

## HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS DEL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD

MANUEL A. FERNÁNDEZ, MARÍA D. MORILLO, NOELIA GILIBERT, CARLA CARVALHO, SABINA BELLO

*Instituto Andaluz de Neurología Pediátrica, Sevilla, España*

**Resumen** El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es el principal motivo de consulta en la mayoría de las unidades de Neurología Pediátrica en España. Las nuevas tecnologías asocian además beneficios tanto para los pacientes como para los profesionales y el propio sistema sanitario. Se hace imprescindible su implementación racional. La genética, la neuroimagen o la realidad virtual por ejemplo, son claros exponentes de los resultados que se pueden conseguir al optimizar los procesos tradicionales. Las diferentes tecnologías que recogemos en este artículo están completamente operativas y cuentan con miles de pacientes de experiencia. La incorporación de las mismas a la práctica clínica habitual está en nuestras manos

**Palabras clave:** trastorno por déficit de atención e hiperactividad, nuevas tecnologías, realidad virtual

**Abstract** *The technological tools of the diagnosis and treatment of attention deficit disorder and hyperactivity.* Attention deficit disorder and hyperactivity (ADHD) is the main reason for consultation in most Pediatric Neurology units in Spain. The new technologies also associate benefits for both patients and professionals and the health system itself, which makes its rational implementation essential. Genetics, neuroimaging or virtual reality, for example, are clear exponents of the results that can be achieved by optimizing traditional processes. The different technologies that we collect in this article are fully operational and have thousands of experience in patients. The incorporation of them to the usual clinical practice is in our hands.

**Key words:** attention deficit disorder and hyperactivity, new technologies, virtual reality

El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es el principal motivo de consulta en la mayoría de las unidades de Neurología Pediátrica en España con cifras de prevalencia que alcanzan el 7% de los niños en edad escolar y alrededor de un 4% en adolescentes y adultos<sup>1</sup>.

Dado que los síntomas que lo caracterizan asocian aspectos conductuales, la subjetividad del observador es un factor crucial a la hora de realizar el diagnóstico, así como uno de los principales puntos de controversia al respecto.

Ante la trascendencia del problema y la necesidad de superar los falsos mitos acerca del sobre diagnóstico o incluso la inexistencia del TDAH, se hace imperiosa la necesidad de objetivar los síntomas y estandarizar un proceso de diagnóstico que aporte resultados indudables.

Las nuevas tecnologías asocian además una serie de beneficios adyuvantes como la receptividad por parte de pacientes y familias. La facilidad de uso, la rapidez de los resultados, un coste cada vez menor de los medios tecnológicos así como la posibilidad de explotar los datos

gracias al *Big Data* son unas características difícilmente evitables.

El origen básico del TDAH es genético, pero existen más factores de tipo ambiental que pueden condicionar su aparición. De una forma o de otra, se asocian alteraciones de la estructura y el funcionamiento cerebral. Esto condiciona la desregulación de neurotransmisores responsable de la aparición de las alteraciones neuropsicológicas que provocan los síntomas.

En base a esto, se podría considerar que en cada uno de los niveles descritos, sería factible establecer medidas para implementar un diagnóstico. Aun así, en la situación actual esto no es posible y el diagnóstico del TDAH es exclusivamente clínico.

En esta revisión se presentan las principales herramientas de apoyo al diagnóstico del TDAH basadas en nuevas tecnologías, así como las diferentes opciones de intervención terapéutica que en esta patología permiten abordar algunos de los puntos definidos en los niveles descritos anteriormente.

El uso combinado de varias de estas herramientas complementarias tanto a nivel diagnóstico como terapéutico es una magnífica alternativa a los procedimientos clásicos a la hora de optimizar el proceso y los resultados conseguidos con nuestros pacientes<sup>2</sup>.

## Complementos tecnológicos a la detección y evaluación del TDAH

Lo primero que se percibe cuando algo no evoluciona correctamente en el desarrollo de las funciones ejecutivas y demás sistemas implicados en las alteraciones funcionales de un niño con TDAH son dificultades en su rendimiento diario en diferentes áreas de su vida, como el rendimiento académico, las relaciones sociales y la conducta.

