursos se les solicitó que rellenaran la escala abreviada de Conners para profesores (CTRS-28). De los cuestionarios recogidos se seleccionaron aquellos que presentaban una puntuación T mayor de 65 en el Índice de hiperactividad de Conners. Mediante entrevista telefónica se solicitó la colaboración de los padres de los niños cuyo cuestionario de Conners había sido seleccionado. A las familias que estuvieron de acuerdo en participar se les realizó una entrevista clínica estructurada y se les pidió que completaran la escala abreviada de Conners para padres (CPRS-48). La presencia o ausencia de TDAH se estableció siguiendo los criterios diagnósticos del DSM-IV (APA, 1995), a partir de la entrevista estructurada.

Los sujetos del grupo de control fueron seleccionados con el mismo procedimiento que se siguió con los sujetos del grupo clínico. Se incluía a un sujeto en el grupo de control si no presentaba ningún trastorno de tipo neurológico o psicopatológico, de acuerdo con los criterios del DSM-IV, y si las puntuaciones T en el Índice de Hiperactividad de las escalas de Conners para padres y profesores eran inferiores a 65.

Recogida y análisis de datos

Los estímulos utilizados en el paradigma fueron 120 pares de palabras divididos en dos grupos, sesenta pares de palabras congruentes, es decir, que pertenecían a la misma categoría semántica (ej.: «animal-perro») y sesenta pares de palabras incongruentes, que no pertenecían a la misma categoría semántica (ej.: «animal-armario»). Todas las palabras eran de alta frecuencia de acuerdo con el diccionario de frecuencias para el castellano (Alameda y Cuetas, 1995). Los estímulos se presentaron en el centro de una pantalla, en letra minúscula de color blanco sobre fondo negro, con un ángulo visual vertical de 0.83 grados y un ángulo visual horizontal de 0.43 grados.

La tarea requerida consistía en decidir, lo más rápidamente posible, si los pares de palabras presentados en la pantalla pertenecían o no a la misma categoría semántica. Si las palabras pertenecían a la misma categoría semántica el sujeto debía oprimir el botón izquierdo del ratón y si no pertenecían a la misma categoría semántica el botón derecho del mismo. Durante la realización de la tarea los sujetos estuvieron sentados frente al monitor leyendo los estímulos que se les presentaban de forma secuencial en el centro de la pantalla y fueron instruidos para que durante la ejecución de la tarea minimizaran los movimientos de los ojos y del cuerpo. El paradigma experimental consistía en la presentación de una señal de aviso en forma de asterisco para advertir que la prueba iba a iniciarse, a la vez que servía de punto de fijación visual. Cuando el sujeto estaba preparado oprimía la barra espaciadora del teclado y comenzaba la prueba. La señal de aviso era sustituida por la primera palabra del par (palabra contexto)

que duraba en la pantalla 1000 milisegundos y a continuación aparecía la segunda palabra (palabra estímulo) que también duraba en pantalla 1000 milisegundos. El intervalo interestímulo era de 1560 milisegundos y el tiempo máximo de respuesta era de 3000 milisegundos, pasado el cual aparecía nuevamente el asterisco de fijación y comenzaba un nuevo ítem o par de palabras. El experimento duraba entre 15 y 20 minutos, con breves periodos de descanso cada 10 pares de palabras.

El registro de la actividad eléctrica cerebral se realizó en todos los puntos del sistema internacional 10-20 de Jasper (Jasper, 1958) mediante electrodos de superficie convencionales, tomando como referencia la actividad recogida por electrodos fijados en ambos lóbulos de las orejas. Las impedancias de los electrodos se mantuvieron por debajo de 5 KOhms. La señal se adquirió, amplificó y filtró con el sistema digital electroencefalográfico MEDICID III/E sincronizado al estimulador psicofisiológico MINDTRACER. Los filtros fueron desde 0.5 a 30 Hz. Se monitorizaron los movimientos oculares mediante un registro bipolar con electrodos en el canto externo de cada ojo. El inicio de la recogida del electroencefalograma (EEG) se sincronizó con la presentación de la palabra estímulo. El periodo de muestreo utilizado fue de 10 milisegundos. La ventana de análisis escogida fue de 1024 milisegundos, con una ventana preestímulo de 100 milisegundos. El EEG fue analizado visualmente para eliminar los segmentos donde hubiera movimientos oculares o cualquier otro artefacto. Se eliminaron, además, los segmentos donde la respuesta de los sujetos no coincidía con la categoría a la que pertenecía la palabra estímulo o se superó el tiempo máximo de respuesta.

Se analizaron por separado las ondas registradas en cada electrodo para los pares de palabras congruentes y para los pares de palabras incongruentes. Se calculó el «potencial diferencia» mediante la sustracción de las respuestas evocadas por estímulos que no pertenecían a la misma categoría semántica (incongruentes), de las respuestas evocadas por los estímulos que sí pertenecían a la misma categoría semántica (congruentes), tanto para los niños con TDAH como para los controles.

