

Validez de la evaluación electroencefalográfica en la identificación del Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad

Inmaculada MORENO GARCÍA
Universidad de Sevilla
José Antonio LORA MUÑOZ
José SÁNCHEZ BLANCO
Servicio Andaluz de Salud

Resumen

En este trabajo se analiza la validez del EEG como prueba añadida en el diagnóstico del TDAH así como de la SNAP-IV, instrumento empleado con frecuencia en atención primaria para la detección de este trastorno. Han participado 108 niños con edades comprendidas entre 7 y 14 años, derivados por presentar sintomatología hiperactiva-atencional. La validez del EEG se ha estimado a partir de la ratio theta/beta y considerando las variables tarea realizada (mirar un punto fijo, leer, escuchar y dibujar) mientras se realizaba la evaluación y grupo de edad de los menores que han participado. Los resultados muestran índices de sensibilidad y especificidad entre el 70% y el 80%, con una eficacia en la clasificación real superior al 75%. La edad se establece como un criterio fundamental tanto a la hora de seleccionar la ratio theta/beta más adecuada, como las tareas a emplear durante la evaluación. Estos datos avalan la utilidad del EEG en el diagnóstico del TDAH.

Palabras clave: TDAH, evaluación electroencefalográfica, validez, diagnóstico.

Abstract

This paper examines the validity of the EEG as an additional diagnostic test of ADHD as well as the SNAP-IV, an instrument often used in primary care screening for this disorder. It has been included a total of 108 children, aged between 7 and 14 years, with hyperactive-attention symptomatology. The validity of the EEG has been estimated from the ratio of theta / beta variables and considering the work done (look at a fixed point, reading, listening and drawing) while performing the evaluation and age group of children who participated. The results show sensitivity and specificity rates between 70% and 80%, with an efficacy in the real classification above 75%. The age is a fundamental criterion for selecting the adequate ratio theta/ beta and the tasks used during the evaluation. These data support the utility of EEG in the diagnosis of ADHD.

Key words: ADHD, EEG evaluation, Validity, Diagnostic.

La evaluación del Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) se lleva a cabo mediante entrevistas clínicas, escalas administradas a padres y profesores, pruebas de atención sostenida (tareas computerizadas) y observación del comportamiento del niño con sospecha (Moreno, & Servera, 2002). Sin embargo, las limitaciones de estos métodos e instrumentos específicos han sido subrayadas en la bibliografía científica, indicándose que, con

frecuencia, en el ámbito de la práctica clínica los profesionales conflan en exceso en las observaciones de los adultos, padres y profesores, contribuyendo a incrementar el diagnóstico e identificar casos falsos positivos. Esta circunstancia se ha visto agravada por el interés y preocupación social despertada en relación al TDAH en las últimas décadas, cuestión que ha contribuido a extender la sospecha diagnóstica más allá de los casos reales.

Por otro lado, en los últimos años se han realizado distintos trabajos interesados en determinar la utilidad del electroencefalograma (EEG) en la detección y diagnóstico de niños con este trastorno. Este interés se asienta en varios factores; el desarrollo experimentado por las neurociencias, la tecnología digital y, específicamente, las investigaciones sobre neurofeedback como alternativa terapéutica para este trastorno.

Los planteamientos que relacionan el trastorno hiperactivo/atencional con una disfunción del sistema nervioso central (Clarke, Barry, McCarthy, & Selikowitz, 2001) y las evidencias que muestran cómo el electroencefalograma proporciona una medida del funcionamiento de la actividad eléctrica cerebral apoyan los argumentos a favor de éste como herramienta idónea para evaluar el TDAH (Barry, Clarke, & Johnstone, 2002). Se añade que las técnicas encaminadas al análisis de las ondas cerebrales, entre ellas, el electroencefalograma cuantitativo, no resultan invasivas, son menos sensibles a los artefactos causados por el movimiento, no incluyen isótopos radiactivos y ofrecen una excelente resolución temporal (Loo, & Barkley, 2005). Teniendo en cuenta estas ventajas, distintos autores han aludido a la existencia de un patrón específico alterado de ondas cerebrales, identificable mediante EEG (Silver, 2004) y defendiendo que la evaluación con EEG es una excelente herramienta para obtener una línea base, previa a la administración de cualquier tratamiento administrado en estos casos (Demos, 2005). En este sentido, Mann, Lubar, Zimmerman y Miller (1992) afirman que mediante el EEG digital se podría detectar, con un 80% de precisión, a personas con este trastorno. Méndez, Flores, Flores, Solís y Elías, (2000), añaden que este tipo de EEG es útil para garantizar un diagnóstico más fiable sobre TDAH respecto al convencional, permitiendo, asimismo, realizar el diagnóstico electrofisiológico diferencial con otras entidades clínicas que pudieran enmascarar un cuadro de TDAH, como por ejemplo, epilepsias no convulsivas.

El interés por la evaluación EEG en el diagnóstico de TDAH tiene su punto de partida en los trabajos que consideran la existencia un EEG anormal en las personas con este trastorno (Cornelio-Nieto, Borbolla-Salas, & Gallegos-Dimas, 2011) y en aquellas investigaciones que han tratado de identificar un perfil electroencefalográfico específico en los individuos con TDAH (Silver, 2004). Se considera que éstos tienden a mostrar un patrón peculiar en las ondas *beta*, *theta*, principalmente, mostrando el registro electroencefalográfico excesiva actividad lenta en las regiones centrales y frontales del cerebro, siendo corroborados estos datos por los estudios de tomoografía de emisión de positrones que identifican patrones diferentes a los registrados en población sana (Barry, Clarke, & Johnstone, 2002). Por otro lado, Blume y Kaibara (1995) muestran que los niños con este trastorno presentan una amplitud más alta de la banda *alpha* en la parte frontal, siendo normalmente más alta en la parte posterior y más

baja en las regiones anteriores del cerebro. Afirman, asimismo, que estos menores tienen, en comparación con los adultos, amplitudes más altas en la banda *theta*. Es común encontrar en estos pacientes que, en la parte anterior del hemisferio derecho, la banda *beta* exceda a la misma parte del hemisferio izquierdo. Otros trabajos han indagado en las diferencias en el patrón electroencefalográfico según subtipo de TDAH diferenciado (Clarke *et al.*, 2001) y edad de los individuos (Bresnahan, & Barry, 2002). En todo caso, estos trabajos avalan la utilidad de la EEG en el diagnóstico del TDAH (Loo, & Barkley, 2005) y proponen su idoneidad como herramienta para obtener la línea base, especialmente cuando el tratamiento se basa en Neurofeedback (Drechsler *et al.*, 2007). Opción terapéutica que, como es sabido, estima, como medida pre y posttratamiento, las frecuencias de las ondas cerebrales a través del EEG. En este sentido, Loo y Barkley (2005) han sistematizado el empleo del EEG cuantitativo tanto para diagnosticar TDAH como para tratarlo.

