Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Medicina

Hospital Psiquiátrico "Dr. Rafael Serrano"

"CARACTERIZACIÓN DE INDICE THETA/BETA DE NIÑOS CON DIAGNÓSTICO DE TRASTORNO DE DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD EMPLEANDO UNA INTERFAZ COMPUTACIONAL DE ACTIVIDAD CEREBRAL"

Tesis para obtener el Diploma de Especialidad en Psiquiatría

Presenta:

José Fernando Mancilla Jiménez

Director

Dr. Jorge Alejandro Cebada Ruíz

Asesor

Dr. Jorge Alejandro Cebada Ruíz

H. Puebla de Zaragoza. NOVIEMBRE 2018

Agradecimientos

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños y ejemplo de vida, el desarrollo de esta tesis es un reflejo de su amor y apoyo incondicional.

A mi esposa por su comprensión, motivación y amor, que me ha acompañado durante esta etapa de mi carrera profesional,

A mis compañeros de generación de la que con orgullo formo parte, con quienes he compartido grandes alegrías y una pasión por la salud mental y el conocimiento.

A mi asesor por su generosidad y amabilidad, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, su paciencia y apoyo en este proyecto.

Contenido

Resumen 4
Introducción 5
Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad 5
Diagnóstico clínico 7
Índice Theta/Beta como marcador de Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad 11
Dispositivos de Interfaz Cerebral (BCI) 14
Planteamiento del problema: 15
Justificación: 16
Hipótesis: 17
Objetivos: 17
General: 17
Específicos: 17
Material y Métodos 17
Universo de estudio: 18
Criterios de Inclusión 18
Criterios Exclusión 18
Criterios de eliminación: 19
Procedimiento General 19
Variables: 20
Independiente: 20
Dependiente: 20
Instrumentos 21
Descripción de la metodología 21

Análisis estadístico 22
Aspectos Éticos 22
Anexos 43

Resumen

Introducción:

Se ha propuesto el índice Theta/beta como un marcador en la evaluación de niños con TDAH. Debido a que recientemente ha aumentado el uso de equipos de interfaz cerebral en investigación neurofisiológica, consideramos como objetivo emplearlo para caracterizar la actividad electroencefalográfica en niños con diagnóstico de TDAH.

Objetivo:

Caracterizar la actividad eléctrica encefalográfica en niños de 6 a 12 años con diagnóstico de trastorno de déficit de atención e hiperactividad con un equipo de interfaz computacional de actividad cerebral.

Material y métodos:

El estudio es descriptivo, observacional, transversal, prolectivo y homodémico. Fue realizado en niños entre 6 a 12 años que acudieron al Centro Estatal de Salud Mental. Para el diagnóstico de TDAH, se empleó escala de Conner abreviada para padres, test de matrices progresivas (RAVEN-EC). Se empleó una interfaz cerebro-computadora (Brain Computer Interface, BCI) para obtener el cociente de las ondas theta/beta durante las pruebas aplicadas.

Resultados:

Se captaron 7 sujetos con TDAH. 85.72% fueron varones, edad promedio 8.2 años. Se obtuvo el promedio del coeficiente de la relación del índice Theta/beta (T/b) en cuatro momentos. Con ojos cerrados (T/b 1346.86), ojos abiertos (T/b 554185.73), al realizar figura de Rey (T/b 704852.51), reproducir la figura por memoria (T/b 1000769.93). De acuerdo al subtipo de TDAH el índice T/b en cada uno de los momentos fue: Hiperactivo (T/b 707.45, 1630.69, 1281.1035, 77), Combinado (807.41, 1660299.44, 762.18, 604.49), inatento (2071.16, 814.04, 1232790.52, 1750851.57). Datos que sugieren que la BCI puede utilizarse para la caracterización de la actividad encefalográfica en niños con TDAH.

Conclusiones:

La CBI podría utilizarse como herramienta para medir el coeficiente de índice Theta/beta en tiempo real en niños con TDAH. Se necesita una muestra mayor para robustecer los datos y hacer un protocolo con sujetos sanos para comparar los hallazgos.

Introducción

Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) se caracteriza por un patrón persistente de inatención, impulsividad e hiperactividad, que son incoherentes con el desarrollo del individuo (Romero, 2006). En función de los síntomas predominantes se tipifica en inatento, hiperactivo–impulsivo o combinado (Cunill & Castells, 2014). La versión más reciente del Manual de Trastornos Mentales DSM 5 lo clasíficó en la sección de trastornos del neurodesarrollo,lo que refleja un incremento en el reconocimiento del origen del trastorno en el neurodesarrollo. (Jarrett et al., 2017).

Tiene una prevalencia de 5% en niños y adolescentes (Kamida et al., 2016; Polańska, Jurewicz, & Hanke, 2012), con predominio en género masculino de 3-4:1, el 50% de los niños diagnosticados con TDAH continúa en la edad adulta, siendo el patrón de inatención el más frecuente en este grupo, con una prevalencia que va del 3-6%, de los cuales el 30-80% iniciaron desde la infancia. En México la persistencia en adultos se ha estimado en 32.8% (Lara et al., 2009). La historia familiar, problemas de conducta y adversidad psicosocial se han propuesto como factores predictores de la presencia del padecimiento en la edad adulta.

Su presencia afecta el desenvolvimiento personal, social, académico y laboral. (Poblano Romero, 2006) (Cunill & Castells, 2014). En comparación con sujetos sanos, las personas con TDAH presentan un peor rendimiento académico, menos años de escolarización, mayor dificultad en relaciones interpersonales, mayores tasas de divorcio, desempleo, peor nivel socioenonómico, mas accidentes de tráfico, problemas legales, así como una peor calidad de vida (Cunill & Castells, 2014), ésta última se relaciona negativamente con la intensidad de síntomas de inatención y la presencia de comorbilidades.

Entre los síntomas comórbidos se menciona: de conducta, ansiedad, del ánimo, aprendizaje (Cunill & Castells, 2014; Durand-Rivera, Alatorre-Miguel, Zambrano-Sánchez, & Reyes-Legorreta, 2015). Los niños con TDAH tienen 10 veces más riesgo de presentar trastornos de conducta, 5.6 veces más de presentar trastorno oposicionista desafiante, 4.2 veces más depresión y 3.2 veces más ansiedad comparados con niños sanos (Tung et al., 2016). Se ha reportado hasta un 36% de epilepsia en serie de casos de niños con TDAH, así como alteraciones epileptiformes hasta en un 5.4% en niños con TDAH, hallazgo que no difiere al observado en niños sanos (Zaimoğlu et al., 2015). Sin embargo, considera un hallazgo importante el identificar trazos denominados “epileptiformes” en niños con TDAH que no presentan epilepsia, caracterizados por una frecuencia que va de 7-19% (Schürmann M, 2001).

Los varones adultos presentan mayor frecuencia de uso de sustancias (35%) y las mujeres ansiedad (50%) y depresión (30%) (César & Lázaro, 2009), se ha descrito un riesgo suicida de 43% (Guillermo et al., 2007). Por lo que es primordial una detección temprana, para evitar las consecuencias negativas y secuelas en salud, desarrollo personal y psicosocial (Harvey, Youngwirth, Thakar, & Errazuriz, 2009).

Su etiología es multifactorial, se han sugerido algunos genes codificadores de los receptores de dopamina, noradrenalina y serotonina, del transportador de dopamina y de serotonina, de la enzima catecol-O-metiltransferasa y de la proteína asociada al sinaptosoma relacionados con el trastorno (César & Lázaro, 2009). Sin embargo, los polimorfismos encontrados en estos genes explicarían solamente el 3% de la variabilidad fenotípica (Cunill & Castells, 2014). También existen síndromes genéticos raros como el Síndrome de X frágil, Esclerosis Tuberosa, microdeleción de 22q11 y el Síndrome de Williams que se han asociado frecuentemente a TDAH (Tung et al., 2016).

Es una entidad con un gran componente hereditario, se documenta un aumento de riesgo relativo en los familiares de primer grado, con una heredabilidad de 79%, ya que se ha observado que el 50% de los niños con TDAH tienen un padre con el mismo diagnóstico.

Se describen factores predisponentes: prenatales (amenaza de parto pretérmino, exposición a pesticidas), maternos (edad materna, uso de sustancias durante la gestación como tabaquismo y alcoholismo) (Durand-Rivera et al., 2015), perinatales (bajo peso al nacer, prematurez), ambientales (exposición a plomo, relación madre-hijo), incluso se han asociado la pobreza y privación social extrema, bajo nivel educativo de los padres, maltrato o violencia intrafamiliar (Fortenberry et al., 2014). También se ha relacionado con factores dietéticos como deficiencia nutricional, dieta con alto contenido de grasas, azúcares refinados, adición de colorantes y conservadores (Cunill & Castells, 2014).

Varias teorías relacionan los síntomas de TDAH con alteraciones neuroanatómicas y funcionales. Se propone una disfunción ejecutiva, que afectaría la atención, concentración, planificación, memoria de trabajo y capacidad de inhibir respuestas. Además de déficits motivacionales que consisten en preferencia por recompensas inmediatas, aunque sean poco probables (Cunill & Castells, 2014).

Se ha sugerido la participación particular de los lóbulos frontales y en especial de la corteza prefrontal en los procesos cognitivos y conductuales de los sujetos afectados (Frodl, 2012). Se definen dos sistemas neuronales implicados: El primero consiste en déficits cognitivos asociados a alteraciones en el circuito frontoestriatal, que incluye corteza prefrontal dorsolateral, cíngulo anterior y estriado dorsal. El segundo consiste en déficits motivacionales asociados a activación del circuito mesolímbico, se incluyen a la corteza orbitofrontal y estriado ventral. También se ha planteado la posible participación de cerebelo, corteza parietal y tálamo (Cunill & Castells, 2014).

Diagnóstico clínico

Actualmente la Asociación Americana de Psiquiatría en su guía de consulta de los criterios diagnósticos del Manual de Trastornos Mentales DSM 5, considera tener 6 de 9 síntomas de una o ambas categorías descritas, con inicio antes de los 12 años

y afectación de por lo menos dos esferas, por un periodo de seis meses. Manual DSM 5. (Cuadro 1).