La amplitud de la N400 se midió como la máxima negatividad entre los 360 y los 600 milisegundos para los pares de palabras congruentes y para los pares de palabras incongruentes. La latencia del componente N400 se definió como el punto con la mayor negatividad entre los 360 y 600 milisegundos. Las respuestas se midieron en todas las áreas cerebrales (Fz, Cz, Pz, F3, F4, T3, T4, T5, T6, C3, C4, P3 y P4). Se analizaron las diferencias de la amplitud y de la latencia de la N400 entre el grupo control y el grupo de niños con TDAH, en función del tipo de pares de palabras (congruentes o incongruentes), y en función del área cerebral. Así mismo se estudió la amplitud y la latencia del «potencial diferencia», obtenido al abstraer de las respuestas evocadas para los pares de palabras incongruentes las respuestas evocadas para los pares de palabras congruentes. La distribución topográfica del efecto N400 se valoró mediante el estudio de la amplitud del potencial diferencia en todas las áreas cerebrales.

Además de los datos electrofisiológicos se evaluaron los siguientes datos conductuales: los tiempos de respuesta (TR) definidos como el tiempo en milisegundos desde la aparición del estímulo en la pantalla hasta que el sujeto pulsa

una de las dos teclas de la respuesta, y los errores que cometían los sujetos en los pares de respuestas congruentes y en los incongruentes.

El análisis estadístico se realizó, tras comprobar que se cumplían para todas las variables los supuestos de normalidad, según la prueba de Kolmogorov-Smirnov y esfericidad de Mauchly, mediante la prueba «t» de Student y la aplicación de un análisis multivariado de varianza (MANOVA) con diseño mixto de medidas repetidas y relación entre grupos. El nivel de significación para todos los contrastes fue de $p < 0,05$.

Resultados

1. Datos conductuales

Los niños con TDAH presentan tiempos de respuesta significativamente mayores que los niños del grupo de control, tanto para los pares de palabras congruentes ($t = -1.9$; $p = 0,04$) como para los pares de palabras incongruentes ($t = -2.2$; $p = 0,02$). Los tiempos de respuesta fueron siempre mayores para los pares de palabras incongruentes que para los pares de palabras congruentes en ambos grupos. Asimismo, el porcentaje de errores cometidos fue mayor en los niños con TDAH tanto al responder a los pares congruentes ($t = -4.1$; $p < 0,001$) como a los incongruentes ($t = -2.8$; $p = 0,007$). Véase la Tabla 1.

TABLA 1. MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE) DE LOS TIEMPOS DE RESPUESTA (TR) (EN MILLISEGUNDOS) Y EL PORCENTAJE DE ERRORES PARA LOS PARES DE PALABRAS CONGRUENTES Y PARA LOS PARES DE PALABRAS INCONGRUENTES EN LOS NIÑOS CON TDAH Y EN LOS NIÑOS DEL GRUPO DE CONTROL

	Controles		TDAH	
	Media	DE	Media	DE
TR Congruentes	1527.2	410	1760	577
TR Incongruentes	1651	452	1926	578
Errores Congruentes	4.8	3	9	5.2
Errores Incongruentes	4.6	3	7	4.5

2. Datos electrofisiológicos

Se comparó la latencia y la amplitud de la respuesta N400 originada por los pares de palabras congruentes entre ambos grupos. Los niños con TDAH presentan un incremento estadísticamente significativo en la latencia respecto a los controles ($p < 0,05$) en todas las áreas cerebrales. Respecto a la amplitud, los niños con TDAH presentan una disminución de la negatividad de la respuesta respecto a los controles, pero sólo llega a ser estadísticamente significativa en

áreas frontales: Fz ($t = -2.8$; $p = 0,006$), F3 ($t = -1.9$; $p = 0,04$) y F4 ($t = -3.7$; $p = 0,001$).

Respecto a la respuesta N400 originada por los pares de palabras incongruentes, se observa un incremento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de la latencia en el grupo de niños con TDAH respecto al grupo control en todas las áreas cerebrales. En el grupo de niños con TDAH se observa, respecto a los niños del grupo control, una disminución de la amplitud de la respuesta N400 estadísticamente significativa en áreas frontales: Fz ($t = -3.4$; $p = 0,001$), F3 ($t = -3.1$; $p = 0,003$) y F4 ($t = -3.7$; $p = 0,001$), en áreas centrales: Cz ($t = -2.1$; $p = 0,03$) y en áreas temporales: T3 ($t = -2.2$; $p = 0,02$) y T4 ($t = -1.9$; $p = 0,05$). Véanse las Tablas 2 y 3.

El análisis de la latencia y de la amplitud del potencial diferencia (respuesta obtenida al substrair de las respuestas evocadas por los pares de palabras incongruentes, las respuestas evocadas por los pares de palabras congruentes) muestra un incremento de la latencia y una disminución de la amplitud del potencial diferencia estadísticamente significativo en los niños con TDAH respecto a los controles en todas las áreas cerebrales. Véase la Tabla 4 y la Figura 1.