El interés por determinar qué aporta la evaluación electroencefalográfica en el diagnóstico del TDAH y hasta qué punto es posible la identificación de protocolos diagnósticos de utilidad en el ámbito clínico ha estimulado estudios de validez algunos, centrados en las escalas conductuales habitualmente empleadas (Collett, Ohan, & Myers, 2003), otros, coincidiendo con el desarrollo de las investigaciones sobre neurofeedback y TDAH, referidos al empleo del EEG cuantitativo (Snyder, & Hall, 2006). En estos trabajos se estima la capacidad de predicción del EEG a partir de la comparación de niños TDAH tanto con controles (niños sin TDAH) como otros menores que presentan otros trastornos. En estas investigaciones también se contrasta la validez del EEG respecto a los instrumentos y pruebas habitualmente empleadas (Snyder, Quintana, Sexson, Knott, Haque, & Reynolds, 2008). Con similar propósito y muestras españolas Morán, Navarro, Robles y De Concepción (2008) han analizado, en un trabajo que ha contado con la participación de 75 pacientes, la validez del diagnóstico clínico realizado por profesionales de atención primaria en comparación con el diagnóstico efectuado por especialistas en psiquiatría infantil. Los datos obtenidos son un 86,67% de sensibilidad, especificidad 54,90%, y valor predictivo positivo (36,11 %), los cuales resaltan la función de *screening* que se realiza en atención primaria. En definitiva, los estudios de validez en el caso del TDAH tienen como objetivo precisar la capacidad de clasificación que tienen las pruebas habituales, otras más recientes y los procedimientos de diagnóstico empleados en estos casos con el propósito de conformar protocolos de evaluación de utilidad en el ámbito clínico que permitan un diagnóstico diferencial, cuestión destacada teniendo en cuenta la comorbilidad asociada al TDAH.

En este contexto, Monastera, Lubar, Linden (2001) evaluaron la utilidad del EEG para identificar niños con TDAH. Participaron 469 participantes y se compararon

los hallazgos proporcionados por el EEG con medidas comportamentales y neuropsicológicas. Los resultados mostraron que, entre los participantes diagnosticados con TDAH, según estas escalas y medidas neurológicas, el 90% fue identificado correctamente mediante el EEG. El 94% de los participantes, no hiperactivos que formaban el grupo control, fueron, asimismo, reconocidos adecuadamente. En otro estudio similar en el que participaron 159 niños con edades comprendidas entre 6 y 18 años, Snyder *et al.* (2008) determinaron la validez y compararon los índices respectivos de escalas tradicionales Escala de Evaluación del TDAH-IV (*ADHD Rating Scale-IV*, DuPaul, Power, Anastopoulos, & Reid, 1998) y *Conners 'Ratin Scales-Revised (CSR-S)* (Conners, 1997) (en ambos instrumentos se administraron las versiones para padres y profesores) y EEG. Un mismo individuo fue evaluado por dos equipos de investigación diferentes, uno encargado de administrar las escalas convencionales, y otro de realizar el EEG. En los dos casos se determinó el diagnóstico de forma independiente, siendo ambos grupos ciegos respecto al diagnóstico o valoración realizada por el otro equipo.

Los resultados pusieron de manifiesto que el EEG produjo una sensibilidad de 87% y una especificidad de 94%, para diferenciar casos de TDAH con otros trastornos. Las escalas produjeron sensibilidad entre 38% y 72% ADHD-IV y especificidad entre 33% y 61 %. En caso de la escala (CSR-S) los datos de sensibilidad fueron entre 67% y 78% y especificidad entre 14% y 41 %, respectivamente.

Por otro lado, los estudios que relacionan la actividad cerebral con el propósito de comparar grupos de pacientes o contrastar éstos con población normal adoptan como punto de referencia el criterio *ratio*. Éste ha sido el parámetro empleado para evaluar cambios en el EEG consecuentes a la maduración normal (Matousek, & Petersen, 1973), como medida de activación cortical (Lubar, 1991) Y para determinar la utilidad del EEG en la identificación del TDAH. En este sentido, Monastra *et al.* (1999) hallaron que la *ratio theta-beta* produce una sensibilidad de 86–90% y una especificidad de 94–98% para discriminar casos de TDAH frente a población sin TDAH. Barry, Clarke, McCarthy, Selikowitz y Rushby, (2005), por su parte, indican que un valor elevado en este parámetro se relacionará con limitaciones en tareas atencionales, circunstancia relevante en el diagnóstico de TDAH, aspecto en el que también incide Demos (2005) al señalar la *ratio theta-beta* elevada es común en niños diagnosticados con TDAH, de ahí su empleo en los trabajos sobre el tema. De este modo, se estima que niños sanos con edades comprendidas entre 7 y 11 años se obtendrá un valor de *ratio* menor que 2,4, mientras que los niños con problemas de déficit de atención en el colegio alcanzarán una *ratio* mayor de 2,5 y a menudo mayor de 3 (Thompson, & Thompson, 2003). Teniendo en cuenta que la *ratio theta-beta* disminuye con la edad, estos autores proponen considerar posible caso sospechoso de TDAH, cuando la *ratio*

theta-beta sea igual o superior a 2,5 en niños con edades comprendidas entre 7 y 11 años, e igual o superior a 2 en adolescentes y adultos (a partir de 12 años). Este es uno de los criterios, como se explicará más adelante, considerado en la investigación que se expone.