Cuadro 1 Criterios para trastorno por déficit de atención e hiperactividad

A. Patrón persistente de inatención y/o hiperactividad-impulsividad que interfiere con el funcionamiento o el desarrollo, que se caracteriza por (1) y/o (2):
1. Inatención: Seis (o más) de los siguientes síntomas se han mantenido durante al menos 6 meses en un grado que no concuerda con el nivel de desarrollo y que afecta directamente las actividades sociales y académicas/laborales: Nota: Los síntomas no son solo una manifestación del comportamiento de oposición, desafío, hostilidad o fracaso en la comprensión de tareas o instrucciones. Para adolescentes mayores y adultos (17 y más años de edad), se requiere un mínimo de cinco síntomas.
a. Con frecuencia falla en prestar la debida atención a detalles o por descuido se cometen errores en las tareas escolares, en el trabajo o durante otras actividades (p. ej., se pasan por alto o se pierden detalles, el trabajo no se lleva a cabo con precisión).
b. Con frecuencia tiene dificultades para mantener la atención en tareas o actividades recreativas (p. ej., tiene dificultad para mantener la atención en clases, conversaciones o la lectura prolongada).
c. Con frecuencia parece no escuchar cuando se le habla directamente (p. ej., parece tener la mente en otras cosas, incluso en ausencia de cualquier distracción aparente).
d. Con frecuencia no sigue las instrucciones y no termina las tareas escolares, los quehaceres o los deberes laborales (p. ej., inicia tareas, pero se distrae rápidamente y se evade con facilidad).
e. Con frecuencia tiene dificultad para organizar tareas y actividades (p. ej., dificultad para gestionar tareas secuenciales; dificultad para poner los materiales y pertenencias en orden; descuido y desorganización en el trabajo; mala gestión del tiempo; no cumple los plazos).
f. Con frecuencia evita, le disgusta o se muestra poco entusiasta en iniciar tareas que requieren un esfuerzo mental sostenido (p. ej., tareas escolares o quehaceres domésticos; en adolescentes mayores y adultos, preparación de informes, completar formularios, revisar artículos largos).
g. Con frecuencia pierde cosas necesarias para tareas o actividades (p. ej., materiales escolares, lápices, libros, instrumentos, billetero, llaves, papeles del trabajo, gafas, móvil).

h. Con frecuencia se distrae con facilidad por estímulos externos (para adolescentes mayores y adultos, puede incluir pensamientos no relacionados).
i. Con frecuencia olvida las actividades cotidianas (p. ej., hacer las tareas, hacer las diligencias; en adolescentes mayores y adultos, devolver las llamadas, pagar las facturas, acudir a las citas).
2. Hiperactividad e impulsividad: Seis (o más) de los siguientes síntomas se han mantenido durante al menos 6 meses en un grado que no concuerda con el nivel de desarrollo y que afecta directamente a las actividades sociales y académicas/laborales:
Nota: Los síntomas no son solo una manifestación del comportamiento de oposición, desafío, hostilidad o fracaso para comprender tareas o instrucciones. Para adolescentes mayores y adultos (a partir de 17 años de edad), se requiere un mínimo de cinco síntomas.
a. Con frecuencia juguetea con o golpea las manos o los pies o se retuerce en el asiento.
b. Con frecuencia se levanta en situaciones en que se espera que permanezca sentado (p. ej., se levanta en la clase, en la oficina o en otro lugar de trabajo, o en otras situaciones que requieren mantenerse en su lugar).
c. Con frecuencia corretea o trepa en situaciones en las que no resulta apropiado. (Nota: En adolescentes o adultos, puede limitarse a estar inquieto.)
d. Con frecuencia es incapaz de jugar o de ocuparse tranquilamente en actividades recreativas.
e. Con frecuencia está “ocupado,” actuando como si “lo impulsara un motor” (p. ej., es incapaz de estar o se siente incómodo estando quieto durante un tiempo prolongado, como en restaurantes, reuniones; los otros pueden pensar que está intranquilo o que le resulta difícil seguirlos).
f. Con frecuencia habla excesivamente.
g. Con frecuencia responde inesperadamente o antes de que se haya concluido una pregunta (p. ej., termina las frases de otros; no respeta el turno de conversación).
h. Con frecuencia le es difícil esperar su turno (p. ej., mientras espera en una cola).
i. Con frecuencia interrumpe o se inmiscuye con otros (p. ej., se mete en las conversaciones, juegos o actividades; puede empezar a utilizar las cosas de otras personas sin esperar o recibir permiso; en adolescentes y adultos, puede inmiscuirse o adelantarse a lo que hacen otros).
B. Algunos síntomas de inatención o hiperactivo-impulsivos estaban presentes antes de los 12 años.

C. Varios síntomas de inatención o hiperactivo-impulsivos están presentes en dos o más contextos (p. ej., en casa, en la escuela o en el trabajo; con los amigos o parientes; en otras actividades).
D. Existen pruebas claras de que los síntomas interfieren con el funcionamiento social, académico o laboral, o reducen la calidad de los mismos.
E. Los síntomas no se producen exclusivamente durante el curso de la esquizofrenia o de otro trastorno psicótico y no se explican mejor por otro trastorno mental (p. ej., trastorno del estado de ánimo, trastorno de ansiedad, trastorno disociativo, trastorno de la personalidad, intoxicación o abstinencia de sustancias).

No existe un examen de laboratorio o gabinete, evaluaciones neurológicas o evaluaciones de la atención que resulten diagnósticas, por lo que el diagnóstico debe hacerse por criterios clínicos (Boutros, 2005).

Sin embargo, los síntomas no exclusivos del TDAH, ya que otros trastornos psiquiátricos comparten síntomas similares, como dificultades de aprendizaje, síntomas afectivos, problemas de conducta; por lo tanto, síndromes clínicos similares a TDAH pueden resultar por falta de disciplina, límites, problemas de crianza o debido a otro trastorno psiquiátrico. Como resultado de la sobreposición de dichos síntomas, es posible un sobrediagnóstico de TDAH en la práctica clínica actual. (Boutros, 2005).

La detección de casos representa un reto diagnóstico para los médicos, ante tal dificultad, se ha propuesto una valoración médica y neuropsicológica continua, con apoyo de cuestionarios, así como reportes de padres y maestros, que permiten identificar con mayor certeza los casos con el trastorno. Sin embargo, en la práctica clínica, se han identificado algunas dificultades durante dicha valoración y registro de reportes, los cuales son susceptibles de modificarse por factores como motivación, estrés, tiempo de valoración (Boutros, 2005).

En cuanto a los reportes registrados por los padres, se ha identificado que el registro de síntomas y su intensidad, puede modificarse ante diferentes situaciones de los padres, como estrés, dificultades en la relación padre/hijo, enfermedades de los padres, con tendencia a sobreestimar algunos síntomas (Lui, Johnston, Lee, & Lee-

Flynn, 2013). En auto reportes de adolescentes se ha identificado un sesgo, donde los adolescentes sin TDAH tienden a sobre reportar síntomas, mientras que los que lo tienen, lo hacen en menor medida (Sibley, 2012). En la práctica médica, el diagnóstico puede hacerse en base al prototipo de TDAH, sin considerar con fidelidad los criterios establecidos previamente mencionados, lo que da lugar a un sobrediagnóstico, incluso se ha identificado variabilidad en el diagnóstico de un mismo caso por diferentes evaluadores (Bruchmüller, Margraf, & Schneider, 2012), (Kim et al., 2015).

Índice Theta/Beta como marcador de Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad

Se ha propuesto al electroencefalograma (EEG) como un marcador en el estudio de casos de TDAH, con base en la gran similitud identificada entre los trazos registrados de usuarios con el diagnóstico y sus familiares de primer grado, así como patrones característicos no encontrados en niños sanos (Loo & Makeig, 2012).

Nazari en el 2011, realizó un estudio donde correlaciona los cambios electroencefalográficos con la clínica, encontrando que los niños con TDAH tienen una menor capacidad para procesar información. Incluso se han hecho estudios donde se ha visto la posibilidad de utilizar el EEG como una herramienta para la vigilancia del tratamiento (Millichap, Millichap, & Stack, 2011), lo que representa una línea de investigación racional y prometedora para poder identificar a los individuos con TDAH (Buyck & Wiersema, 2014).

Desde el punto de vista neurofisiológico, el estudio de las características electroencefalográfica de los pacientes con TDAH ha permitido detectar un aumento de la actividad lenta en un elevado porcentaje de sujetos, así como mayor incidencia de actividad epileptiforme (Clarke AR, 2001). Se ha reportado un aumento de actividad excesiva en varias áreas neuronales, mostrando que existe un 26.6% de

alteraciones del electroencefalograma durante el sueño (Liu, Lin, Chen, & Wang, 2014) y actividad paroxística durante la vigilia (Liechti et al., 2013).

Las características registradas en EEG asociados a TDAH de forma más robusta son aumento en poder/actividad de ondas lentas (tetha 4-7Hz) y/o disminución en poder/actividad de ondas rápidas (beta 14-30hz) registrada en regiones frontocentrales. Cuantificada como índice theta/beta (TBR) (Lenartowicz & Loo, 2014), con una sensibilidad y especificidad reportada en varios estudios de hasta 90%, el hallazgo de dicho índice se correlaciona con la hipótesis de hipoactividad cortical propuesta en TDAH.

El aumento en actividad de ondas lentas, se cree se origina en la región anterior del cíngulo, zona que a su vez está estrechamente relacionada con la atención y por tanto con TDAH (Millichap et al., 2011). Por otro lado, el aumento de actividad theta se ha asociado con disminución del metabolismo de la glucosa, lo que puede ser una posible explicación de hipoactividad cortical observada en los pacientes con TDAH (Liu et al., 2014).

Este cambio es acompañado de una disminución de la actividad beta en región temporal (Altunel, Altunel, & Sever, 2013), en algunos registros se considera consistente con una disminución del voltaje de onda Alfa en regiones frontales y parietales cuando se está realizando una actividad. (Barry, Clarke, Johnstone, McCarthy, & Selikowitz, 2009).

La disminución de la frecuencia de las bandas Beta y Alfa en niños con TDAH, probablemente refleja una desviación del desarrollo normal y no un retraso en maduración del Sistema Nervioso Central (Barry et al., 2009; Madera-Carrillo, Gonzalez-Garrido, Gomez-Velazquez, & Enriquez-de Rivera, 2007). Se ha propuesto que el incremento en los cocientes theta/alfa y theta/beta observado es consistente en las poblaciones analizadas y podría considerarse como la mejor opción para medir las diferencias entre niños con TDAH y sanos.

Además se ha identificado la presencia del Alelo DRDR4-7 como un marcador de riesgo para desarrollar TDAH, asociado con cambios en la actividad de la Beta y Theta en el registro electroencefalográfico en niños con TDAH(Altunel et al., 2013).