Se realizó un análisis multivariante de medidas repetidas (MANOVA) para la latencia del potencial N400, en las áreas cerebrales anteriormente citadas, en función de si se trataba de pares de palabras congruentes e incongruentes y en función del factor grupo (controles vs TDAH). Dicho análisis muestra que no existen diferencias en la latencia del potencial N400 originado por los pares de palabras congruentes o incongruentes, en ninguna de las áreas cerebrales. Asimismo, dicho análisis muestra que no existe interacción entre el factor palabras congruentes/palabras incongruentes y el factor grupo, aunque sí existe factor grupo [$F(1,68) = 18$; $p < 0,001$] es decir, los niños con TDAH presentan respecto al grupo de control un incremento de la latencia del potencial N400.

Para la amplitud del potencial N400 se realizó igualmente un análisis multivariante de medidas repetidas (MANOVA) utilizando los mismos factores que para las latencias. Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la amplitud del potencial N400 originado por los pares de palabras congruentes e incongruentes, siendo mayor la amplitud para los pares de palabras incongruentes en todas las áreas cerebrales: Fz [$F(1,68) = 93$; $p < 0,001$], Cz [$F(1,68) = 51.7$; $p < 0,001$], Pz [$F(1,68) = 30$; $p < 0,001$], F3 [$F(1,68) = 71.9$; $p < 0,001$], F4 [$F(1,68) = 63.7$; $p < 0,001$], T3 [$F(1,68) = 28.9$; $p < 0,001$], T4 [$F(1,68) = 29$; $p < 0,001$], C3 [$F(1,68) = 42$; $p < 0,001$], C4 [$F(1,68) = 45.6$; $p < 0,001$], P3 [$F(1,68) = 30.9$; $p < 0,001$], y P4 [$F(1,68) = 34.5$; $p < 0,001$]. Respecto al grupo control, los niños con TDAH presentan una menor amplitud del potencial N400 [$F(1,68) = 10.9$; $p < 0,002$], sin existir interacción entre el factor tipo de pares de palabras (congruentes vs incongruentes) y el factor grupo. Véase la Figura 2.

La distribución topográfica del efecto N400 se valoró mediante el estudio de la amplitud del potencial diferencia N400 en todas las áreas cerebrales, realizando un análisis multivariante de medidas repetidas (MANOVA) usando el factor lateralidad: hemisferio izquierdo (F3, C3, T3, P3) versus hemisferio derecho (F4, C4, T4, P4) y el factor grupo (controles vs TDAH). No encontramos diferen-

TABLA 2. MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE) DE LAS LATENCIAS EN MILLISEGUNDOS DEL COMPONENTE N400 PARA PARES DE PALABRAS CONGRUENTES Y DEL COMPONENTE N400 PARA PARES DE PALABRAS INCONGRUENTES EN NIÑOS DEL GRUPO DE CONTROL Y EN NIÑOS CON TDAH. COMPARACIÓN DE LAS LATENCIAS DE LA N400 CONGRUENTE Y DE LA N400 INCONGRUENTE ENTRE EL GRUPO DE CONTROL Y EL DE TDAH EN LAS DIFERENTES ÁREAS CEREBRALES

LATENCIA												
CONTROLES					TDAH							
Electrodo	Congruentes		Incongruentes		Congruentes		Incongruentes		Controles vs. TDAH Congruentes		Controles vs. TDAH Incongruentes	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	t	p	t	p
Fz	452.4	63.7	449	68.6	512.3	75.5	517.3	65.3	-3.6	.001	-4.03	.001
Cz	446.6	67.8	451.1	65.4	520	65.7	525	64	-4.6	.001	-4.7	.001
Pz	455.2	71.2	453.2	68	529	80.7	531.2	80.6	-4.1	.001	-4.4	.001
F3	453.6	72.4	446.1	77.1	519.2	75.2	516.2	80	-3.6	.001	-3.7	.001
F4	453.8	66.8	446.1	72	515.8	76.8	523.3	77	-3.6	.001	-4.4	.001
T3	457.6	68.7	450.5	68.2	512.6	74.3	515.8	75.3	-3.2	.002	-3.8	.001
T4	467	68	473.4	69	532	69.6	533	71.7	-4	.001	-3.5	.001
T5	467	64	458.3	62	527	72	526.8	76.3	-3.4	.001	-3.9	.001
T6	469	68	468.7	64	533.4	70.2	538	73	-3.8	.001	-4.1	.001
C3	457.5	69.7	454.8	65.4	521	73.4	520.3	71.9	-3.7	.001	-4	.001
C4	462	65.5	457.2	62	523	72	526.4	68.1	-3.7	.001	-4.5	.001
P3	466	71.8	464.1	68	527.7	67.3	527.5	67.2	-3.7	.001	-3.9	.001
P4	463.5	67.7	466.1	64.8	535	70	537.2	71.4	-4.3	.001	-4.3	.001

TABLA 3. MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE) DE LAS AMPLITUDES EN MICROVOLTIOS DEL COMPONENTE N400 PARA PARES DE PALABRAS CONGRUENTES Y DEL COMPONENTE N400 PARA PARES DE PALABRAS INCONGRUENTES EN NIÑOS DEL GRUPO DE CONTROL Y EN NIÑOS CON TDAH. COMPARACIÓN DE LAS AMPLITUDES DE LA N400 CONGRUENTE Y DE LA N400 INCONGRUENTE ENTRE EL GRUPO DE CONTROL Y EL DE TDAH EN LAS DIFERENTES ÁREAS CEREBRALES