Los datos obtenidos a través del registro electroencefalográfico también varía entre *adolescentes* y *adultos* que han sido diagnosticados de TDAH. Estudios con EEG en población normal demuestran que se aprecia disminución de *theta* y aumento de *beta* a medida que aumenta la edad y un inicial ascenso del *alpha* en la adolescencia, aunque ésta desciende en la madurez (Bresnahan, & Barry, 2002). La *ratio theta/ beta* también decrece al aumentar la edad en esta población, (Bresnahan, Anderson, & Barry, 1999; Monastra *et al.*, 2001). Sin embargo las personas diagnosticadas con TDAH, con independencia de la edad, presentan mayores niveles de actividad *theta* y elevadas *ratios theta-beta*. Los resultados del metaanálisis realizado por Snyder y Hall (2006) apoyan la conclusión de que el aumento de la *ratio theta/beta* es una característica común en las personas con TDAH, con independencia de la edad, respecto al grupo control.

Por otro lado, algunas investigaciones pretenden determinar diferentes estados cerebrales evaluando a los niños con sintomatología de TDAH mientras éstos ejecutan diversas *tareas*. En este sentido, Mann *et al.* (1992) evalúa a los participantes en descansando y realizando tareas cognitivas que requieren atención sostenida. Los resultados obtenidos revelan aumento en la amplitud de la banda *theta* durante la condición de descanso, predominantemente en la región frontal. Durante la realización de tareas cognitivas estos pacientes mostraban elevada onda *theta* en regiones frontales y centrales así como disminución de la actividad *beta* en las regiones temporales y posteriores. Estos resultados fueron corroborados posteriormente por Demos (2005), quien observó que durante los retos académicos se constataba aumento en la actividad lenta de *theta* (4-8 Hz) especialmente a lo largo de la línea media posterior y disminución de la actividad *beta*.

Por otro lado, Lubar, Swartwood, Swartwood, y Timmermann (1996) examinaron la relación entre TDAH y la *ratio theta-beta* realizando las siguientes tareas: ojos abiertos, ojos cerrados, leyendo en silencio, completando tareas viso motoras y escuchando. Los resultados mostraron excesivas ondas lentas en personas con este trastorno, observándose, asimismo, que el registro con ojos cerrados era más preciso que el realizado con ojos abiertos debido a que en esta condición quedan minimizados los artefactos provenientes de los movimientos de los ojos (Congredo, & Lubar, 2003).

Monastra *et al.* (1999), por su parte, evaluaron a niños con TDAH en comparación con un grupo control mientras realizaban cuatro tareas diferentes: ojos abiertos mirando un punto fijo, leer, escuchar y dibujar las figuras del Test de Bender-Gestalt. Sus resultados revelaban que los niños,

con independencia del subtipo de TDAH, mostraban valores más elevados (ratio *theta/beta*) en la tarea de dibujar respecto al resto de las actividades realizadas, apreciándose esta diferencia significativa en el grupo TDAH tipo combinado. Los resultados corroboran que el nivel de ondas lentas es más elevado en edades jóvenes (6-11 años) manteniendo esta diferencia en todas las tareas evaluadas. Estudios previos (Lubar, 1991) hallaron resultados similares respecto a la tarea de dibujar. En consonancia con estas investigaciones, el trabajo que se expone a continuación tiene planteados los siguientes objetivos:

- a) Determinar la validez del EEG en la identificación del TDAH tomando como referencia dos de los parámetros definidos y manejados habitualmente en investigaciones previas sobre el tema: (1) *ratio theta/beta* establecida por Thompson y Thompson (2003), considerando grupos de edad y estimando que la ratio es igual o superior a 2,5 para niños menores de 11 años e igual o superior a 2,1 en niños mayores de esta edad, y (2) *ratio theta/beta* por encima de 1,5 desviaciones tipo de población normal. En nuestro caso, niños, agrupados también por edad, que no cumplieran los criterios diagnósticos establecidos. Este criterio coincide con el planteado en investigaciones similares (Monastra *et al.*, 2001 y Snyder *et al.*, 2008).
- b) Discriminar los índices de validez de la evaluación electroencefalográfica teniendo en cuenta las variables tarea realizada (mirar un punto fijo, leer, escuchar y dibujar) y grupo de edad de los menores participantes.
- c) Precisar la validez de la escala *SNAP-IV* (Swanson 1995), instrumento empleado en Atención Primaria para derivar a los niños participantes por presentar sintomatología de TDAH.

Método

Sujetos

La muestra está compuesta por niños y adolescentes, de ambos sexos, con edades comprendidas entre 7 y 14 años (media = 9,08 y d.t.=1,88), remitidos para el estudio con sospecha del TDAH, según instrumento de screening manejado. Los participantes han sido seleccionados entre la población infantil que acude a las consultas de pediatría de Atención Primaria, correspondientes al Distrito Sanitario Sevilla Sur.

Los criterios de inclusión manejados han sido los siguientes: (a) edad comprendida entre 7 y 14 años, (b) presentar sintomatología del TDAH, según protocolo específico de exploración pediátrica, acorde con los criterios del DSM -IV-TR, (c) esta sintomatología constituye el cuadro primario, los síntomas de TDAH no son secundarios a otro cuadro clínico, y (d) no estar bajo tratamiento

farmacológico, estimulantes, por este trastorno en el momento del estudio.

Los criterios de exclusión contemplados en este trabajo son los siguientes: (a) edad inferior a 7 años y/o superior a 14, (b) evidencias de discapacidad psíquica o deficiencia mental, (c) presencia de trastorno o enfermedad con síntomas secundarios de hiperactividad y (d) encontrarse, en el momento del estudio, en tratamiento farmacológico por este trastorno.

Han participado, derivados con sospecha de hiperactividad, 108 niños, de éstos han sido evaluados 75 menores. Los 33 menores restantes fueron excluidos, teniendo en cuenta alguno de los criterios antes mencionados, o bien, abandonaron el estudio antes de realizar la evaluación electroencefalográfica.