Un resumen de las anormalidades encontradas con el análisis cuantitativo del electroencefalograma (con las medidas espectrales de banda ancha) se describe a continuación:

1. Aumentos de las potencias theta absoluta y relativa.
2. Aumentos de los cocientes theta/alfa y theta/beta (en los niños de 6 a 11 años el valor de este cociente es mayor,
3. Disminución difusa en las frecuencias medias de las bandas alfa y beta.
4. Anormalidades interhemisféricas (asimetría de potencia y disminución de la coherencia entre las regiones parietales y entre las temporales posteriores, aumento marcado de la coherencia entre las regiones frontales y centrales).
5. Anormalidades intrahemisféricas (asimetría de potencia entre las regiones frontal/temporal y frontal/occipital, aumento de la coherencia fronto/temporal y disminución de la coherencia fronto/occipital).

Los intentos por identificar a los sujetos con TDAH mediante el uso de diferentes variables cuantitativas de la actividad eléctrica cerebral se basan en la premisa de que esta última podría reflejar el estado funcional cerebral subyacente al trastorno, y además de servir para caracterizar mejor el trastorno podrían constituir un parámetro objetivo para la valoración evolutiva del paciente y su respuesta al tratamiento.

(Millichap, 2000) describe indicaciones precisas para el uso de EEG: episodios de inatenciónn o confusión, convulsiones, cefalea, traumatismo craneoencefálico, encefalitis, exploraciónn neurológica anormal.

A pesar de la controversia existente en el uso de EEG como herramienta de abordaje en TDAH, existe una línea de investigación denominada “valoración

integral visual y auditiva con EEG (IVA-CPT)” que consiste en la obtención de un registro electroencefalográfico, mientras el sujeto en sospecha de TDAH realiza una actividad cognitiva específica, con la propuesta de una mejor correlación entre algunas características de atención como fijación, selección y alternancia con la respuesta del invididuo al realizar una actividad cognitiva específica, permitiendo identificar el tipo de respuesta, control, prudencia, impulsividad (A. et al., 2018).

Debido a los hallazgos identificados en diferentes estudios relacionados con la teoría de hipoactividad cortical e índice Theta/Beta, la FDA aprobó el 15 de julio de 2013, el uso de un instrumento (NEBA) de tamizaje basado en EEG para el estudio de casos de TDAH. (Hayes District Court Adopts R&R, 2017; Lenartowicz & Loo, 2014).

Dispositivos de Interfaz Cerebral (BCI)

Los dispositivos de interfaz cerebral (BCI) son instrumentos utilizados desde la década de los 70´s, inicialmente como un medio de comunicación, posteriormente para monitorizar e interpretar actividad electroencefalográfica (Vidal 1973).

Miden, registran y procesan directamente la actividad cerebral asociada con la intención del usuario, proporcionando información en tiempo real. Su uso se ha vuelto popular en diversas áreas como sistemas computacionales, matemáticas, rehabilitación, estudios policiales y psicología (Peck et al. 2010), así como actividades de esparcimiento que incluyen juegos, meditación y relajación (Liu et al., 2014). Incluso se han utilizado en campos de estudio como reducción de estrés, privación de sueño, fatiga, educación y aprendizaje (Vy´sata et al. 2014). Actualmente representa una tecnología prometedora, que permite monitorizar la actividad cerebral a través de un dispositivo ligero, fácil de usar, no invasivo, pequeño, sin cables, a un bajo costo y sin efectos secundarios o adversos en el usuario (Grozea et al. 2010).

Su uso puede ser más cómodo para el usuario, así como más práctico y preciso para él investigador; comparando la preparación previa, tiempo, cuidados necesarios durante el registro y el espacio requerido con un equipo de

electroencefalografía convencional. (Ekandem, Davis, Alvarez, James, & Gilbert, 2012).

Sin embargo, el trazo electroencefalográfico obtenido por estos equipos tiene sus limitaciones, como un registro topográfico y rango de frecuencias limitado, susceptibilidad a registrar artefactos ocasionados por movimientos oculares, parpadeo y actividad muscular cerca del sitio de registro (Graimann B, et. al. 2010, Campbell et al. 2010, McFarland, Wolpaw 2011).

La empresa NeuroSky ha liberado un dispositivo de segunda generación MindWave, caracterizado por un diseño ergonómico, que es motivo de diferentes investigaciones acerca de su utilidad en investigaciones médicas (Ekandem et al., 2012). Por lo que consideramos que puede ser una opción para emplearla en el tamizaje de pacientes con TDAH.

Planteamiento del problema:

El TDAH es un padecimiento crónico, que causa importantes repercusiones en la funcionalidad del individuo. Actualmente el diagnóstico sigue siendo clínico, siguiendo los criterios establecidos en DSM 5 y en apoyo de reportes por parte de padres y maestros.

Sin embargo, se han reportado discrepancias en auto reportes, principalmente en los adolescentes, donde jóvenes sin TDAH tienden a sobre reportar síntomas, mientras que los que lo presentan, lo hacen en menor medida. Se ha observado que la intensidad de síntomas reportados por los padres se modifica por la presencia de factores inherentes a ellos mismos. Se ha visto que los profesores envían a los niños con problemas de aprendizaje o conducta con sospecha de TDAH para valoración, Incluso se ha descrito un sesgo en la práctica médica, al momento de valorar los casos, donde se realiza el diagnóstico en base a un prototipo clásico, sin apegarse con fidelidad a los criterios establecidos en el manual DSM.

Debido a que existe dificultad de hacer el diagnóstico, tratamiento y seguimiento en adolescentes con TDAH, debido a los grandes cambios que implica esta etapa de

la vida, sin mencionar que los síntomas puedan ser atribuidos a otras causas como dificultades de aprendizaje, desmotivación, conducta.

Justificación:

Como en otras alteraciones del sistema nervioso, existen dificultades para realizar el diagnóstico, tratamiento y seguimiento en niños o adolescentes con TDAH, hoy en día existe una clara necesidad de optimizar recursos y encontrar instrumentos de abordaje eficaces.

Por esta situación y debido a que se han descrito hallazgos en el registro electroencefalográfico asociado a la presencia de TDAH, se considera como una herramienta prometedora e innovadora.

En este sentido, un innovador equipo de registro encefalográfico son las interfaces cerebrales “BCI” por sus siglas en inglés (brain computer interface), que representan una opción accesible, confortable, fácil de usar y cómoda en investigación neurofisiológica; de ahí que el uso de estos equipos se ha incrementado en los últimos años, como equipos potenciales en la investigación y diagnóstico.

Se considera que el equipo NeuroSky MindWave por sus características es una herramienta electroencefalográfica que permite realizar un registro de la actividad eléctrica cerebral compatible con los hallazgos descritos en otros estudios, optimizando el costo beneficio y sin riesgo para el usuario. De igual forma por su diseño permite un registro práctico, ágil, confortable, así como rapidez en su colocación, lo que nos podría permitir realizar una valoración clínica inicial en niños con TDAH, así como permitir un práctico seguimiento de la evolución temporal del padecimiento a estudiar.

Por lo anterior, se buscará identificar la sensibilidad y caracterización la actividad eléctrica cerebral mediante un sistema comercial Neurosky, Mindwave y determinar los niveles de atención en niños con TDAH.

Hipótesis:

El equipo Neurosky Minwave Mobile puede caracterizar la actividad eléctrica encefalográfica de niños de 6 a 12 años con diagnóstico de trastorno de déficit de atención e hiperactividad.

Objetivos:

General:

Caracterizar la actividad eléctrica encefalográfica de niños de 6 a 12 años con diagnóstico de trastorno de déficit de atención e hiperactividad con un equipo de interfaz computacional de actividad cerebral.

Específicos:

- Diagnosticar a los niños con déficit de atención e hiperactividad
- Determinar que tengan un CI promedio, por medio de la prueba de matrices progresivas en su escala coloreada.
- Medir la actividad electroencefalográfica de la corteza prefrontal con el equipo BCI.
- Cuantificar el porcentaje de atención mediante el software del equipo BCI durante la prueba de atención.
- Obtener el cociente de la proporción de las ondas Theta/Beta obtenidas con BCI.

Material y Métodos

Diseño de estudio:

Descriptivo, observacional, transversal, prolectivo y homodémico.

Universo de estudio:

El presente estudio fue realizado de agosto de 2015 a septiembre de 2018. La muestra del proyecto fue constituida por niños de 6 a 12 años que acudieron para valoración de primera vez (preconsulta) con sospecha de trastorno de déficit de atención e hiperactividad, al servicio de paidopsiquiatría del Centro Estatal de Salud Mental (CESM) del estado de Puebla.

Criterios de Inclusión

- Niños de primer ingreso al servicio de paidopsiquiatría del Centro Estatal de Salud Mental en Puebla, de 6 a 12 años con TDAH.
- Inteligencia inferior a término medio como mínimo en la prueba de matrices progresivos en su escala coloreada (RAVEN-EC).
- Que los tutores/padres brinden el consentimiento informado para la realización de la prueba.
- Que el sujeto de asentimiento para la realización de la prueba.
- Escala de Conner abreviada de 48 items para padres positiva

Criterios Exclusión

- Tener tratamiento con metilfenidato y/o atomoxetina al momento de la valoración.
- Que no se encuentre en los rangos de edad establecidos.
- No poder hacer registro inicial con BCI, antes de iniciar tratamiento.

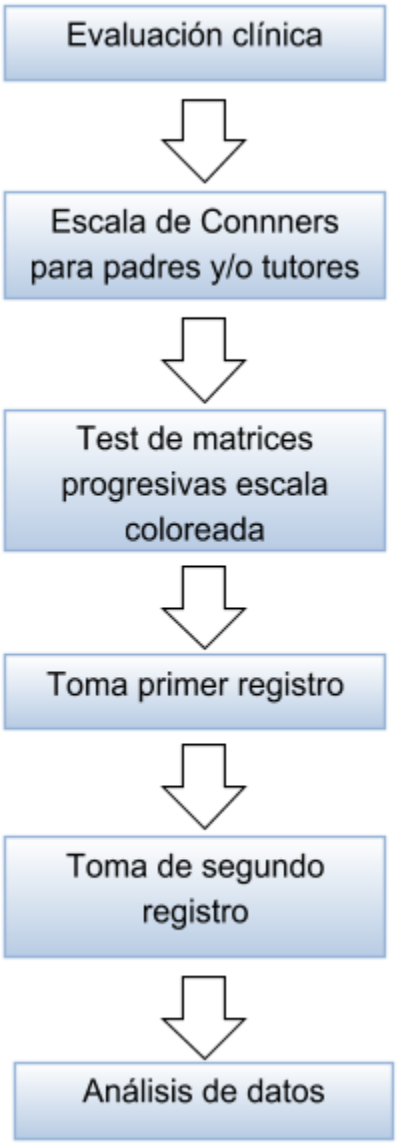
Criterios de eliminación:

- Que los padres y/o tutores retiren el consentimiento informado
- Que el niño no quiera participar en la prueba.
- Que no cumplan todos los criterios considerados en la inclusión.