AMPLITUD													
CONTROLES						TDAH							
Congruentes			Incongruentes			Congruentes		Incongruentes		Controles vs. TDAH Congruentes		Controles vs. TDAH Incongruentes	
Electrodo	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	t	p	t	p	
Fz	-3.4	5.3	-7.3	5.2	-0.5	3	-3.8	3.4	-2.8	.006	-3.4	.001	
Cz	-0.8	4.9	-4.8	4.7	0.4	4.3	-2.4	4.8	-1.2	.247	-2.1	.035	
Pz	1.2	4.5	-2.1	5.2	1.1	6	-1.2	5.9	.055	.956	-.6	.538	
F3	-2.8	4.8	-6.9	4.6	-0.8	3.9	-3.8	3.2	-1.9	.04	-3.1	.003	
F4	-3.9	4.7	-7.3	4.8	-0.2	3.5	-3.6	3.2	-3.7	.001	-3.7	.001	
T3	-2.8	3.8	-4.9	3.5	-1.5	3.7	-2.9	3.9	-1.4	.157	-2.2	.029	
T4	-2.5	4.2	-4.6	3.7	-1.2	3.9	-2.9	3.5	-1.3	.187	-1.9	.05	
T5	-1.2	3.5	-2.6	3.6	-0.4	4.9	-1.9	4.3	-.7	.465	-.74	.462	
T6	-0.4	4	-2.6	4.2	-1	4.3	-2.9	4.4	.6	.553	.222	.825	
C3	-1.2	4.3	-4.5	4.4	-0.6	4	-2.9	4.4	-.6	.538	-1.5	.135	
C4	-1.8	4.6	-5.1	4	-0.4	4.2	-3.4	5	-1.2	.207	-1.6	.129	
P3	-0.6	4.4	-3.4	4.7	-1.5	5.6	-3.8	5.4	.7	.453	.338	.737	
P4	0.5	5.4	-2.9	4.8	-1.4	3.6	-3.4	4.4	1.7	.093	.504	.616	

TABLA 4. MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE) DE LAS LATENCIAS EN MILESEGUNDOS Y DE LAS AMPLITUDES EN MICROVOLTIOS DEL POTENCIAL DIFERENCIA N400 EN NIÑOS DEL GRUPO DE CONTROL Y EN NIÑOS CON TDAH. COMPARACIÓN DE LAS AMPLITUDES Y DE LAS LATENCIAS DEL POTENCIAL DIFERENCIA N400 ENTRE EL GRUPO DE CONTROL Y EL DE TDAH EN LAS DIFERENTES ÁREAS CEREBRALES

POTENCIAL DIFERENCIA												
CONTROLES						TDAH						
Electrodo	Amplitud		Latencia		Amplitud		Latencia		Controles vs. TDAH			
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	t _{amplitud}	p _{amplitud}	t _{latencia}	p _{latencia}
Fz	-5.6	3.2	489.2	60.1	-3.6	3.1	505.5	74	-2.6	.01	-2.1	.03
Cz	-5.8	4.1	486.8	59.4	-3.9	3.1	523.6	79.2	-2.1	.04	-2.2	.03
Pz	-5.1	4.1	489.8	60	-3.4	4.2	527.4	80.2	-2.1	.04	-2.2	.03
F3	-5.8	3.3	490	61.5	-3.7	3.1	512.7	82.7	-2.7	.008	-2.3	.02
F4	-5.8	3.3	487.6	56	-3.7	3.7	511.5	72.3	-2.4	.01	-2.4	.01
T3	-3	2.2	489.6	74.3	-2.1	3.2	521.1	89.6	-2	.04	-2.3	.02
T4	-3.5	2.5	489	58	-2.2	3.2	534.1	76.5	-2.1	.04	-2.7	.007
T5	-3	2.5	488	72.2	-2.2	3.1	526	87.3	-2.1	.04	-1.9	.04
T6	-3.9	3.1	491.2	61	-2.5	3.2	527.7	79.8	-2.2	.03	-2.1	.03
C3	-5.3	4	492.6	56.2	-3.2	3.4	519.2	85.4	-2.2	.02	-2.3	.02
C4	-5.7	3.4	489.4	55	-3.7	3.7	527.2	79.1	-2.2	.02	-2.3	.02
P3	-4.3	3.4	492.4	71	-3.2	4.2	522.3	77.3	-2	.04	-2.3	.02
P4	-4.6	3.3	491.2	57.7	-4.6	3.3	529.7	7.1	-2.2	.03	-2.3	.02