Partiendo de esta base, un sistema de detección precoz de este tipo de marcadores sería de gran ayuda para anticipar la intervención a realizar.

Una vez aceptada y confirmada la existencia de algún tipo de problema, que en este caso puede ser debido a la existencia de un cuadro de TDAH, en base a parámetros observacionales, parece razonable dar un paso más en el proceso de análisis y valorar si, desde un punto de vista funcional y neuropsicológico, hay funciones cognitivas alteradas implicadas. Para ello, herramientas de valoración objetivas, ecológicas, de fácil manejo y rápido análisis para el profesional, agilizarían las evaluaciones.

## DIDE

DIDE es un proyecto de base tecnológica avalado por *partners* de gran calado como Microsoft, Google o Huawei, que cuenta con el sello de calidad de la Unión Europea.

Tiene como finalidad la detección precoz de problemas de aprendizaje o desarrollo entre los 2 y los 18 años, de forma no intrusiva, mediante la evaluación de una serie de ítems específicamente desarrollados para valorar el desempeño normal del niño desde la perspectiva de padres, profesores y profesionales educativos o sanitarios.

El proyecto cuenta con una plataforma web en la que el responsable de la evaluación del niño puede solicitar la realización de una serie de pruebas a cualquiera de los agentes implicados o interesados. De esta forma, se consigue un perfil global que también se puede analizar por informador en el que según la asociación de ítems que resulte, se puede valorar la sospecha de determinados problemas del niño.

## MOXO

MOXO es una prueba neuropsicológica que ayuda a la evaluación objetiva de las funciones ejecutivas a la hora de valorar cuadros clínicos como el TDAH, gracias a la medición de cuatro variables como son: atención, tiempo de reacción, impulsividad e hiperactividad.

Consiste en una prueba de ejecución continua (CPT) que incorpora distractores visuales y auditivos en soporte informatizado para sujetos entre 7 y 18 años. Los CPT son una prueba de alta sensibilidad y validada para la

detección del TDAH, aunque puede asociar dificultades en la especificidad respecto a otras enfermedades<sup>3-5</sup>.

Está desarrollado como un juego de ordenador, en donde el paciente tiene que reaccionar a un objetivo mientras lidia con los distractores visuales y auditivos. Los únicos elementos necesarios para realizar la prueba son un ordenador con conexión a internet, un teclado y auriculares estándar. Los informes se crean automáticamente después de que el paciente realiza la prueba.

La prueba MOXO tiene un grado de sensibilidad del 90% y una especificidad del 86%, y cuenta con más de 25 estudios científicos publicados, así como más de 350 000 pruebas realizadas a nivel mundial.

## AULA

AULA es un CPT con componentes auditivo y visual basado en un entorno creado con realidad virtual y con tecnología 3D, en el que gracias a un equipo formado por unas gafas de 3D y un dispositivo móvil, se crea un aula estándar de un centro escolar en el que el paciente debe realizar una serie de actividades controladas. El observador controla y supervisa el proceso gracias a un ordenador<sup>6-8</sup>.

El rango de edad incluye niños entre 6-16 años. Los resultados de la prueba se comparan con la base de datos normativa en función de la edad y el género. Tras la realización de la misma, el sistema realiza una comparación, genera un informe así como una orientación para la interpretación de los resultados<sup>9</sup>.

Los estudios realizados desde su puesta en marcha inicial hasta la fecha son más de 40 y se han realizado en Europa, EE.UU. y Latinoamérica. Se incluyen estudios de validez psicométrica, validez clínica. En la actualidad contamos con más de 60 000 evaluaciones realizadas con AULA<sup>10</sup>.

## AQUARIUM

AQUARIUM, es semejante a AULA. En este caso se trata de un acuario donde se mide los procesos de atención para edades de análisis entre los 16 y los 90 años<sup>11</sup>.

Además de para el TDAH, cuenta con análisis para otras condiciones como la depresión, y lesiones cerebrales adquiridas. Vio la luz en 2018 y desde entonces se han realizado más de 3300 evaluaciones con la herramienta.