Procedimiento General

1. Evaluación clínica para determinar si cumplen criterios para TDAH.
2. Aplicación de cuestionario de Conners a padres y/o tutores.
3. Aplicación de la prueba de RAVEN-EC a los sujetos a evaluar.
4. Tomar el primer registro con BCI en reposo, con ojos cerrados y posteriormente con ojos abiertos.
5. Tomar el segundo registro mientras realizan la figura compleja de Rey-Osterrieth.
6. Análisis estadístico.

Diagrama 1 Procedimiento general



Variables:

Independiente:

Trastorno por déficit de atención e hiperactividad

Dependiente:

Cociente de la proporción de ondas theta/beta

Instrumentos

- BCI (equipo Neurosky Mindwave Mobile software 2.0)
- MINI Kid
- Escala de Conners para padres abreviada de 48 items.
- Test de matrices progresivas, escala coloreada.
- Test de la figura compleja de Rey-Osterrieth.

Descripción de la metodología

Se captaron a los sujetos de estudio que asistieron al servicio de paidopsiquiatría del CESM para valoración en preconsulta, por sospecha diagnóstica de TDAH. Se les explicó a los padres y/o tutores legales sobre el estudio y las pruebas que se realizarían, posteriormente se les entregó el consentimiento informado para su previa firma. Aquellos que aceptaron participar en el estudio, se les proporcionó la escala de Conners abreviada de 48 ítems para que fuera contestada por los padres; se explicó a los sujetos de estudio como se realizaría la prueba para que también otorgaran asentimiento informado.

Una vez confirmado el diagnóstico clínico y en base a los resultados obtenidos de la escala de Conners, a los sujetos de estudio se les aplicó el test RAVEN-EC , aquellos con resultado deficiente para su edad fueron eliminados del estudio.

Al término de la prueba de RAVEN-EC se les colocó el equipo BCI en su cráneo; de manera inicial se obtuvo una medición basal que incluyó dos partes: en la primera, se pidió a los sujetos mantener los ojos cerrados por 1 minuto, posteriormente se les pidió abrirlos y mantener su vista fija en un punto a dos metros de distancia, el cual estaba colocado en la pared enfrente de ellos.

Posteriormente se obtuvo una nueva medición con el BCI, mientras realizaban la figura compleja de Rey-Osterrieth de acuerdo a su edad, de acuerdo en el manual de aplicación.

Finalmente se comparó el promedio de atención de los sujetos con diagnóstico clínico y clinimétrico de TDAH. Se registraron los promedios de las bandas Theta/beta obtenidos por el software del equipo BCI de cada sujeto, para obtener el índice Theta/beta.

Análisis estadístico

Se empleo una estadística descriptiva (medias, mediana y desviación estándar), para lo que se utilizarán los siguientes softwares:

Se utilizó el paquete Microsoft office para la tabulación de los datos.

Se utilizó el software estadístico GraphPad Prism v6.

Se utilizó el software estadístico IBM SPSS v21.

Aspectos Éticos

Fue evaluado por el comité de ética del Hospital Psiquiátrico Rafael Serrano, así como su aprobación por la comisión auxiliar mixta de capacitación del Centro Estatal de Salud Mental. Se entregaron formatos de consentimiento informado a todos los padres y/o tutores legales de los infantes, así como un asentimiento de de los sujetos del estudio al momento de la prueba.

No se divulgaron datos personales de ningún participante, ni se puso en riesgo la integridad física ni psicológica de los sujetos de estudio.

Resultados

El desarrollo del presente trabajo se realizó en dos etapas, con la toma de muestra independiente una de la otra. La primera se efectuó durante los meses de septiembre y octubre de 2017, donde fueron valorados 182 sujetos con la escala de inteligencia de Wechsler para niños revisada (WISC-R) y los criterios del DSM 5 para el diagnóstico de TDAH, de los cuales solo 14 de ellos cumplieron cabalmente con criterios diagnósticos, sin embargo, se eliminaron 6 por no completar de forma adecuada el protocolo de estudio (Diagrama 2).

Los 8 individuos que cumplieron los criterios tuvieron una edad promedio de 7.5 años ±0.53 ESM, el 65% de ellos del sexo masculino y el 45% del sexo femenino. Además, la valoración nos permitió identificar que el 35% de los sujetos son TDAH con predominio inatento, 35% hiperactivo y el 30% combinado, asimismo, el 75% de los sujetos tuvieron inteligencia normal, 12.5% brillante y el 12.5% torpe. Cabe señalar que los sujetos fueron valorados con la BCI únicamente en la etapa de copia de la FCRO (Cuadro 2 y Cuadro 3).

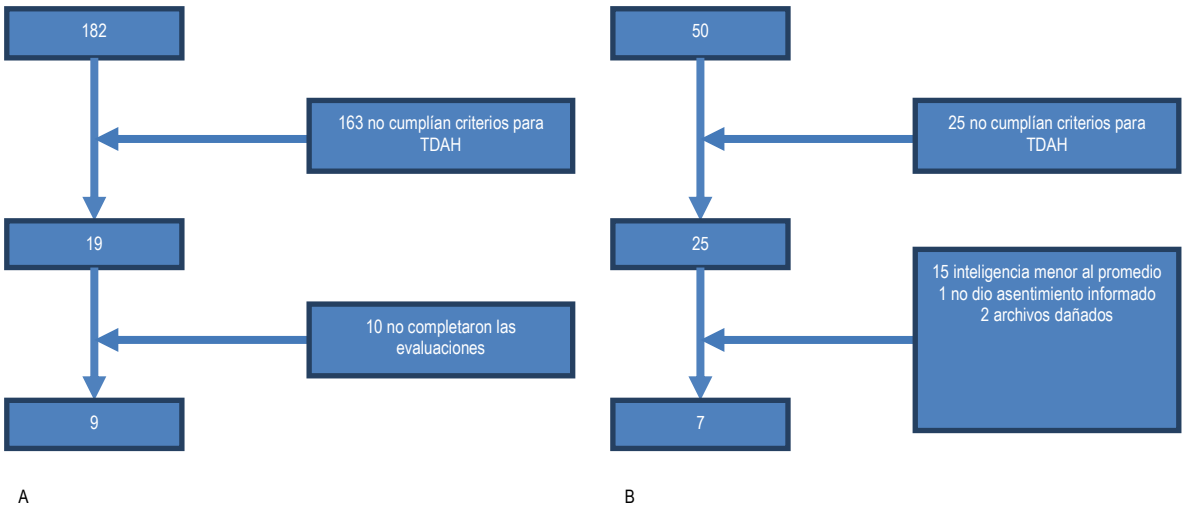


Diagrama 2. Muestreo A. corresponde a la primera muestra realizado de septiembre a octubre 2017, B. corresponde a la segunda muestra realizada de junio y julio 2018.

Caso	Edad	Sexo	Otro diagnóstico	AHF	APN	Residencia
1	6	M	No	TDAH (rama materna)	No	**Puebla, Puebla**
2	10	M	No	No	No	**Puebla, Puebla**
3	7	F	RAL	No	PE	**Cuatlancingo, Puebla**
4	9	F	No	TAG (rama materna)	No	**Chipilo, Puebla**
5	8	M	No	HAS (madre)	No	**Puebla, Puebla**
6	6	M	No	No	No	**Puebla, Puebla**
7	8	M	Enuresis	No	No	**Puebla, Puebla**
8	6	F	No	No	No	Puebla, Puebla

Cuadro 1. *Características demográficas de las muestras. AHF: antecedentes heredofamiliares, APN: antecedentes perinatales, TDAH: trastorno por déficit de atención e hiperactividad, RAL: retraso en la adquisición del lenguaje, TAG: trastorno de ansiedad generalizada, PE: pre eclampsia, HAS: hipertensión arterial sistémica.*

Caso	WISC-R	FCRO	Tipo
1	Normal	2/1.5	Inatento
2	Normal	3/3.5	Hiperactivo
3	Normal	3/3	Inatento
4	Normal	3/3	Combinada
5	Normal	3.5/3	Hiperactivo
6	Brillante	3/2.5	Hiperactivo
7	Torpe	2/0	Inatento
8	Normal	3/2	Combinado

Cuadro 2. Resultados de las pruebas en sujetos de la primera muestra indicando predominio de TDAH. WISC-R, FCRO Figura compleja de Rey-Osterrieth-

Debido a la reubicación de la responsable de realizar y calificar la prueba WISC en el Centro Estatal de Salud Mental, nos vimos obligados durante la segunda etapa de muestreo a modificar el esquema de trabajo por lo que aplicamos la prueba de RAVEN-EC para determinar la inteligencia de los sujetos y se decidió incorporar la escala para padres de Conners para darle mayor peso diagnóstico al TDAH.

Segunda Etapa

La segunda toma de muestra se realizó en junio y julio de 2018, donde se valoraron 50 pacientes exclusivamente con sospecha de TDAH, sin embargo, fueron eliminados 43; 15 por que no cumplían con el criterio de inteligencia mínima, 2 por daño en el archivo de Excel y no se pudo determinar la temporalidad de las pruebas,1 se eliminó por qué no quiso ponerse el aparato durante la valoración y el resto por qué no cumplían con el criterio de tener los síntomas presentes en dos escenarios (Diagrama 2).

a) Características de la población.

Los 7 sujetos seleccionados tuvieron una edad promedio de 8.43 años ± 0.81 SEM (Tabla 1) y el 85.72% de los participantes fueron varones. Todos originarios del Estado de Puebla, 71.43% residen en la ciudad de Puebla, en la ciudad de Ocotepec y el en Santa Ana Xalmimilulco. En uno solo caso se identificó antecedente familiar de TDAH; en cuanto a comorbilidad, un solo caso fue identificado con trastorno depresivo. En el 42.85% de los casos tuvieron antecedentes perinatales. Finalmente, todos los sujetos recibieron metilfenidato como tratamiento farmacológico inicial (Cuadro 3).

CASO	EDAD	SEXO	OTRO DIAGNÓSTICO	ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES	ANTECEDENTES PERINATALES	MEDICAMENTOS	DOSIS	RESIDENCIA
1	10	M	NO	DM2, TDAH .	NO	Metilfenidato	10mg/día	**SANTA ANA XALMIMILULCO, PUEBLA.**
2	6	M	NO	DM2, HAS.	Amenazas de aborto, 2 días hospitalizado.	Metilfenidato	7.5mg/día	**PUEBLA, PUEBLA**
3	9	M	NO	DM2.	Trabajo de parto prolongado	Metilfenidato	10mg/día	**PUEBLA, PUEBLA**
4	8	M	TDM	Madre (feminicidio)	NO	Metilfenidato, Sertralina	7.5mg/día, 12.5mg/día	**PUEBLA, PUEBLA**
5	6	M	NO	NO	NO	Metilfenidato	10mg/día	**PUEBLA, PUEBLA**
6	12	F	TC	NO	NO	Metilfenidato	12.5mg/día	**OCOTEPEC, PUEBLA**
7	8	M	NO	DM2, toxicomanias.	Pretermino, 15 días en UCIN	Metilfenidato	12.5mg/día	PUEBLA, PUEBLA

Cuadro 3. Características demográficas de las muestras. TDAH: trastorno por déficit de atención e hiperactividad, DM2: Diabetes mellitus, HAS: hipertensión arterial sistémica.

b) Evaluación de los participantes

Escala de Conners, versión para padres.