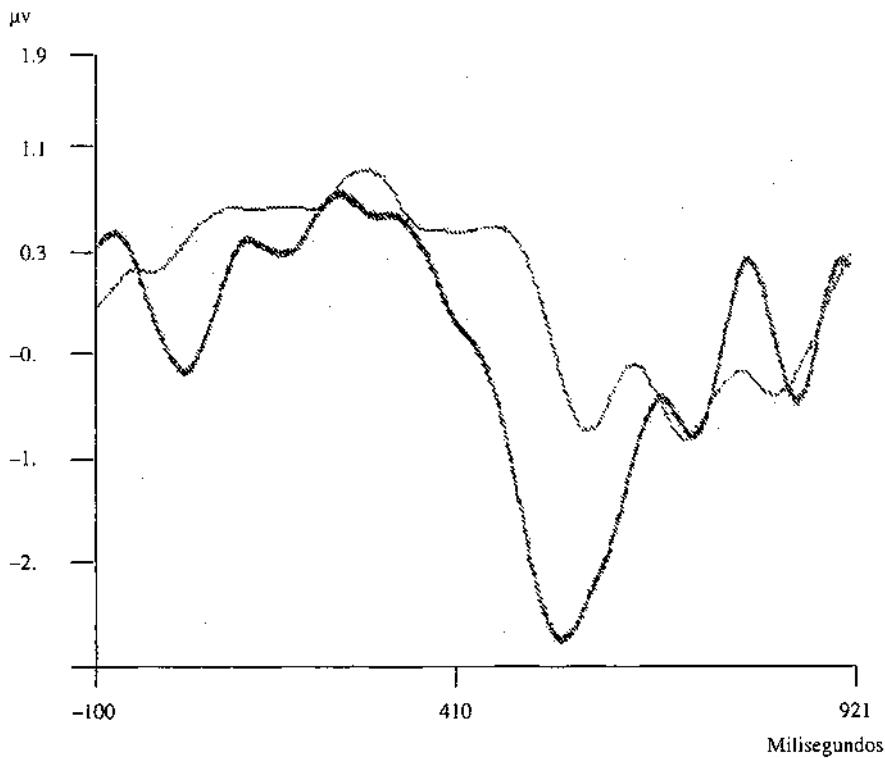


Figura 1. Promedio del Potencial Diferencia N400 en CZ para el grupo control (trazo grueso) y el grupo de niños con TDAH (trazo fino).

cias estadísticamente significativas en la amplitud del potencial diferencia N400 en ninguna de las áreas cerebrales entre hemisferio izquierdo y hemisferio derecho, aunque tanto en los controles como en los niños con TDAH las amplitudes eran mayores (más negativas) en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo.

No encontramos interacción entre el factor lateralidad y el factor grupo. Sin embargo, sí que encontramos una menor negatividad del potencial diferencia, estadísticamente significativa, en los niños con TDAH respecto a los controles [$F(1,61) = 77$; $p < 0,001$].

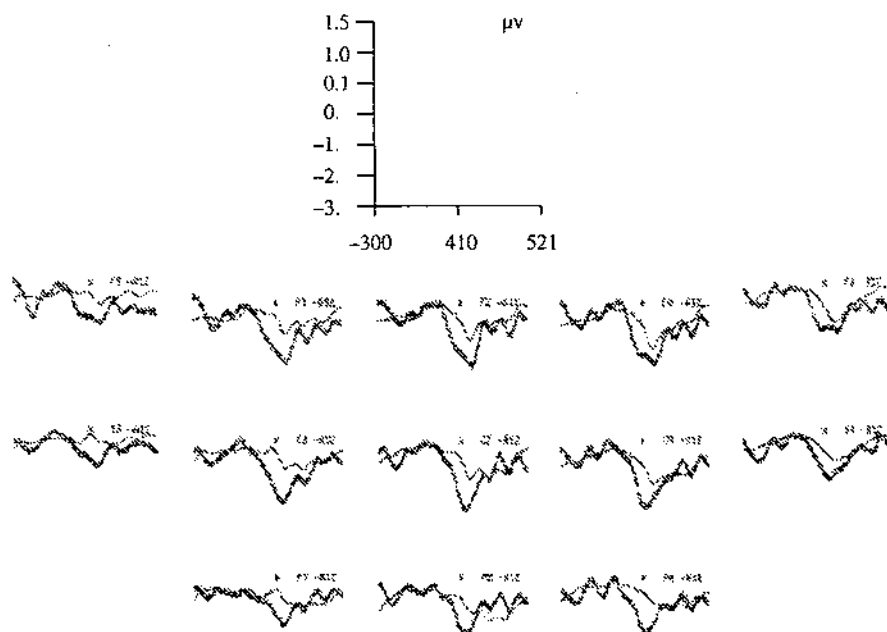


Figura 2. Superposición de los Promedios del Potencial Diferencia N400 en las diferentes áreas cerebrales del grupo control (trazo grueso) y del grupo de niños con TDAH (trazo fino).

Discusión

En este trabajo hemos analizado el procesamiento semántico del lenguaje en niños con TDAH, mediante el registro de los Potenciales evocados cognitivos lingüísticos (componente N400) durante una tarea de categorización semántica.

Gran número de estudios conductuales y electrofisiológicos, utilizando Potenciales evocados cognitivos, indican que los niños con TDAH rinden menos, (es decir, que el porcentaje de errores y los tiempos de respuesta (TR) son mayores que los de los niños control) en gran número de tareas cognitivas y atencionales. Asimismo, estos trabajos apoyan la idea de que las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos es debida a un fallo en la etapa ejecutiva del procesamiento (Jonkman, Kemner, Verbaten, Koelega *et al.*, 1997; Frank, Seiden y Napolitano, 1994).