Teniendo en cuenta la variable género, 56 eran niños (74,7%) y 19 niñas (25,3%). Esta distribución pone de manifiesto la prevalencia más elevada de esta sintomatología entre los varones, cuestión evidenciada en los distintos trabajos realizados sobre el tema (López-Soler, Castro, Alcántara, Fernández y López, 2009).

Instrumentos

Se ha empleado el siguiente material e instrumentos:

SNAP-IV (Versión abreviada) (Swanson, 1995). Se trata de la versión abreviada de esta escala, adaptada a los criterios del DSM-IV para el TDAH y una de las escalas más utilizadas en Pediatría de Atención Primaria en nuestro medio. Los ítems 1-9 permiten evaluar inatención y los ítems 10-18 hiperactividad e impulsividad. Se trata de una escala tipo likert con cuatro opciones de respuesta, siendo 0 el valor más bajo y 3 el más elevado. Es posible obtener una puntuación global y parcial según subtipo. Existe una versión padres y otra para profesores, con baremos y puntos de corte diferenciados. Finalmente, señalar que ha sido empleada en numerosos estudios centrados en el análisis de la eficacia de tratamientos farmacológicos (Faraone, 2009).

Escala de evaluación del TDAH-IV (ADHD Rating Scale-IV, DuPaul, Power, Anastopoulos, & Reid, 1998). Se trata de una escala utilizada habitualmente para clasificación y/o diagnóstico de menores con TDAH (Danforth, & DuPaul, 1996), cuenta con destacados niveles de fiabilidad y validez (DuPaul, Power, Anastopoulos, Reid, McGoye e Ikeda, 1997; Collett, Ohan, & Myers, 2003). Está integrada por dos subescalas, inatención y sobreactividad-impulsividad motora, ambas de nueve ítems, que permiten la obtención de tres valores: índice global que proporciona valoración general del trastorno en el niño evaluado, un segundo valor que indica déficit de atención y un tercero que valora hiperactividad-impulsividad. Se presenta con cuatro alternativas de respuesta que oscilan entre “nunca o casi nunca” y “muy frecuentemente”. Asimismo, existen dos versiones de la escala, padres y profesores.

Entrevista clínica semiestructurada específica para el TDAH de Barkley (Barkley, Murphy, & Bauermeister, 1998). Se trata de una entrevista que realiza un screening de los síntomas más característicos del trastorno hiperactivo, así como de sus trastornos comórbidos más frecuentes.

Evaluación electroencefalográfica, realizada con el equipo *Atlantis II 2x2 Clinical System*, con software *Brainmaster 3.5*, mediante una localización monopolar en Cz o FCz, en función de la edad de los sujetos y referencia en los lóbulos de la oreja. El rango de frecuencias considerado fue 1-30 Hz, con una tasa de muestreo de 256 mps, considerando el umbral de artefacto en 120 μ v. Para la evaluación según distintas tareas se ha empleado (a) figura de una cara sencilla impresa en papel, (b) dos textos para lectura con diferente nivel de complejidad según la edad del niño y (c) las figuras del Test Bender-Gestalt (Bender, 2009).

Procedimiento

Esta investigación se ha desarrollado según tres momentos. En primer lugar, los niños eran detectados en consulta de pediatría de atención primaria por presentar síntomas del TDAH, a continuación, tras el consentimiento de sus padres, se procedió a la administración de la Entrevista y Escalas para padres y profesor. Finalmente, se llevó a cabo la Evaluación Electroencefalográfica que comenzaba con la explicación a los participantes, en presencia de sus padres, del procedimiento a seguir, haciendo especial referencia en la colocación de los electrodos realizada, en este caso, en base al sistema internacional 10-20. A continuación se procedía a la colocación de los mismos, identificando el punto Cz o FCz, en función de la edad de los niños, esto es, entre los 7 y 11 años o los 12 y 14, respectivamente (Thompson, & Thompson, 2003).

En cada caso se han realizaron cuatro registros de tres minutos de duración y línea base de diez segundos. La evaluación se ha efectuado mientras el niño realizaba distintas tareas de acuerdo con la secuencia siguiente: (a) fijar la mirada en un punto fijo, (b) leer en silencio un texto adaptado a su nivel escolar (previa valoración de su nivel de lectura que determinaba el texto a emplear), (c) escuchar activamente al evaluador comentar varios aspectos vinculados al texto leído previamente y (d) copiar las figuras del Test Bender-Gestalt. Una vez concluido el procedimiento y retirada de los electrodos, se proporciona elogios y reforzamiento al niño por su ejecución.

Resultados

En primer lugar, se confirmó el diagnóstico de TDAH en aquellos participantes (derivados por sospecha) que cumplían los criterios diagnósticos a través de la entrevista semiestructurada de Barkley (Barkley *et al.*, 1998) y las

escalas de DuPaul en en ambas versiones (DuPaul *et al.*, 1998). Esto es, superar en la escala de padres y profesores los percentiles 80 y 90, respectivamente.

El primer objetivo de este trabajo, analizar la validez del EEG a partir de la ratio *theta/beta*, se planteó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

El niño presenta una ratio *theta/beta* igual o superior a 2,5 para menores de 11 años e igual o superior a 2,1 en niños mayores de esta edad (Thompson, & Thompson, 2003).

Las ratios *theta/beta* son superiores a 1,5 desviaciones tipo de población normal, establecidas en 2,47 para los menores de 11 años y 1,85 para los niños con 12 años o superior. Este último valor refleja las mayores diferencias entre estos criterios.