Sólo en 4 casos se registró una puntuación mayor a 20, representando un malestar significativo de los síntomas de TDAH en la vida diaria del sujeto y su familia (Tabla 2).

Test de Matrices Progresivas en su Escala Coloreada (RAVEN-EC).

Al realizar el Test de Matrices Progresivas en su Escala Coloreada (RAVEN-EC), 3 niños fueron identificados en el grupo II correspondiente a capacidad intelectual superior a término medio (42.86%); dos niños fueron identificados en el grupo III correspondiente a capacidad intelectual término medio (28.57%) y 2 niños en el grupo IV, correspondiente a capacidad intelctual inferior a termino medio (28.57%) (Tabla 2).

TDAH identificados.

En relación con los predominios de TDAH, se identificaron 4 casos inatentos, 2 hiperactivos y 1 combinado (Tabla 2).

Figura compleja de Rey Osterrieth

Los participantes obtuvieron puntuaciones por debajo de 10 puntos, ubicandose por debajo de la percentila 10 de acuerdo a la edad de los participantes, mientras que los predominios se distribuyeron de la siguiente manera el 57.14% fue de predominio inatento, 28.57% hiperactivo/impulsivo y 14.29% combinado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de los participantes.

	Escala de Conners	**RAVEN-EC**	**Figura Compleja de Rey**	**Subtipo de TDAH**
Paciente 1	6	Superior término medio	3.5/3	Inatento
Paciente 2	24	Superior término medio	3/2.5	Hiperactivo
Paciente 3	23	Término medio	3//2.5	Inatento
Paciente 4	12	Inferior término medio	2.5/2.5	Inatento
Paciente 5	20	Superior término medio	2/2	Hiperactivo
Paciente 6	10	Inferior término medio	7/2.5	Combinado
Paciente 7	23	Término medio	2.5/2	Inatento

c) Promedio de atención e índice theta/beta durante la prueba.

El promedio de atención identificada en cada una de las etapas fue por debajo de 50%, con excepción de la tercera etapa de la prueba, al realizar la figura compleja de Rey (Figura 1). En relación con el índice theta/beta se identificó un patrón proporcional, ya que, se observa un incremento del promedio del mismo, cuando aumenta la complejidad de la tarea a realizar por los sujetos en cada una de las etapas.

Se obtuvo el promedio del coeficiente de la relación del índice Theta/beta (T/b) en cuatro momentos. Con ojos cerrados (T/b 1346.86), ojos abiertos (T/b 554185.73), al realizar figura de Rey (T/b 704852.51), reproducir la figura por memoria (T/b 1000769.933) (Cuadro 5). El índice T/b aumentó 41% al abrir los ojos, al realizar la figura aumentó 52% y al reproducirla un 74%. Con una clara tendencia de aumento del índice al incrementar la complejidad de actividad. Lo que sugiere que potencialmente la BCI podría ser empleada para la caracterización de la actividad encefalográfica en niños con TDAH (Figura 2).

Etapa	**Atención**	**T/BL**	**T/BH**
Ojos abiertos	49.22	318.38	1346.87
Ojos Cerrados	47.98	639.42	554157.32
Copia Figura Rey	53.11	676.12	704852.51
Figura Rey por memoria	47.36	604.77	1000769.93

Cuadro 5. Promedios de porcentaje de atención e índice Theta/beta en cada una de las etapas de la prueba.

Figura 1. Porcentaje de la atención obtenida durante la prueba. En la gráfica se muestra el porcentaje promedio de atención con respecto a la actividad realizada por el sujeto (ojos abiertos,

ojos cerrados, copia de la figura de Rey, Figura de Rey de memoria). Note que hay un incremento importante de la atención cuando realiza la copia del dibujo de Rey, pero decae cuando se solicita al sujeto realizarla de memoria el promedio de atención son similares al de ojos cerrados.

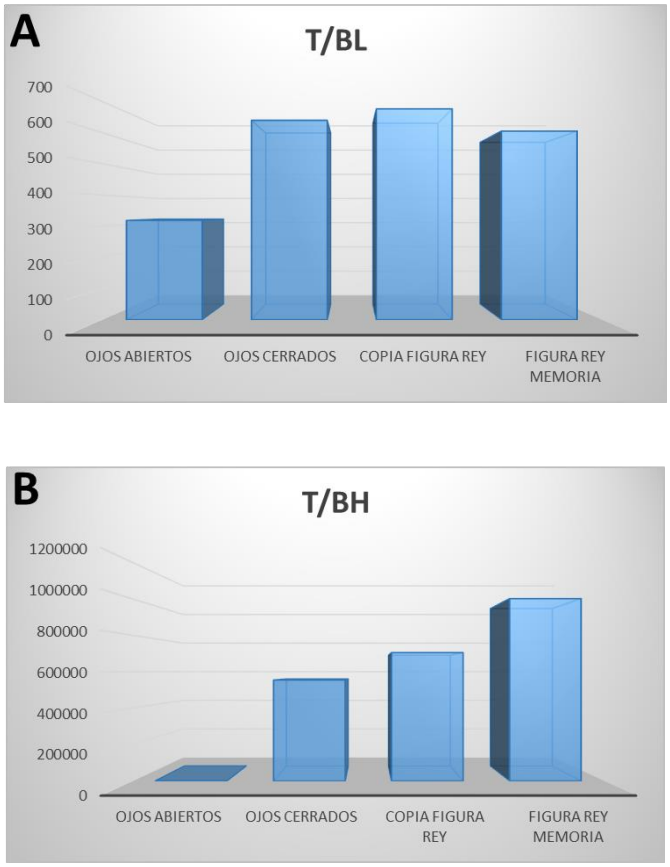


Figura 2. Coeficiente de la relación Th/B. En las gráficas se muestra la actividad realizada por el sujeto con relación al índice T/BL (A) y T/BH (B), donde podemos observar la tendencia de ambos índices al incrementar proporcionalmente asociado a las acciones realizadas por los sujetos. El valor T/BH a diferencia del porcentaje de atención generadas por las mismas acciones del sujeto en particular cuando realiza la figura de Rey por memoria no disminuye, al contrario, aumenta significativamente y en el caso de T/BL es semejante debido a que disminuye por esta actividad.

d) Atención e índice theta/beta de acuerdo con el subtipo de TDAH

Al observar el patrón de atención durante las diferentes etapas de la prueba, se identificó una correlación directa con el aumento en porcentaje de atención observada y el valor identificado del índice theta/beta, siendo más notorio a medida

que aumentaba la complejidad de la prueba, principalmente en la etapa 3, al realizar la figura compleja de Rey en el índice T/BH (graficas figura 3).

En cuanto al subtipo de TDAH, la dispersión del porcentaje de atención fue diferente, siendo mayor en el subtipo inatento y menor en el hiperactivo, lo que corresponde a las características clínicas de cada subtipo (graficas inferiores de la figura 3,4,5,6).