## BrainGaze

El método de *BrainGaze* se basa en la capacidad de predicción de los pequeños movimientos de los ojos que se denomina vergencia cognitiva, como un marcador para el procesamiento visual cognitivo<sup>12, 13</sup>.

*BrainGaze Light* centraliza la información necesaria para el diagnóstico utilizando las entrevistas semiestructuradas ACE, que son un instrumento de exploración diagnóstica del TDAH en niños de 5 a 16 años desarrollado por la Dra. Young.

“Estas entrevistas guían al profesional en la exploración diagnóstica para valorar los síntomas clave y el nivel de problemas que conllevan tanto en el entorno familiar como en el entorno educativo. El programa facilita este proceso de recogida de datos, ya que permite a los entrevistados contestar a las preguntas y recoge toda la información automáticamente”.

*BrainGaze Light* también incluye CPT de tipo ‘Posner’ en forma de videojuego para evaluar la atención selectiva, la atención sostenida y la impulsividad en niños a partir de los 6 años.

Los estudios realizados desde su desarrollo refieren una precisión de un 92% en el diagnóstico de niños entre de 7 y 14 años.

### Complementos tecnológicos a la intervención terapéutica en el TDAH

Como trastorno del neurodesarrollo, es habitual que el TDAH asocie alteraciones en múltiples áreas de la vida. Potenciado además, al poder tener un origen múltiple o ser secundario a alguna alteración genética, o provocado por causas ambientales. Esto hace que sea frecuente abordar el área terapéutica del TDAH de una forma multidisciplinar.

Debido a su origen neurobiológico, el tratamiento farmacológico del TDAH es un pilar fundamental y, en muchos de los casos, de primera elección. Las alternativas farmacológicas no son amplias y por lo tanto es fundamental poder hacer una elección y ajuste óptimos para sacarle todo el rendimiento posible a cada uno, y evitar retrasos e inconvenientes a las familias. En este sentido, la farmacogenómica ha avanzado mucho en las últimas décadas y hoy en día es posible conocer mucha información personalizada por adelantado para facilitar todo este proceso<sup>14</sup>.

Por otro lado, las funciones cognitivas afectadas a nivel neuropsicológico son conocidas, medibles y susceptibles de mejorar gracias al entrenamiento dirigido mediante estimulación cognitiva.

Áreas como la inteligencia artificial o el *big data* está permitiendo recopilar y analizar cantidades ingentes de datos de una forma realmente útil y productiva para aspectos terapéuticos en el TDAH. Igualmente, la realidad virtual ha permitido llevar al paciente situaciones del día a día para que puedan aprender a actuar y reaccionar entre otras cosas.

### Neurofarmagen

*Neurofarmagen* es una plataforma de medicina de precisión basada en farmacogenética para el tratamiento farmacológico de pacientes diagnosticados clínicamente con un trastorno neuropsiquiátrico.

Proporciona a los médicos un sistema de gestión terapéutica para sus pacientes, facilitando la selección y dosis de fármacos psicoactivos gracias a la integración de información farmacogenética, farmacogenómica<sup>15</sup> interacciones farmacológicas e interacciones entre fármacos y otras características clínicas, fisiológicas y ambientales de los pacientes.

Ha sido clínicamente validado en población adulta con trastorno bipolar<sup>16</sup> y dolor crónico<sup>17</sup>. Resultados similares se han obtenido para otras patologías como el TDAH, el trastorno bipolar o algunos tipos de epilepsia.

### Sincrolab

*Sincrolab App* es una herramienta para diseñar e implantar entrenamientos cognitivos específicos en población con dificultades de aprendizaje, atención, funciones ejecutivas y trastornos del neurodesarrollo.

Está orientada a la estimulación y potenciación de los procesos cognitivos en la infancia y como método de prevención para disminuir el deterioro cognitivo asociado a la edad.

Se trata de una aplicación en la que el profesional puede dar acceso a los diferentes pacientes para llevar a cabo ejercicios de estimulación cognitiva. La aplicación ofrece un seguimiento para cada paciente y también analiza los resultados de todas las pruebas con gráficos.