Se ha realizado un análisis de validez a través de los índices de sensibilidad y especificidad estimados para ambos criterios. No obstante, dado que estos valores informan exclusivamente de las propiedades intrínsecas de las pruebas y no permiten obtener información real sobre la probabilidad de que un individuo esté realmente enfermo/afectado por el trastorno aunque cumpla uno de los parámetros estudiados, se optó por complementar los datos obtenidos con la información aportada por otros análisis específicos. Si bien, es habitual estimar, con este propósito, el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN) ambos valores predictores se encuentran fuertemente determinados por la prevalencia del trastorno en la muestra a estudiar, circunstancia que no permite realizar comparaciones entre grupos de distinta prevalencia o diferentes métodos de medida (Pita, & Pértegas, 2003), tal como se ha planteado en esta investigación. En consecuencia, se estimó la razón de verosimilitud o cociente de probabilidad, análisis que mide cuánto más probable es un resultado determinado en función de si se cumple o no un criterio establecido (Altman, & Bland, 1994). Este índice permite relacionar la información de sensibilidad y especificidad en un solo valor, es independiente de la prevalencia y hace posible la comparación de distintos métodos de diagnóstico entre sí.

Así pues, considerando que la *sensibilidad* en este estudio representa la probabilidad de que niños con TDAH presenten un EEG anormal, los datos obtenidos, referidos a la totalidad de los participantes, muestran una sensibilidad del EEG según el criterio de ratio *theta/beta* propuesto por Thompson y Thompson (2003) de 72,58% y 74,19% al considerar el criterio de desviación tipo. Respecto a la *especificidad*, es decir la probabilidad de detectar correctamente la ausencia de TDAH, cuando se ha considerado la ratio *theta/beta* según los puntos de corte propuestos por Thompson y Thompson (2003) (primer criterio manejado en esta investigación) el valor obtenido es 84,62%, porcentaje considerablemente elevado en comparación con la especificidad estimada a través de la desviación tipo, 76,92% (tabla 1). Estos resultados coinciden con los

hallados en investigaciones previas y se enmarcan en los intervalos correspondientes a Sensibilidad y Especificidad detectados en trabajos similares (Snyder *et al.*, 2008). Asimismo, hemos de añadir que ambos criterios han detectado correctamente, casos positivos y negativos, un 75% de la muestra. Se trata de resultados coincidentes con los datos proporcionados por los instrumentos empleados habitualmente en el diagnóstico del TDAH.

Al analizar los resultados según grupos de edad, no se aprecian diferencias en los datos obtenidos según ambos puntos de corte (ratio *theta/beta*) en los niños de menor edad (7-11 años). Sí existen diferencias en especificidad entre uno y otro criterio en los niños con edad entre 12-14 años. En este último caso, los índices de sensibilidad se sitúan por encima del 80% al considerar el criterio de ratio *theta/beta* (Thompson, & Thompson, 2003) (81,82%) y superior al 90% según el criterio correspondiente a la desviación tipo (90,91 %) (tabla 2). Así pues, a partir de 12 años, umbrales de ratios *theta/beta* más bajos aumentan la sensibilidad influyendo también en la especificidad de la evaluación EEG, tal como se comprueba en estos casos en los que ambos criterios alcanzan el 100%. Esto es, todos los niños participantes de más edad que no tenían el trastorno no cumplían el criterio de ratio establecido para esta investigación. La diferencia encontrada entre ambos criterios respecto a sensibilidad se observa asimismo, en los datos de eficacia global relativos a la detección. En este caso, cuando se consideran los niños más pequeños ambos métodos clasifican adecuadamente en torno al 73%, sin embargo, entre los participantes de más edad, el Criterio 1

(ratio *theta/beta*, según Thompson, & Thompson, 2003) agrupa correctamente al 83% de los niños, hallándose que esta agrupación es correcta en el 91 % de los casos según el Criterio 2 (desviación tipo).

Asimismo, siempre que se estimen los valores de sensibilidad y especificidad, es necesario recurrir a los cocientes de probabilidad positiva (CPP) y negativa (CPN), como antes se ha comentado. El CPP sí se convierte en un marcador diferenciador de los dos criterios comparativos de este estudio, observándose que, respecto a la totalidad de la muestra, el criterio propuesto por Thompson y Thompson (2003) obtiene un índice más elevado, indicando, pues, que mostrar una ratio por encima de la establecida es 4 veces más probable en un sujeto con TDAH que en otro individuo no hiperactivo. Así pues, estos datos avalan la utilidad al registro EEG como instrumento de detección positiva del trastorno inatento e hiperactivo. Por otra parte, estas diferencias se acentúan en los participantes entre 7 a 11 años. En este grupo el CPP de la desviación tipo (Criterio 2) obtenido es 2,82, frente al 4,23 del Criterio 1 (véase la tabla 2). No se incluyen los datos correspondientes al grupo de más edad debido a los resultados hallados respecto a la especificidad (100%). Teniendo en cuenta estos resultados, la edad resulta un factor determinante a considerar en todas las evaluaciones, determina el nivel de ratio y la eficacia de ésta. Por este motivo, se ha optado por exponer, respecto al segundo objetivo planteado, los resultados extraídos según rangos de edad.

De este modo, los índices de validez estimados en EEG según las tareas realizadas (mirar el punto fijo, leer, escuchar y dibujar test de Bender) de acuerdo con los criterios (ratio *theta/beta*) se exponen en la tabla 3 para el rango de edad entre 7 y 11 años. Como se puede observar, los resultados de validez, en este caso, son inferiores a los obtenidos analizando la muestra total.

De esta forma, (véase tabla 3) considerando los datos de todas las tareas realizadas se aprecia mejores índices de validez (sensibilidad y CPP) obtenidos con el criterio (ratio *beta/theta*) propuesto por Thompson, & Thompson, 2003). En este caso, la tarea de Dibujar obtiene mayor sensibilidad, 72,73%, registrándose en las tareas Leer Mirar un punto fijo y Escuchar los siguientes valores 68,75%, 68% y 65,96%, respectivamente. No obstante, un análisis más preciso de los resultados, considerando todos los

Tabla 1. Datos de sensibilidad, especificidad, CPP y CPN correspondientes a la Evaluación Electroencefalográfica según los dos criterios de ratio *theta/beta* manejados.