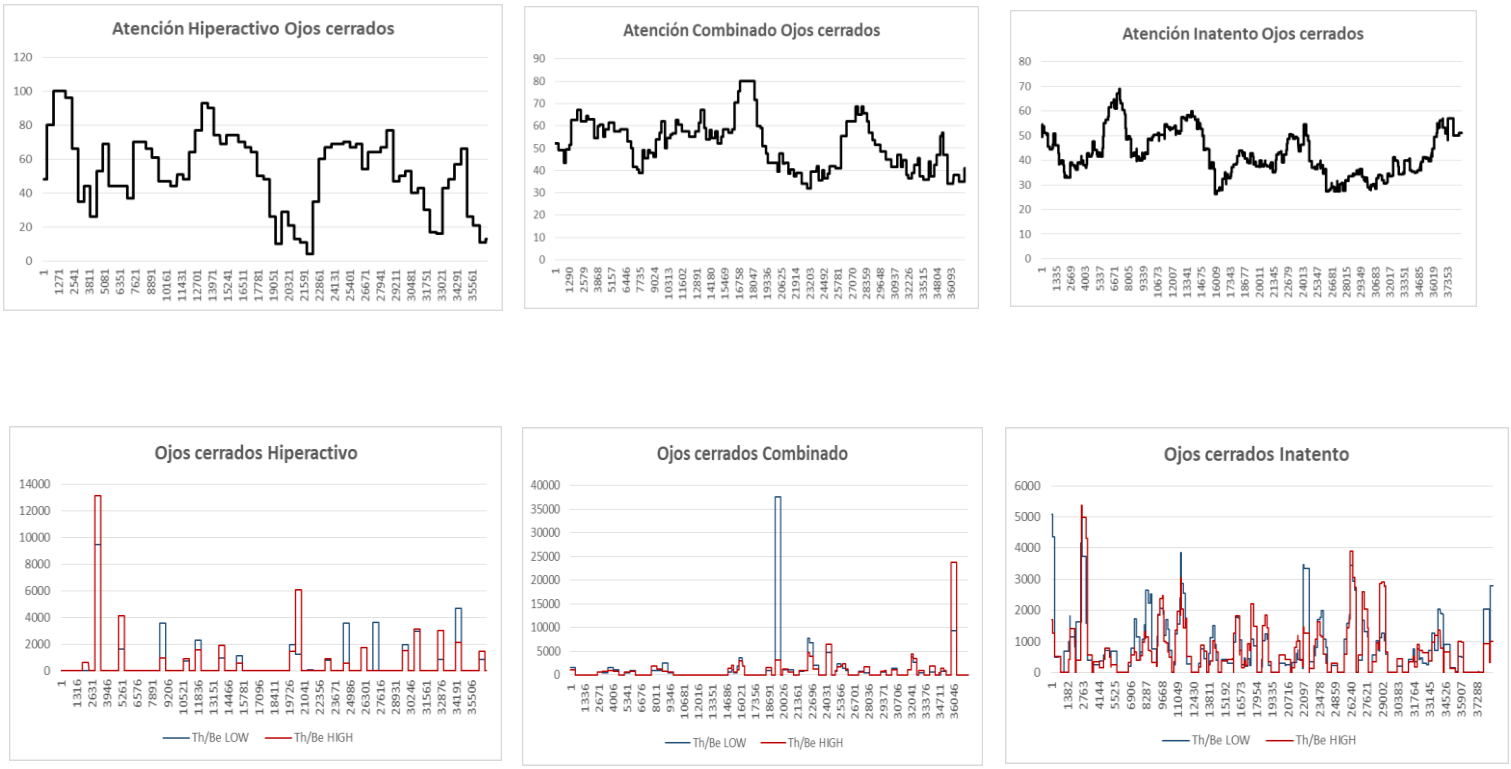


Figura 3. Cambios temporales de la atención e índices T/B cuando los sujetos están con ojos cerrados. Se muestra en las gráficas superiores la relación de los promedios del porcentaje de atención con respecto al tiempo de los tres predominios de TDAH diagnosticados. En la gráfica superior izquierda corresponde a sujetos TDAH hiperactivos, la gráfica superior central trazo negro corresponde a los TDAH combinado y la gráfica superior derecha a TDAH inatento. Note que en el caso de los sujetos inatentos presentaron menos variaciones temporales del % de atención comparado con los otros tipos de TDAH. En las gráficas inferiores se muestran los promedios de los índices T/BH (trazo azul) y T/BL (trazo rojo) relacionada con las gráficas de atención y predominio TDAH mencionado. En particular la gráfica inferior central se observa que existen cambios discretos en ambos índices T/B a lo largo del tiempo en sujetos TDAH combinado comparado con la gran variación temporal del índice T/B obtenidos en sujetos inatentos y las variaciones temporales de manera intermedia en sujetos hiperactivos. Lo que sugiere una potencial distinción entre los predominios empleando el índice T/B empleando una BCI.

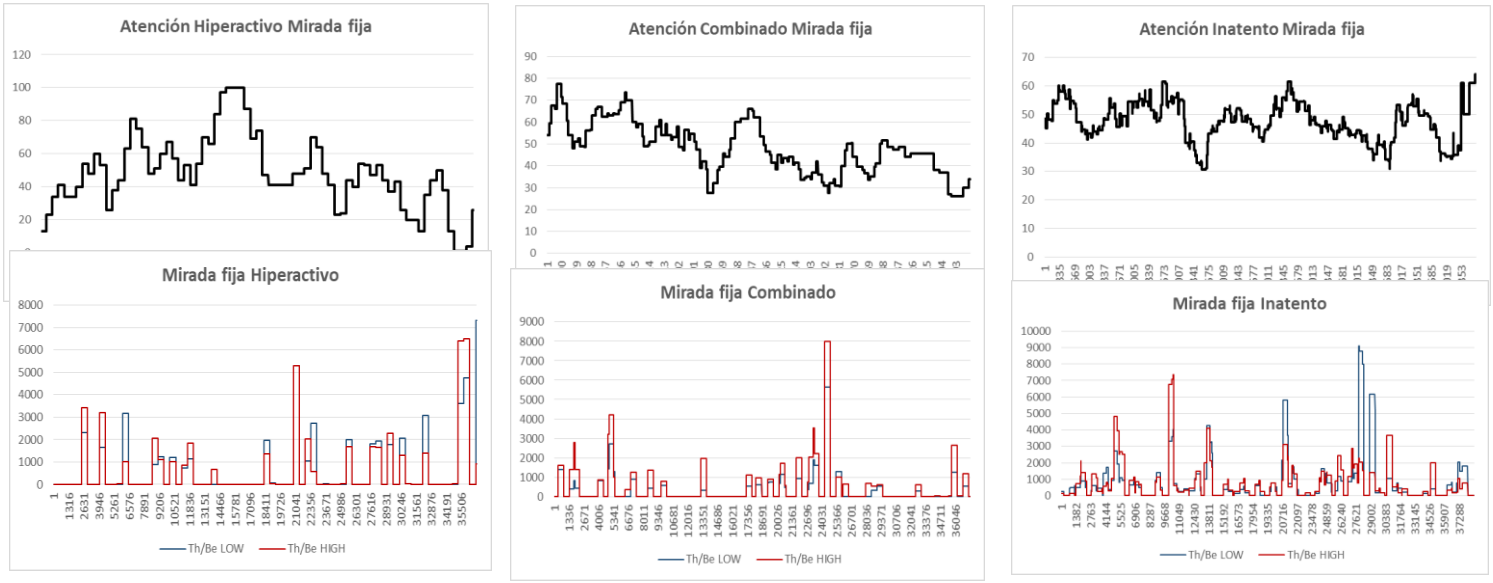


Figura 4. Cambios temporales de la atención e índices T/B cuando los sujetos están con ojos abiertos. En las gráficas superiores se muestra la relación de los promedios del porcentaje de atención con respecto al tiempo de los tres predominios de TDAH diagnosticados. En la gráfica superior izquierda corresponde a sujetos TDAH hiperactivos, la gráfica superior central trazo negro corresponde a los TDAH combinado y la gráfica superior derecha a TDAH inatento. En las gráficas inferiores se muestran los promedios de los índices T/BH (trazo azul) y T/BL (trazo rojo) relacionada con las gráficas superiores de atención y predominio TDAH mencionado. En particular la gráfica inferior central se observa que existen cambios discretos en ambos índices T/B a lo largo del tiempo en sujetos TDAH combinado comparado con la gran variación temporal del índice T/B obtenidos en sujetos inatentos y las variaciones temporales de manera intermedia en sujetos hiperactivos, pero los patrones observados en esta condición son distintos a la de ojos cerrados.

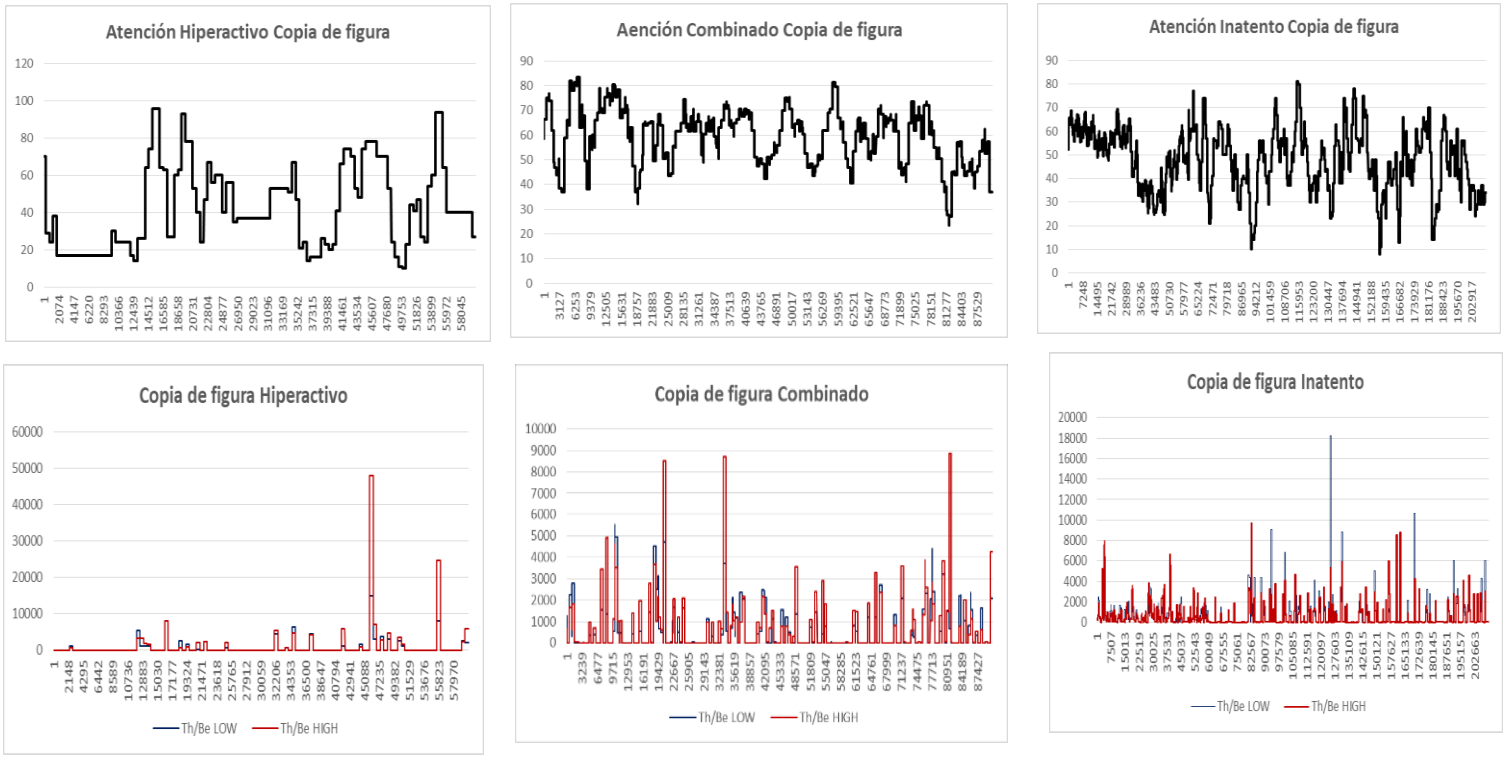


Figura 5. Cambios temporales de la atención e índices T/B cuando los sujetos copian la Figura de Rey. En las gráficas superiores se muestra la relación de los promedios del porcentaje de atención con respecto al tiempo de los tres predominios de TDAH diagnosticados. En la gráfica superior izquierda corresponde a sujetos TDAH hiperactivos, la gráfica superior central trazo negro corresponde a los TDAH combinado y la gráfica superior derecha a TDAH inatento. En las gráficas inferiores se muestran los promedios de los índices T/BH (trazo azul) y T/BL (trazo rojo) relacionada con las gráficas superiores de atención y predominio TDAH mencionado. En particular la gráfica inferior izquierda se observa que existen cambios temporales discretos en ambos índices T/B a lo largo del tiempo en sujetos TDAH hiperactivos comparado con la mayor variación temporal obtenida de índices T/B obtenidos en sujetos inatentos que se muestra en la gráfica inferior derecha y con las variaciones temporales intermedias en sujetos combinado de la gráfica inferior central. Lo que cabe resaltar es que se pueden distinguir los tres patrones temporales a través de los índice T/B.