En nuestro estudio hemos encontrado un aumento estadísticamente significativo de los tiempos de respuesta (TR) y del porcentaje de errores en los niños con TDAH respecto a los controles, tanto para los pares de palabras congruentes como para los pares de palabras incongruentes. En ambos grupos los TR fueron menores para las palabras congruentes que para las palabras incongruentes, indicando que el tiempo de verificación es menor para las palabras semánticamente relacionadas, o que pertenecen a la misma categoría semántica, que para las palabras no relacionadas semánticamente, independientemente de si se trata de ni-

ños con TDAH o de niños control. La existencia de un incremento en los TR y en el porcentaje de errores en los niños con TDAH, durante un protocolo de facilitación semántica, es decir, durante una tarea de decisión de si un par de palabras pertenece o no a la misma categoría semántica, hace suponer que dichas alteraciones conductuales pueden quedar reflejadas en los resultados de los Potenciales evocados cognitivos, bien en su latencia, amplitud o distribución topográfica.

En relación con los sujetos del grupo de control, los niños con TDAH presentan un incremento de la latencia, tanto de la respuesta N400, originada por pares de palabras semánticamente relacionadas (congruentes), como de la respuesta N400 originada por pares de palabras semánticamente no relacionadas (incongruentes). De igual forma los niños con TDAH presentan una menor amplitud (menor negatividad) de la respuesta N400 que el grupo control, independientemente de la relación semántica de los pares de palabras (congruentes o incongruentes). El incremento de la latencia de la N400 se ha relacionado con un entrecimiento en el procesamiento semántico de la información (Nestor, Paul, Kimble, Matthew, O'Donnell *et al.*, 1997; Iragui, Kutas y Salmon, 1996), por lo que, según nuestros resultados, los niños con TDAH presentarían una disminución de la velocidad de procesamiento semántico del lenguaje.

Diferentes autores (Meyer y Schvaneveldt, 1974; Holcombo y Anderson, 1993; Bentin, Kutas y Hillyard, 1993) han puesto de manifiesto que la amplitud de la N400 es sensible a la relación semántica existente entre pares de palabras, siendo mayor la amplitud de la N400 para los pares de palabras semánticamente no relacionados que para los pares de palabras semánticamente relacionados, porque al no coincidir la segunda palabra del par (palabra estímulo) con la primera palabra (palabra contexto), se debe recurrir al uso de fuentes neuronales adicionales para acceder a la memoria semántica. El uso de estas fuentes neuronales extras se vería reflejado por una N400 de mayor amplitud para los pares de palabras incongruentes (Holcombo y Nevill, 1990). El efecto de facilitación (*priming*) del contexto en el reconocimiento de una palabra se ha demostrado utilizando medidas de tiempos de respuesta. Generalmente, una palabra se reconoce con mayor velocidad y/o precisión si está precedida por una palabra semánticamente relacionada que si no lo está (Neely, 1991). La facilitación semántica está directamente relacionada con la expectancia o predicción semántica, es decir, con la probabilidad de aparición de esa palabra dentro de un contexto determinado. Además, el potencial N400 aparece sólo después de que la información semántica relacionada con la segunda palabra se ha recuperado de la memoria semántica y está disponible para interactuar con la información activada previamente por la primera palabra. En nuestro estudio, los niños con TDAH, al igual que los controles, presentan un incremento de la amplitud del potencial N400 cuando es originado por pares de palabras no relacionadas semánticamente. Sin embargo, este incremento de la amplitud es menor que el incremento que presentan ante la incongruencia semántica los niños del grupo de control. Estos resultados pondrían de manifiesto la existencia de una disminución del efecto de facilitación del contexto en el reconocimiento de una palabra, así como la existencia de un déficit en el uso de la memoria semántica en los niños con TDAH. Puede ser de considerable trascendencia que las mayores diferencias, tanto en la

amplitud del potencial N400 para palabras congruentes como en el potencial N400 para palabras incongruentes, entre el grupo clínico y el grupo control se den en áreas frontales, ya que la fluencia verbal se considera claramente como una función del lóbulo frontal (Posner y Raichle, 1994).

Asimismo los niños con TDAH presentarían un déficit en la congruencia semántica, ya que la amplitud del potencial diferencia se encuentra disminuida respecto al grupo control. La prolongación de la latencia del potencial diferencia de la N400 en niños con TDAH respecto a los controles puede significar que la velocidad de descarga de los elementos neuronales, en respuesta al procesamiento semántico de pares de palabras congruentes e incongruentes, está considerablemente enlentecida. Esto también puede indicar una alteración de la propagación de la activación neuronal, como se refleja por la disminución global de la negatividad de la N400 en los niños con TDAH. Desde este punto de vista, debido a que la activación neuronal cubre un espacio neural mayor, la latencia de la N400 está prolongada en los niños con TDAH. Los precisos mecanismos neurobiológicos subyacentes a estas alteraciones de la N400 en el TDAH son desconocidos, aunque podríamos considerar diferentes modelos teóricos, pero no necesariamente competitivos. Así, si estas alteraciones están relacionadas con un fallo en la memoria de trabajo, entonces estaría implicada una alteración en la modulación dopamérgica prefrontal (Cohen y Schreiber-Servan, 1992).