Criterio	Global	
	Thompson	Desv. tipo
Sensibilidad %	72,58	74,19
Especificidad %	84,62	76,92
CPP	4,71	3,22
CPN	0,32	0,34

Tabla 2. Datos de sensibilidad, especificidad, CPP y CPN correspondientes a la Evaluación Electroencefalográfica teniendo en cuenta los criterios de ratio *theta/beta* manejados y el grupo de edad.

	Criterio	Sensibilidad %	Especificidad %	Cpp	CPN
7-11 años	Thompson	70,59	83,33	4,23	0,35
	Desv. tipo	70,59	75	2,82	0,39
12-14 años	Thompson	81,82	100	-	0,18
	Desv. tipo	90,91	100	-	0,1

valores analizados muestra que Dibujar obtiene índices de especificidad y CPP más bajos (40% y 1,21). Sin embargo, a juzgar por estos resultados, Escuchar resulta, entre todas, la actividad más útil para el diagnóstico en las edades comprendidas entre 7 y 11 años. Si bien, respecto a esta tarea, el valor correspondiente a sensibilidad es inferior (66%) comparativamente con el resto de tareas efectuadas, tanto la especificidad como el CPP destacan, situándose por encima del 80% (sensibilidad) y mostrando una probabilidad superior a 3 en el cociente de probabilidad. Cabe destacar, asimismo, que la utilidad de la tarea Escuchar es clara según los resultados obtenidos, en función de los dos criterios estudiados en esta investigación. A ello se añade, que mediante la tarea de Escuchar se obtiene un 70% de clasificación correcta global, encontrándose, asimismo, entre las más elevadas para este grupo de edad. Así pues, según los datos extraídos (véase tabla 3), la tarea de Escuchar constituye la prueba más útil y eficaz para la de detección, a través de EEG, de sujetos TDAH entre los 7 y 11 años.

Por otro lado, respecto los participantes con edades entre 12-14 años, los datos correspondientes a las tareas realizadas durante el EEG muestran elevados índices de sensibilidad y especificidad. Si se consideran los resultados según el punto de corte propuesto por Thompson y Thompson (2003), en dos de las pruebas, Lectura y Dibujar, se han obtenido índices de sensibilidad por encima del 90%. Hallándose valores más reducidos para las tareas Mirar un punto fijo (81,82%) y Escuchar, (72,73%). Ésta última, como puede observarse (tabla 4), resulta también en este grupo, la actividad que menos sensibilidad muestra. No obstante, estos datos se modifican ligeramente cuando se maneja el criterio 2 (ratio theta/beta según desviación tipo), en este caso los niveles de sensibilidad más elevados corresponden a las tareas Mirar un punto fijo y Leer (81,82%), tal como se aprecia en la tabla 4. La especificidad es similar en todos los casos. Por otro lado, el 100% de los sujetos sin trastorno no cumplieron los criterios de ratio de ambos métodos de clasificación.

En relación a los niveles de eficacia en la detección real, todos los valores se sitúan por encima del 75% en ambos criterios. Podemos destacar el 91 % de clasificación correcta proporcionada por el criterio propuesto por Thompson y Thompson (2003) en las tareas de Lectura y Dibujar. Así pues, estos datos revelan estabilidad en la capacidad de detección y clasificación del registro EEG, al menos cuando se maneja los puntos de corte según *ratio theta/ beta* como criterios de categorización.

En relación a la validez del cuestionario SNAP-IV tercer objetivo de esta investigación, añadir que esta escala identificó a todos los sujetos como posibles TDAH, motivo por el cual los análisis realizados se centran en la sensibilidad, el CPP y los porcentajes de clasificación correcta del mismo, tanto considerando la muestra globalmente, como atendiendo a los grupos de edad. De esta forma, la sensibilidad de la SNAP se sitúa en todos los casos en el 100%, dado que identifica a todos los posibles casos. Evidentemente, esta alta sensibilidad se ve contrarrestada por el bajo cociente de probabilidad positiva. Ello define a la SNAP-IV como una prueba idónea de *screening*, ya que no permite que sujetos con un posible TDAH sean excluidos, aunque, sin embargo, presenta bajos niveles de especificidad. Asimismo, según los resultados obtenidos, este instrumento resulta más adecuado cuando se trata de menores de más edad, si bien es claramente menos efectiva, en comparación con el EEG, para clasificar a los niños, casos positivos/negativos, en el momento del diagnóstico de TDAH. Respecto a esta cuestión, y teniendo en cuenta los resultados hallados, la evaluación electroencefalográfica obtiene mejores porcentajes de clasificación.

Discusión

La evaluación y diagnóstico del TDAH es una tarea muy compleja, agravada por las propias características del trastorno, que no cuenta, además, con instrumentos de referencia que permitan diagnosticar por sí mismos. Ello obliga a emplear pruebas de distinta naturaleza

Tabla 3. Datos de sensibilidad, especificidad, CPP y CPN según los dos criterios de ratio *theta/beta* manejados y teniendo en cuenta la tarea realizada durante EEG (rango de edad 7 a 11 años).

Tareas	Criterio	Sensibilidad %	Especificidad %	CPP	CPN
Mirar punto	Thompson	68,00	75	2,72	0,43
	Desv. tipo	64,71	75	2,59	0,47
Lectura	Thompson	68,75	72,73	2,52	0,43
	Desv. tipo	58,82	66,67	1,76	0,62
Escucha	Thompson	65,96	81,82	3,62	0,41
	Desv. tipo	63,83	81,82	3,51	0,44
Dibujar Bender	Thompson	72,73	40	1,21	0,68
	Desv. tipo	40	72,73	1,46	0,83

Tabla 4. Datos de sensibilidad, especificidad, CPP y CPN según los dos criterios de ratio *theta/beta* manejados y teniendo en cuenta la tarea realizada durante EEG (rango de edad 12 a 14 años.)