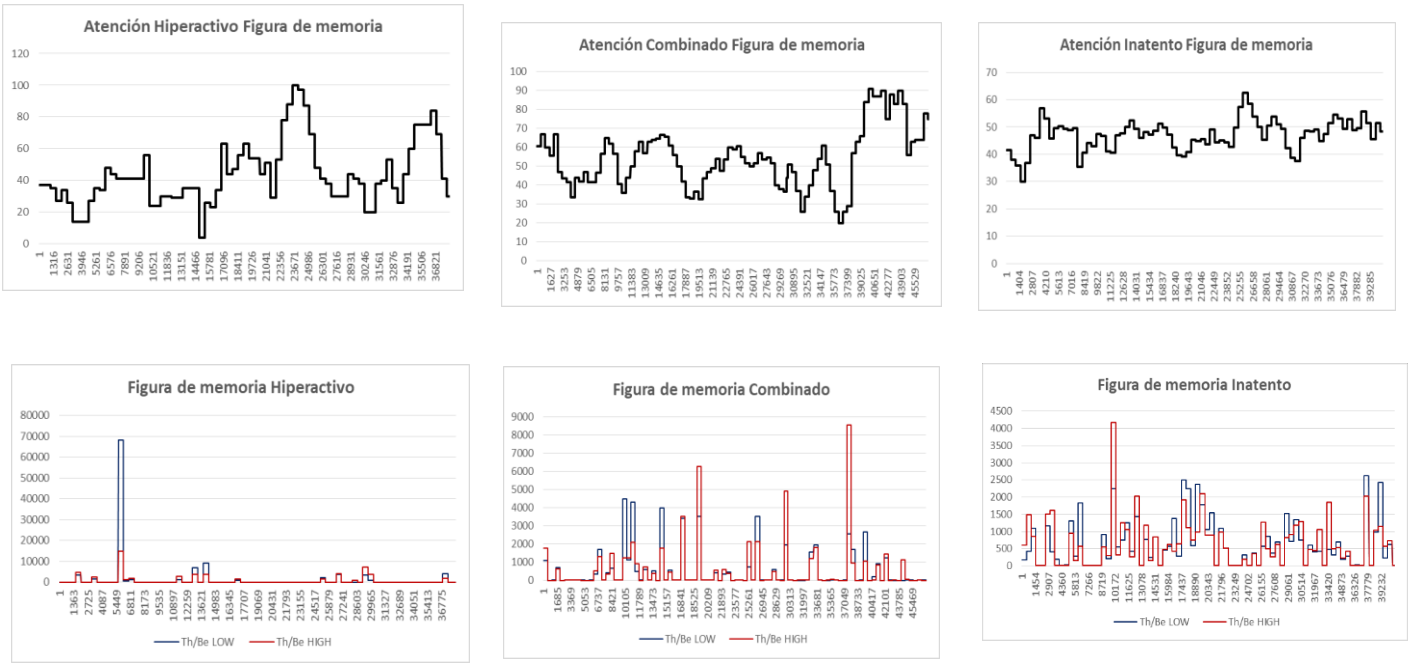


Figura 6. Cambios temporales de la atención e índices T/B cuando a los sujetos se solicita la Figura de Rey de memoria. En las gráficas superiores se muestra la relación de los promedios del porcentaje de atención con respecto al tiempo de los tres predominios de TDAH diagnosticados. En la gráfica superior izquierda corresponde a sujetos TDAH hiperactivos, la gráfica superior central trazo negro corresponde a los TDAH combinado y la gráfica superior derecha a TDAH inatento. En las gráficas inferiores se muestran los promedios de los índices T/BH (trazo azul) y T/BL (trazo rojo) relacionada con las gráficas superiores de atención y predominio TDAH mencionado. En particular la gráfica inferior izquierda se observa que existen cambios temporales discretos en ambos índices T/B a lo largo del tiempo en sujetos TDAH hiperactivos comparado con la mayor variación temporal obtenida de índices T/B obtenidos en sujetos inatentos que se muestra en la gráfica inferior derecha y con las variaciones temporales intermedias en sujetos combinado de la gráfica inferior central. Note que al comparas los patrones de variación con los índices de la figura 4, son más estables a pesar de establecer las mismas relaciones entre los predominios.

Discusión

El presente trabajo se realizó para establecer el uso potencial de una BCI como herramienta clínica, como resultado de la búsqueda bibliográfica, nos sugiere que es el primer trabajo realizado donde se emplea dicho equipo durante la valoración clínica de niños con este padecimiento.

El desarrollo del trabajo se realizó en dos momentos, debido a circunstancias de tipo administrativo; por otro lado, la gran cantidad de sujetos valorados en el servicio habían hecho considerar la posibilidad de captar un mayor número de individuos; pero, al realizar una valoración integral nos dimos cuenta que la gran mayoría de casos enviados al servicio de Paidopsiquiaría con la sospecha diagnóstica de TDAH, no siempre cumple con los criterios para el diagnóstico clínico, y desde otro punto de vista, los diferentes factores que influyen en el diagnóstico clínico, como experiencia del clínico que lo realiza, la variabilidad en cuanto a la intensidad de síntomas reportados por los padres, así como el sesgo por otros individuos como es el caso de los maestros para catalogar a los niños con diagnóstico de TDAH basado en un modelo o perfil (Lenartowicz & Loo, 2014). Esto sin lugar a duda, nos refleja el gran reto clínico que representa la valoración de casos con sospecha de TDAH, así como la búsqueda de herramientas que favorezcan la evaluación clínica y toma de decisiones.

Motivo por el cual, nos interesamos en analizar la posibilidad de que las BCI pudieran emplearse como una herramienta para establecer un parámetro más que permitiera apoyar el diagnostico que se lleva a cabo.

Por décadas la actividad electroencefalográfica y específicamente el índice theta/beta se ha propuesto como un marcador de actividad neurofisiológica característico del trastorno con resultados variables, incluso negando la utilidad de actividad electroencefalográfica en el diagnóstico de TDAH (Moreno-García, 2015).

Sin embargo, de acuerdo con los resultados contundentes observados por el grupo de investigación del Dr. Kamida, con diferencias significativas en la actividad electroencefalográfica de niños con TDAH comparados con niños sanos, (Kamida

et al., 2016)., dado que ha asociado principalmente al registro de actividad electroenfalográfica durante la realización de una prueba cognitiva específica, proponiendo nuevas investigaciones para caracterizar el perfil del índice theta/beta, el cual nos influyó para la realización del trabajo. De hecho, si bien no totalmente comparable los datos que hemos generado en nuestro trabajo permite apoyar la línea de investigación que ha tomado fuerza, pero consideramos que las ventajas de la idea planteada por nosotros esta principalmente está asociado a la fácil realización del registro temporal durante la realización de una prueba cognitiva específica, dejando claro que necesitamos realizar más investigaciones para caracterizar el perfil del índice theta/beta, el cual nos influyó para la realización del trabajo y ampliar el tamaño de la muestra para que así permita robustecer nuestros datos.

Cabe resaltar que esta información debería complementarse con un estudio equivalente poblacional con sujetos sanos, ya que esto nos permitiría identificar las variaciones temporales que puede llegar a tener un niño durante una prueba, así como los promedios generales de atención y principalmente el coeficiente de correlación del índice beta/theta.

La distribución de género fue mayor que en los reportes de otros estudios la que nosotros nos quedamos al final con una proporción de H:M 6:1, comparable con la encontrada por Reyes-Zamorano y de igual forma el predominio inatento fue el más frecuente (Calles J, 2016; Reyes-Zamorano E, et. al, 2003).

A manera de simplificar, la aplicación y calificación de la FCRO, se utilizó el método clásico para la calificación sin tomar en cuenta el orden en que se realizó el dibujo, ya que la prueba fue aplicada por nosotros mismos, pero la calificación de la prueba fue realizada por personal capacitado en la misma.

De acuerdo con la puntuación en la FCRO la totalidad de los sujetos tienen una afección grave de la visopercepción, lo cual es resultado de la pobre atención que mantienen durante la prueba y debido a los problemas de las funciones ejecutivas que tienen pacientes que tienen este diagnóstico.

Dentro de las limitantes del estudio encontramos la dificultad para la captación de los sujetos y la muestra obtenida. La utilización del WISC para determinar el CI sería lo ideal, sin embargo, el tiempo de aplicación es largo y se necesita de dos sesiones para completarla, razón por la que al no contar con una persona capacitada para la aplicación y calificación de la prueba se optó por la utilización de la prueba RAVEN-EC, que se caracteriza por ser rápida, practica y de corta duración, además mide las capacidades de aprendizaje, misma que es importante en los escolares, así como asegurar que los diagnósticos de inteligencia se obtuvieran en tiempo real durante la valoración clínica y no correr el riesgo de perder al sujeto (Raven, 1993).

Por otro lado, si bien se identificó una correlación entre el perfil de atención y el potencial del coeficiente de la relación del índice theta/beta durante las diferentes etapas de la prueba; no se pueden generalizar los datos debido a las características por el tamaño de la muestra, sin embargo, nos permite considerar potencialmente a las BCI como una posible herramienta.

La magnitud del índice se reporta en unidades estándar del equipo, por lo que es necesario su conversión a potencia de las ondas como las obtenidas por equipos convencionales de electrofisiología y así poder realizar la comparación. Pero cabe resaltar que estamos evaluando ya la forma de realizarlo y establecer dichas conversiones para cumplir con este aspecto que por cuestiones de tiempo no se presentaron en este trabajo.

Los datos sugieren que la BCI puede utilizarse para la caracterización de la actividad encefalográfica en niños con TDAH, pero se necesita una muestra mayor para robustecer los datos y hacer evidente que el índice T/b puede distinguir entre los tipos de TDAH, quedando aun un largo camino para protocolizar el procedimiento. Lo que representa una línea de investigación apasionante con diversas áreas aún por explorar.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de este estudio, el equipo CBI permite realizar una evaluación y medición en tiempo real de niños con diagnóstico de TDAH de la actividad electroencefalográfica de la región frontal e identificar la correlación del índice theta/beta. Dicho índice nos sugiere potencialmente distinguir un patrón temporal característico para cada uno de los predominios de TDAH, cumpliendo así el objetivo de este estudio.

Referencias:

A., B., L., S., H., B., B.A., S., M., N., & S.R., N. K. (2018). Quantitative EEG features selection in the classification of attention and response control in the children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Future Science OA*, *4*(5), 11–13. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4155/fsoa-2017-0138

Altunel, A., Altunel, E. Ö., & Sever, A. (2013). Electroencephalogram in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Clinical Neurophysiology*. https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31829d75db

Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2009). Electroencephalogram θ/β Ratio and Arousal in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence of Independent Processes. *Biological Psychiatry*, *66*(4), 398–401. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.04.027

Boutros, N. (2005). A Four-Step Approach for Developing Diagnostic Tests in Psychiatry: EEG in ADHD as a Test Case. *Journal of Neuropsychiatry*, *17*(4), 455–464. https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.17.4.455

Bruchmüller, K., Margraf, J., & Schneider, S. (2012). Is ADHD diagnosed in accord with diagnostic criteria? Overdiagnosis and influence of client gender on diagnosis. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *80*(1), 128–138. https://doi.org/10.1037/a0026582

Buyck, I., & Wiersema, J. R. (2014). Resting electroencephalogram in attention deficit hyperactivity disorder: Developmental course and diagnostic value. *Psychiatry Research*, *216*(3), 391–397. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.12.055

César, J., & Lázaro, F. (2009). Características de comorbilidad en los diferentes subtipos de trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Psicothema*, *21*(2007), 592–597.