Diferentes trabajos (Kutas y Hillyard, 1980b; Besson *et al.*, 1992) encuentran una mayor amplitud del potencial N400 en el hemisferio derecho e interpretan este resultado como una participación preponderante del hemisferio derecho en ciertos procesos lingüísticos, o como una interacción de este potencial con otros componentes de los potenciales cognitivos de distribución igualmente asimétricos. Este resultado se explica también por la orientación del generador de la N400 en el hemisferio izquierdo, cuya actividad máxima sería recogida por los electrodos situados en el hemisferio derecho. En cuanto al estudio de la distribución topográfica del efecto N400 en nuestro trabajo no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas en la amplitud del potencial diferencia N400 entre hemisferio izquierdo y hemisferio derecho, aunque tanto en los controles como en los niños con TDAH las amplitudes eran mayores (más negativas) en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo.

Serían necesarios experimentos adicionales que combinen el componente N400 de los PECs con diferentes paradigmas de facilitación semántica. Tales experimentos podrían ayudar a elucidar el significado funcional de las alteraciones de la N400 en el Trastorno por atención deficiente con hiperactividad.

REFERENCIAS

- Alameda, J.R. y Cuetas, F. (1995). *Diccionario de frecuencias de las unidades lingüísticas del castellano*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- American Psychiatric Association (1995). *DSM-IV. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. Barcelona: Masson. (Edición original, 1994.)
- Attias, J. & Pratt, H. (1992). Auditory event-related potentials during lexical categorización in the oddball paradigm. *Brain Language*, 43, 230-239.

- Baker, L. & Cantwell, D.P. (1992). Attention Deficit Disorder and speech/ language disorders. *Comprehensive Mental Health Care*, 2, 3-16.
- Barkley, R.A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 1, 65-94.
- Beitchman, N., Cohen, M., Konstantareas, M. & Tannock, R. (Eds.) (1996). *Language learning and behavior disorders: Developmental, biological and clinical perspectives*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Bentin, S., McCarthy, G. & Wood, C.C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60, 343-355.
- Bentin, S. (1989). Electrophysiological studies of visual word perception, lexical organization and semantic processing. A tutorial review. *Language Speech*, 32, 205-220.
- Bentin, S. (1987). Event-related potentials, semantic processing and expectancy factors in word recognition. *Brain Language*, 31, 308-327.
- Bentin, S., Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1993). Electrophysiological evidence for task effects on semantic priming in auditory word processing. *Psychophysiology*, 30, 161-169.
- Besson, M., Kutas, M. & Van Petten, C. (1992). An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences. *Journal of Cognition and Neuroscience*, 4, 132-149.
- Besson, M. & Macar, F. (1987). An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts. *Psychophysiology*, 24, 14-25.
- Biederman, J., Newcorn, J. & Sprich, S.E. (1991). Comorbidity of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *American Journal of Psychiatry*, 148, 654-577.
- Cabanyes, J. y Polaino-Lorente, A. (1992). Perspectivas neurobiológicas del trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Med. Clin. (Barc.)*, 98, 591-594.
- Chiapa, K.H. (Ed.) (1989). *Evoked potentials in clinical medicine*. New York: Raven Press.
- Cobianchi, A. & Giaquinto, S. (1997). Event-related potentials in Italian spoken words. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 104, 213-221.
- Cohen, J.D. & Schreiber-Servan, D. (1992). Context, cortex and dopamine: A connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99, 45-77.
- Cohen, N., Davine, M., Horodezky, N., Lipselt, L. & Isaacson, L. (1993). Unsuspected language impairment in psychiatrically disturbed children: Prevalence and language behavioral characteristics. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 32, 595-603.
- Connors, C.K. & Kinsbourne, M. (Eds) (1990). *Attention Deficit Hyperactivity Disorder*. Munich: Verlag.
- Connolly, J.F., Stewart, S.H. & Philips, N.A. (1990). The effect of processing requirements on neurophysiological responses to spoken sentences. *Brain Language*, 39, 302-318.
- Estol, T., Carte, Joel, T., Nigg & Stephen P Hinshaw (1996). Neuropsychological functioning, motor speed and language processing in boys with and without ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 24 (4), 481-498.
- Fischler, I., Bloom, P.A., Childers, D.G., Arroyo, A.A. & Perru, N.W. (1984). Brain potentials during sentence verification: late negativity and long term memory strength. *Neuropsychologia*, 22, 559-568.
- Fischler, I., Boaz, T.L., McGovern, J. & Ransdell, S. (1987). An ERP analysis of repetition priming in bilinguals. In R. Jr. Johnson, J.W. Rohrbaugh and R. Parasuraman (Eds.), *Current trends in event-related potential research*. EEG (suppl 40) (pp. 383-393). Amsterdam: Elsevier.
- Frank, Y., Seiden, J.A. & Napolitano, B. (1994). Event-related potentials to an «oddball» paradigm in children with learning disabilities with or without attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical Electroencephalography*, 25, 136-141.
- Grodzinsky, G.M. & Diamond, R. (1992). Frontal lobe functioning in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology*, 8, 427-445.
- Halgren, E. (1990). Evoked potentials. In A.A. Boulton, G.B. Baker & C. Vanderwolf (Eds.), *Neuromethods. Neurophysiological techniques: applications to Neural Systems*. Vol 15 (pp. 147-275). Clifton NJ: Humana.
- Hamberger, M.J., Friedman, D., Ritter, W. & Rosen, J. (1995). Event related potential and behavioral correlates of semantic processing in Alzheimer's patients and normal controls. *Brain Cognition*, 48, 33-68.
- Harbin, T.J., Marsh, G.R. & Harvey, M.T. (1984). Differences in the late components of the event related potential due to age and to semantic and non-semantic tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59, 489-496.
- Hillyard, S.A. & Picton, T.W. (1987). Electrophysiology of cognition. In F. Plum (Ed.), *Handbook of Physiology*, vol. V: *Higher functions of the brain* (pp. 519-584). Bethesda: MA.
- Holcombo, P. & Neville, H. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision: A comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5, 281-312.