Los niños que entrenaron con *Sincrolab* experimentaron (a diferencia del grupo control) un aumento significativo del rendimiento en pruebas relacionadas con velocidad de procesamiento ( $p=0.003$ / Claves y BS) y una disminución significativa de los tiempos en pruebas relacionadas con la capacidad de control inhibitorio ( $p=0.006$ / T5D)

### Psious

*Psious* es una plataforma terapéutica de realidad virtual inmersiva destinada a la realización de terapia.

Los diversos escenarios previstos dentro de la plataforma comprenden más de 30 recursos (entornos de realidad virtual y aumentada, vídeos en 3D y 360º, etc.), empleados para el tratamiento de diferentes tipos de trastornos (trastorno de estrés postraumático TEPT, Trastorno obsesivo compulsivo TOC, TDAH, ansiedad, depresión, miedos, fobias, etc.), así como la práctica del *mindfulness* y técnicas de relajación<sup>17</sup>.

La plataforma permite al paciente interactuar en entornos virtuales, situados entre la exposición real y la exposición imaginada, permitiendo al profesional tener control sobre los parámetros de la exposición y un registro de la respuesta fisiológica del paciente mediante *biofeedback*<sup>18-20</sup>.

Con esta información, el sistema elabora un informe automático al final de cada sesión que queda almacenado, y que permite al paciente visualizar su progreso y orientación hacia la mejora de manera objetiva, incrementando su confianza en la terapia y manteniendo su compromiso.

## Discusión

Algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta al tratar la incorporación de las nuevas tecnologías al mundo de la salud es su nivel de implantación, la formación del profesional así como el riesgo de deshumanización de la misma y el mantenimiento de los dispositivos.

Los avances tecnológicos suelen implantarse de forma más lenta, cuando lo hacen, en la sanidad pública que en la privada.

En este sentido, sería conveniente establecer un sistema ágil de evaluación de tecnología sanitaria aplicable a corto plazo y carente de sesgos ideológicos que permita al sistema público contar con los mejores medios para ofrecer sus servicios.

Contrariamente, los profesionales independientes son los más innovadores en este sentido cuando los importes son ajustados y no se refieren a alta tecnología como equipos de neuroimagen o similares.

De hecho, algo que se lleva viviendo varios años es la transformación de los profesionales en meros técnicos "pasadores" de pruebas que no se interpretan adecuadamente o que ni siquiera se indican de forma adecuada. Es fundamental en este sentido potenciar la formación específica desde los primeros niveles, así como establecer un sistema de actualización.

Finalmente, los riesgos derivados de la renovación de la tecnología o la obsolescencia programada deben afrontarse de una forma clara para evitar desembolsos de alto calado imposibles de rentabilizar o directamente inútiles a un sistema con gasto limitado en un contexto de innovación de alta velocidad.

Las nuevas tecnologías están en un momento de máxima eclosión gracias a los rápidos avances y al abaratamiento de los equipos. La llegada del 5G se espera que suponga una revolución en la forma de entender nuestros estándares de vida actuales.

El sector de la salud es uno de los más potentes en crecimiento en los últimos años a pesar de la crisis tanto en el sector público como el privado. La evolución esperada sigue creciendo cada año y el interés de los grandes inversores es cada vez más patente.

El nuevo paradigma de la salud digital es una realidad. El paciente actual es el paciente 2.0. Un paciente más informado, más demandante y con altas expectativas. El consentimiento informado se está volviendo cada vez algo más "real" y los profesionales tenemos que subirnos a este tren en marcha.