Tareas	Criterio	Sensibilidad %	Especificidad %	Cpp	CPN
Mirar punto	Thompson	81,82	100	-	0,19
	Desv. tipo	81,82	100	-	0,19
Lectura	Thompson	90,91	100	-	0,10
	Desv. tipo	81,82	100	-	0,19
Escucha	Thompson	72,73	100	-	0,27
	Desv. tipo	72,73	100	-	0,27
Dibujar Bender	Thompson	90,91	100	-	0,10
	Desv. tipo	72,73	100	-	0,27

e instrumentos diversos con el objetivo de detectar de forma fiable tanto los casos positivos, derivados para estudio por sospecha de TDAH, como los casos negativos, aquellos que aún mostrando sintomatología similar, no presentan este trastorno. La detección correcta de los niños es una cuestión de especial significado en la práctica clínica, ámbito en el que, con frecuencia, sin contar con un diagnóstico confirmado se procede a la prescripción de medidas terapéuticas innecesarias en muchos casos.

Los datos de sensibilidad y especificidad hallados por las investigaciones al respecto encuentran en el empleo del registro electroencefalográfico una herramienta útil para complementar la evaluación de este trastorno. Así, Snyder *et al.*, (2008) hallaron mejores índices de sensibilidad y especificidad al emplear el criterio basado en la ratio *theta/beta* que el aportado por las escalas clásicas de DuPaul (DuPaul *et al.*, 1998) y Conners (Conners, 1997). Estas últimas presentaban dificultades especialmente centradas en la especificidad, por lo que su porcentaje de detección correcta global en dicho estudio se situaba en torno al 50%-60%.

En la investigación que se expone, los valores de sensibilidad y especificidad globales, presentados anteriormente (tabla 1), detectan y filtran correctamente al 75% de la muestra. Estos datos permiten afirmar que si un niño puntúa por encima de la ratio considerada como punto de corte, es cuatro veces más probable que tenga el trastorno hiperactivo/atencional en comparación con otro menor con una puntuación en ratio distinta. Estos resultados coinciden con otros estudios previos al obtener valores de sensibilidad y especificidad similares (Monastra *et al.*, 2005).

Uno de los objetivos de este estudio es valorar qué criterio de ratio *theta/beta* es más adecuado, si uno estándar baremado con una gran muestra (Thompson y Thompson, 2003) u otro basado en la desviación tipo de una muestra normalizada que cumpla con un mismo perfil poblacional (Snyder *et al.*, 2008). Los datos obtenidos parecen apoyar de forma más generalizada al primero. Es decir, el criterio 1 manejado en esta investigación. No obstante, se

puede establecer un perfil de sujetos donde parece obtener un mejor resultado el Criterio 2 (desviación tipo). Así, según los resultados que hemos obtenido, este criterio sería útil en situaciones en las que se incluyan diferentes tareas de evaluación y éstas se consideren globalmente. Esto es, estimando una media que incluyera todas las tareas simultáneamente y siempre que la intervención se realizara con niños entre 12 y 14 años, de edad. En este rango de edad, teniendo en cuenta los datos hallados en este trabajo, la clasificación correcta de los individuos en cuanto al diagnóstico de TDAH puede alcanzar el 90%.

No obstante, como limitación resulta oportuno indicar que estos resultados están muy influenciados por el rango de edad estudiado, dos intervalos, a saber, 7 a 11 años y 12 a 14 años. En cada uno de ellos, la localización del electrodo activo o de registro está situado en diferente lugar, Cz y FCz, respectivamente, justificado por las distintas intensidades de las ondas *theta* y *beta* en función de la edad, objeto de estudio de esta investigación, (Lubar, 1995). Al respecto, para el grupo de los mayores el EEG es más fiable y eficaz, superando en todos los casos el 80% de sensibilidad. En este sentido, destaca la capacidad predictiva del registro EEG como prueba para descartar la presencia del trastorno hiperactivo en niños sin TDAH, especialmente respecto al grupo de los mayores, datos coincidentes con los aportados por Monastra *et al.*, (2001).

Otro de los objetivos de esta investigación era valorar la necesidad o no de realizar distintas tareas mientras se realiza el registro EEG. Al respecto, la mayoría de los trabajos previos parecen centrarse en las distintas intensidades que presentan los perfiles del electroencefalograma, especialmente las ondas lentas, mientras se realizan diferentes tareas (Lubar *et al.*, 1996; Monastra *et al.*, 1991) y no tanto en la capacidad de las mismas para potenciar sus índices de validez. En este caso, los datos avalan una mayor ratio en la tarea de dibujar, aunque con diferente interpretación en función del grupo de edad de referencia. Así, la ratio *theta/beta* elevada en el grupo de 7 a 11 años, genera un efecto de mayor sensibilidad que no se acompaña de buenos

resultados de especificidad y razón de verosimilitud, por lo que no aporta poder predictivo. Por el contrario, en el grupo de 12 a 14, sí es una de las tareas más eficaces, con los mejores resultados en todos los índices considerados, acompañada por la tarea de lectura. Estos datos, en consonancia con los proporcionados por Monastra *et al.* (1999) plantean la necesidad de centrar la evaluación EEG en un par de tareas, simplificándola en tiempo y complejidad, y, según los resultados obtenidos, más fiable.

Los resultados extraídos respecto a la validez de la SNAP avalan el uso tradicional de este instrumento en el ámbito del TDAH. Esto es, definen esta escala como prueba adecuada, cuando se emplee como primer filtro en casos de sospecha de TDAH.

A modo de conclusión cabe indicar que los datos extraídos en esta investigación avalan el empleo del registro EEG para garantizar un diagnóstico más fiable del TDAH. Esta cuestión es especialmente notable teniendo en cuenta la elevada comorbilidad que caracteriza a este trastorno, circunstancia que induce a la sobrestimación diagnóstica observada en los últimos años. En todo caso, nuevas investigaciones en el futuro habrán de indagar en la validez de la evaluación electroencefalográfica a partir de grupos más numerosos de pacientes, ampliando el rango de edad estudiado y comparando niños con diagnóstico de TDAH respecto a otros grupos de menores con patologías distintas, no comórbidas.