- Holcombo, P.J. & Anderson, J.R. (1993). Cross-modal semantic priming a time-course analysis using event-related brain potentials. *Spatial Issue: Event related brain potentials in the study of the language. Language and Cognitive Processes*, 8, 379-411.
- Holcombo, P.J. (1986). ERP correlates of semantic facilitation. In W.C. Mc Callum, R. Zappoli and F. Denoth (Eds.), *Cerebral psychophysiology: Studies in event related potentials. EEG* (suppl 38) (pp. 308-327). Amsterdam: Elsevier.
- Iragui, V., Kutas, M. & Salmon, D. (1996). Event-related brain potentials during semantic categorization in normal aging and senile dementia of the Alzheimer's type. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 100, 392-406.
- Jasper, H.H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 22, 497-507.
- Jonkman, L.M., Kemner, C., Verbaten, M.N., Koelega, H.S. et al. (1997). Event-related potentials and performance of attention-deficit hyperactivity disorder: Children and normal controls in auditory and visual selective attention tasks. *Biol. Psychiatry*, 41, 595-611.
- Kutas, M., Hillyard, S.A. & Gazzaniga, M.S. (1988). Processing of semantic anomaly by right and left hemispheres of commissurotomy patients. *Brain*, 111, 553-576.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307, 161-163.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980a). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980b). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11, 99-116.
- Loge, D.V., Staton, R.D. & Beaty, W.W. (1990). Performance of children with ADHD on tests sensitive to frontal lobe dysfunction. *Journal of the American Academy of Child and Adolescents Psychiatry*, 29, 540-545.
- Lu, H.C., Andersen, J., Steinberg, B., McLaughlin, T. & Friberg, L. (1998). The striatum in a putative cerebral network activated by verbal awareness in normals and in ADHD children. *European Journal Neurology*, 5 (1), 67-74.
- Meyer, D.E. & Schvaneveldt, R.W. (1974). Facilitation in recognizing pairs of words: evidence of a dependence retrieval operations. *Journal Exp. Psychology*, 90, 277-234.
- Neely, J.H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner and G. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition* (pp. 264-336). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Nestor, Paul, G. PhD., Kimble, Matthew O, PhD; O'Donnell, Rian F. et al. (1997). Aberrant semantic activation in schizophrenia: A neurophysiological study. *American Journal of Psychiatry*, 154, 640-646.
- Plefferbaum A., Roth W.T. & Ford, J.M. (1995). Event-related potentials in the study of psychiatric disorders. *Archives Generals of Psychiatry*, 52, 559-563.
- Polich, J. (1985). N400 from sentences, semantic categories, numbers and letter strings? *Bull. Psychonomic. Soc.*, 23, 361-364.
- Posner, M.I. & Raichle, M.E. (1994). *Images of mind*. New York: Scientific American Library.
- Pritchard, W.S., Shappell, S.A & Brandt, M.E. (1991). Psychophysiology of N200/N400: A review and classification scheme. In P.K Ackles, J.R. Jennins and M.G.H.Coles (Eds.), *Advances in Psychophysiology* (vol. 4) (pp. 43-106). Greenwich: JAI Press.
- Rugg, M.D., Furdá, J. & Lorist, M. (1988). The effects of task on the modulation of event-related potentials by word repetition. *Psychophysiology*, 25, 55-63.
- Shaywitz, B.A. y Shaywitz, S.E. (1996). Incapacidad de aprendizaje y trastornos de atención. En K.F. Wairman (Eds.), *Neurología Pediátrica*. Madrid: Mosby/Doyma Libros S.A.
- Tannock, R. & Schachar R. (1996). Executive dysfunction as an underlying mechanism of behavior and language problems in attention deficit hyperactivity disorder. In J.H. Beichman, M. Cohen, M.M. Konstantareas & R. Tannock (Eds.), *Language learning and behavior disorders: Developmental, biological and clinical perspectives* (pp. 128-155). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Van Petten, C. & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory and Cognition*, 4, 380-93.
- Wechsler D. (1993). *Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños-Revisada (WISC-R)*. Madrid: TEA Ediciones.