**Conflicto de intereses:** Ninguno para declarar

## Bibliografía

1. Polanczyk GV, Salum GA, Sugaya LS, Caye A, Rohde LA. Annual research review: A meta-analysis of the worldwide prevalence of mental disorders in children and adolescents. *J Child Psychol Psychiatry* 2015; 56: 345-65.
2. Keshav NU, Vogt-Lowell K, Vahabzadeh A, Sahin NT. Digital Attention-Related Augmented-Reality Game: Significant correlation between Student Game Performance and Validated Clinical Measures of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Children (Basel)* 2019; 6: 72.
3. Berger I, Slobodin O, Cassuto H. Usefulness and validity of continuous performance tests in the diagnosis of attention-deficit hyperactivity disorder children. *Arch Clin Neuropsychol* 2017; 32: 81-93.
4. Jakhra S. The value of objective measures for the diagnosis of ADHD. *ADHD in Practice* 2015; 7: 11-4.
5. Halperin JM, Matier K, Bedi G, Sharma V, Newcorn JH. Specificity of inattention, impulsivity, and hyperactivity to the diagnosis of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1992; 31: 190-6.
6. Diaz-Orueta U, Climent G, Cardas-Ibanez J, Alonso L, Olmo-Osa J, Tirapu-Ustarroz J. Evaluación de la memoria mediante realidad virtual: presente y futuro. *Rev Neurol* 2016; 62: 75-84.
7. Díaz-Orueta U, Fernández-Fernández MA, Morillo-Rojas MD, Climent G. Eficacia de la lisdexanfetamina en la mejora sintomática conductual y cognitiva del trastorno por déficit de atención/ hiperactividad: tratamiento monitorizado mediante el test AULA Nesplora de realidad virtual. *Rev Neurol* 2016; 63: 19-27.
8. Cassuto H, Ben-Simon A, Berger I. Using environmental distractors in the diagnosis of ADHD. *Frontiers in Human Neuroscience* 2013; 7: 805.
9. Areces D, Dockrell J, García T, González-Castro P, Rodríguez C. Analysis of cognitive and attentional profiles in children with and without ADHD using an innovative virtual reality tool. *PLoS One* 2018; 13: e0201039.
10. Rodríguez C, Areces D, García T, Cueli M, González-Castro P. Comparison between two continuous performance tests for identifying ADHD: Traditional vs. virtual reality. *Int J Clin Health Psychol* 2018; 18: 254-63.
11. Climent G, Rodríguez C, García T, et al. New virtual reality tool (Nesplora aquarium) for assessing attention and working memory in adults: A normative study. *Appl Neuropsychol Adult* 2019; 1-13. doi: 10.1080/23279095.2019.1646745.
12. Esposito FL, Supèr H. Vergence responses to face stimuli in young children. *Neuroreport* 2018; 29: 219-23.
13. Sole Puig M, Pallarés JM, Perez Zapata L, Puigcerver L, Cañete J, Supèr H. Attentional selection accompanied by eye vergence as revealed by event-related brain potentials. *PLoS One* 2016; 11: e0167646.
14. Bonvicini C, Faraone SV, Scassellati C. Attention-deficit hyperactivity disorder in adults: A systematic review and meta-analysis of genetic, pharmacogenetic and biochemical studies. *Mol Psychiatry* 2016; 21: 872-84.

15. Kambeitz J, Romanos M, Ettinger U. Meta-analysis of the association between dopamine transporter genotype and response to methylphenidate treatment in ADHD. *Pharmacogenomics J* 2014; 14: 77-84.
16. Ielmini M, Poloni N, Caselli I, et al. The utility of pharmacogenetic testing to support the treatment of bipolar disorder. *Pharmacogenomics Pers Med* 2018; 11: 35-42.
17. Panella L, Volontè L, Poloni N, et al. Pharmacogenetic testing in acute and chronic pain: A preliminary study. *Medicina (Kaunas)* 2019; 55: 147.
18. Morina N, Ijntema H, Meyerbröcker K, Emmelkamp PM. Can virtual reality exposure therapy gains be generalized to real-life? A meta-analysis of studies applying behavioral assessments. *Behav Res Ther* 2015; 74: 18-24.
19. Shema-Shiratzky S, Brozgol M, Cornejo-Thumm P, et al. Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: brief report. *Dev Neurorehabil* 2019; 22: 1-6.
20. Bashiri A, Ghazisaeedi M, Shahmoradi L. The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with attention deficit hyperactivity disorder: a literature review. *Korean J Pediatr* 2017; 60: 337-43.