Referencias

- Altman D.G., & Bland J.M. (1994). Statistics Notes: Diagnostic tests 1: sensitivity and specificity. *British Medical Journal*, 308, 1552.
- Barkley, R.A., Murphy, K.R., & Bauernmeister, J.J. (1998). *Trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Un manual de trabajo clínico*. Nueva York: Guilford.
- Barry, R.J., Clarke, A.R., & Johnstone, S.J. (2002). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology* 114, 171-183.
- Barry, R.J., Clarke, A.R., McCarthy, R., Selikowitz, M., & Rushby, I.A. (2005). Arousal and Activation in a Continuous Performance Task: An Exploration of State Effects in Normal Children. *Journal of Psychophysiology*, 19 (2), 91-99.
- Bender, L. (2009). *Test Guestráltico Visomotor: usos y aplicaciones clínicas*. Barcelona: Paidós.
- Blume, W.T., & Kaibara, M. (1995). *Atlas of adult electroencephalography*. Nueva York: Raven Press.
- Bresnahan, S.M., Anderson, J.W., & Barry, R.J. (1999). Age-related changes in quantitative EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 46, 1690-1697.
- Bresnahan, S.M., & Barry, R.J. (2002). Specificity of quantitative EEG analysis in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, 112, 133-144.
- Clarke, A.R., Barry, R.J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2001). Age and sex effects in the EEG: development of the normal child. *Clinical Neurophysiology*, 112, 806-814.
- Collett, B.R., Ohan, J.L., & Myers, K.M. (2003). Ten-year review of rating scales. VI: Scales assessing externalizing behaviors. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 42, 1143-1170.
- Congedo, M., & Lubar, I.F. (2003). Parametric and non-parametric analysis of QEEG: Normative database comparisons in electroencephalography, a simulation study on accuracy. *Journal of Neurotherapy*, 7 (3-4), 1-29.
- Conners, C.K. (1997). *Conners' Parent Rating Scale. Revised Manual*. Nueva York: Multi-Health Systems.
- Comelio-Nieto, J., Borbolla-Sala, M., & Gallegos-Dimas, A. (2011). Alteraciones electroencefalográficas en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Revista de Neurología*, 52 (1), 97-101.
- Danforth, J., & DuPaul, G. (1996). Interrater reliability of teacher rating scales for children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 18, 227-237.
- Demos J.N. (2005). *Getting Started with Neurofeedback*. Nueva York/Londres: W.W. Norton & Company.
- Drechsler, R., Straub, M., Doehner, M., Heinrich, H., Steinhausen H., & Brandeis, D. (2007). Controlled evaluation of a neurofeedback training of slow cortical potentials in children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Behavioral and Brain Functions* 3, 35.
- DuPaul, G.I., Power, T.J., Anastopoulos, A.D., & Reid, R. (1998). *ADHD rating scale-IV: Checklists, norms, and clinical interpretation*. Nueva York: Guilford Press.
- Faraone, S.V. (2009). Using meta-analysis to compare the efficacy of medications for attention-deficit/hyperactivity disorder in youths. *P&T*, 34, 678-694.
- Loo, S.K., & Barkley, R.A. (2005) Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder. *Applied Neuropsychology*, 12, 64-76.
- López-Soler, C., Castro, S.M., Alcántara, L.M., Fernández, F.V., & López, J.A. (2009). Prevalencia y características de los síntomas externalizantes en la infancia. Diferencias de género. *Psychothema*, 21, 353-358.
- Lubar, J.R., Swartwood, M.O., Swartwood, J.N., & Timmermann, D.L. (1996). Quantitative EEG and auditory event-related potentials in the evaluation of attention deficit/hyperactivity disorder: Effects of methylphenidate and implications for neurofeedback training. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 143-160.
- Mann, C., Lubar, J., Zimmerman, A., Miller, C., & Muenchen, R. (1992). Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: Controlled study with clinical implications. *Pediatric Neurology*, 8, 30-36.
- Matousek, M., & Petersen, I. (1973). Frequency analysis of the EEG in normal children and normal adolescents. En P. Kellaway y I. Petersen (Eds.), *Automation of clinical electroencephalography*. Nueva York: Raven Press.
- Monastra, V.J., Lubar, J.F., Linden, M., VanDeusen, P., Green, G., Wing, W. *et al.* (1999). Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: An initial validation study. *Neuropsychology* 13, 424-443.
- Monastra, V.J., Lubar, I.F., & Linden, M. (2001). The Development of a Quantitative Electroencephalographic Scanning Process for Attention Deficit-Hyperactivity Disorder: Reliability and Validity Studies. *Neuropsychology*, 15 (1), 136-144.

- Monastra, V.J., Lynn, S., Linden, M., Lubar, J.F., Gruzelier, J., & La Vaque, T.J (2005). Electroencephalographic Biofeedback in the Treatment of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30 (2), 95-114.
- Morán, I., Navarro-Mateu, F., Robles, F., & De Concepción, A. (2008). Validez del diagnóstico clínico del trastorno por déficit de atención con hiperactividad en las derivaciones de pediatría a la consulta de psiquiatría infantil. *Atención Primaria*, 40, 29-33.
- Moreno, I., & Servera, M. (2002). Los trastornos por déficit de atención con hiperactividad. En M. Servera (Coord.), *Intervención en los trastornos del comportamiento infantil* (págs. 217-253). Madrid: Pirámide.
- Pita, S., & Pértigas, S. (2003). Pruebas diagnósticas: sensibilidad y especificidad. *Cuadernos de Atención Primaria*, 10, 120-124.
- Silver, L.B. (2004). *Trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Guía clínica de diagnóstico y tratamiento para profesionales de la salud*. Barcelona: Psiquiatría.
- Snyder, S.M. , & Hall, J. R. (2006). A Metaanalysis of Quantitative EEG Power Associated With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23 (5), 441-456.
- Snyder, S., Quintana, H., Sexson, S., Knott, P., Haque, A.F.M., & Reynolds, D. (2008). Blinder, multi-center validation of EEG and rating scales in identifying ADHD within a clinical sample. *Psychiatry Research*, 159, 346-358.
- Swanson, J.M. (1995). *SNAP-IV Scale*. Irving: Child Development Center.
- Thompson, M., & Thompson, L. (2003). *The Neurofeedback Book. An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology*. Wheat Ridge: The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.