Cunill, R., & Castells, X. (2014). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Medicina Clinica*, *144*(8), 370–375. https://doi.org/10.1016/j.medcli.2014.02.025

Durand-Rivera, A., Alatorre-Miguel, E., Zambrano-Sánchez, E., & Reyes-Legorreta, C.

(2015). Methylphenidate efficacy: Immediate versus extended release at short term in mexican children with ADHD assessed by conners scale and EEG. *Neurology Research International*, *2015*. https://doi.org/10.1155/2015/207801

Ekandem, J. I., Davis, T. A., Alvarez, I., James, M. T., & Gilbert, J. E. (2012). Evaluating the ergonomics of BCI devices for research and experimentation. *Ergonomics*, *55*(5), 592–598. https://doi.org/10.1080/00140139.2012.662527

Fortenberry, G. Z., Meeker, J. D., Sánchez, B. N., Bellinger, D., Peterson, K., Schnaas, L., … Maria Tellez-Rojo, M. (2014). Paraoxonase I polymorphisms and attention/hyperactivity in school-age children from Mexico City, Mexico. *Environmental Research*, *132*, 342–349. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.010

Guillermo, L., Montes, A., Olivia, A., García, H., Ricardo-garcell, J., Guillermo, L., … Ricardo-garcell, J. (2007). ADHD Prevalence in Adult Outpatients With Nonpsychotic Psychiatric Illnesses. https://doi.org/10.1177/1087054707304428

Harvey, E. A., Youngwirth, S. D., Thakar, D. A., & Errazuriz, P. A. (2009). Predicting Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Oppositional Defiant Disorder From Preschool Diagnostic Assessments. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *77*(2), 349–354. https://doi.org/10.1037/a0014638

Hayes District Court Adopts R&R. (2017). De Novo, (2016), 2016–2017.

Jarrett, M. A., Gable, P. A., Rondon, A. T., Neal, L. B., Price, H. F., & Hilton, D. C. (2017). An EEG Study of Children With and Without ADHD Symptoms: Between-Group Differences and Associations With Sluggish Cognitive Tempo Symptoms. *Journal of Attention Disorders*. https://doi.org/10.1177/1087054717723986

Kamida, A., Shimabayashi, K., Oguri, M., Takamori, T., Ueda, N., Koyanagi, Y., … Maegaki, Y. (2016). EEG power spectrum analysis in children with ADHD. *Yonago Acta Medica*, *59*(2), 169–173. Retrieved from https://openathens.ovid.com/secure-ssl/home.oa?idpselect=https://kclidp.kcl.ac.uk/idp/shibboleth&entityID=https://kclidp.kcl.ac.uk/idp/shibboleth&?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=emed18&AN=611061031 http://sfx.kcl.ac.uk/kings?sid=OVID:embase&id=pmid:&id

Kim, J. W., Lee, Y. S., Han, D. H., Min, K. J., Kim, D. H., & Lee, C. W. (2015). The utility of quantitative electroencephalography and Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test as auxiliary tools for the Attention Deficit Hyperactivity Disorder

diagnosis. *Clinical Neurophysiology*, *126*(3), 532–540. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.06.034

Lara, C., Fayyad, J., de Graaf, R., Kessler, R. C., Aguilar-Gaxiola, S., Angermeyer, M., … Sampson, N. (2009). Childhood Predictors of Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Results from the World Health Organization World Mental Health Survey Initiative. *Biological Psychiatry*, *65*(1), 46–54. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.10.005

Lenartowicz, A., & Loo, S. K. (2014). Use of EEG to Diagnose ADHD. *Current Psychiatry Reports*, *16*(11). https://doi.org/10.1007/s11920-014-0498-0

Liechti, M. D., Valko, L., Müller, U. C., Döhnert, M., Drechsler, R., Steinhausen, H. C., & Brandeis, D. (2013). Diagnostic value of resting electroencephalogram in attention-deficit/ hyperactivity disorder across the lifespan. *Brain Topography*, *26*(1), 135–151. https://doi.org/10.1007/s10548-012-0258-6

Liu, T., Lin, P., Chen, Y., & Wang, J. (2014). Electroencephalogram synchronization analysis for attention deficit hyperactivity disorder children, *24*, 1035–1039. https://doi.org/10.3233/BME-130901

Loo, S. K., & Makeig, S. (2012). Clinical Utility of EEG in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Research Update. *Neurotherapeutics*, *9*(3), 569–587. https://doi.org/10.1007/s13311-012-0131-z

Lui, J. H. L., Johnston, C., Lee, C. M., & Lee-Flynn, S. C. (2013). Parental ADHD symptoms and self-reports of positive parenting. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *81*(6), 988–998. https://doi.org/10.1037/a0033490

Madera-Carrillo, H., Gonzalez-Garrido, A. A., Gomez-Velazquez, F. R., & Enriquez-de Rivera, D. Z. (2007). [Quantitative electroencephalogram analysis confirms the presence of frontal lobe deficit among attention deficit disorder with hyperactivity children]. *Gac Med Mex*, *143*(5), 391–400. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18246933

Millichap, J. G. (2000). Attention Deficit-Hyperactivity Disorder and the Electroencephalogram. *Epilepsy & Behavior : E&B*, *1*(6), 453–454. https://doi.org/10.1006/ebeh.2000.0131

Millichap, J. G., Millichap, J. J., & Stack, C. V. (2011). Utility of the electroencephalogram in attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical EEG and Neuroscience*, *42*(3), 180–184. https://doi.org/10.1177/155005941104200307

Polańska, K., Jurewicz, J., & Hanke, W. (2012). Exposure to environmental and lifestyle factors and attention-deficit/ hyperactivity disorder in children - A review of epidemiological studies. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, *25*(4), 330–355. https://doi.org/10.2478/S13382-012-0048-0

Romero, E. (2006). ECI-4 SCREENING OF ATTENTION DEFICIT-HYPERACTIVITY DISORDER AND CO-MORBIDITY IN MEXICAN PRESCHOOL CHILDREN Preliminary results. *Arq Neuropsiquiatr*, *64*(February), 932–936.

Tung, I., Li, J. J., Meza, J. I., Jezior, K. L., Kianmahd, J. S. V., Hentschel, P. G., … Lee, S. S. (2016). Patterns of Comorbidity Among Girls With ADHD: A Meta-analysis. *Pediatrics*, *138*(4), e20160430–e20160430. https://doi.org/10.1542/peds.2016-0430

Zaimoǂlu, S., Türkdoǂan, D., Mazlum, B., Bekiroǂlu, N., Tetik-Kabil, A., & Eyilikeder, S. (2015). When Is EEG Indicated in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Journal of Child Neurology*, *30*(13), 1785–1793. https://doi.org/10.1177/0883073815580545

Anexos

Anexo 1

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Lugar y Fecha: _____

Por medio del presente autorizo al Dr. Jorge Alejandro Cebada Ruiz y colaboradores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla a la toma y utilización de datos personales y revisión de mis resultados de los paraclínicos para la participación en el proyecto de investigación:

"Determinación de la atención en niños de 6 a 12 años con trastorno de déficit de atención e hiperactividad empleando una interfaz computacional de actividad cerebral"

El Dr. Jorge Cebada y sus colaboradores, no podrán hacer uso comercial ni lucrativo de los resultados obtenidos. Estoy informado además, que no existirá beneficio monetario por mi participación en el estudio y mi firma en este documento manifiesta mi participación voluntaria en el proyecto.

El equipo Neurosky Mindwave Mobile es una interfaz computacional la cual por medio de un aplicación en el teléfono puede darnos un archivo que nos otorga datos del promedio de atención, así como de ondas de actividad cerebral similares a las tomadas por el electroencefalograma. Este aparato no presenta ningún riesgo mayor o alguna indicación especial en comparación con un electroencefalograma convencional. Es de importancia aclarar que la utilización de este aparato para los fines aquí planteados es de orden experimental y no hay reportes publicados que los datos arrojados por el mismo sean equiparables a los del electroencefalograma convencional.

Entiendo que el estudio consiste en la utilización de una interfaz computacional a manera de audífonos durante dos periodos, uno en el que se le pedirá a mi hijo(a) que mantenga los ojos cerrados por un minuto para posteriormente abrirlos y mantenerlos fijo en un punto durante otro minuto. El otro registro se realizará mientras está realizando una prueba que consiste en dos

partes, en la primera se le pedirá que copie un dibujo en otra hoja, posteriormente se le solicitará que de acuerdo con lo que recuerde del dibujo lo trate de recrear con la mayor exactitud posible.

De igual manera estoy consciente que toda la demás información o pruebas que se me soliciten serán evaluadas durante mis citas subsecuentes al servicio de Paidopsiquiatría.

_____	_____
Nombre y firma del padre/tutor	Testigo

CARTA DE ASENTIMIENTO INFORMADO

Lugar y Fecha: _____

Por medio del presente estoy de acuerdo en autorizar al Dr. Jorge Cebada y colaboradores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla a la toma y utilización de datos personales y revisión de mis resultados de los paraclínicos para la participación en el proyecto de investigación:

"Determinación de la atención en niños de 6 a 12 años con trastorno de déficit de atención e hiperactividad empleando una interfaz computacional de actividad cerebral"

El Dr. Jorge Cebada y sus colaboradores, no podrán hacer uso comercial ni lucrativo de los resultados obtenidos. Estoy informado además, que no existirá beneficio monetario por mi participación en el estudio y mi firma en este documento manifiesta mi participación voluntaria en el proyecto.

El equipo Neurosky Mindwave Mobile es una interfaz computacional la cual por medio de un aplicación en el teléfono puede darnos un archivo que nos otorga datos del promedio de atención, así como de ondas de actividad cerebral similares a las tomadas por el electroencefalograma. Este aparato no presenta ningún riesgo mayor o alguna indicación especial en comparación con un electroencefalograma convencional. Es de importancia aclarar que la utilización de este aparato para los fines aquí planteados es de orden experimental y no hay reportes publicados que los datos arrojados por el mismo sean equiparables a los del electroencefalograma convencional.

Entiendo que el estudio consiste en la utilización de una interfaz computacional a manera de audífonos durante dos periodos, uno en el que se me pedirá que mantenga los ojos cerrados por un minuto para posteriormente abrirlos y mantenerlos fijo en un punto. El otro registro se realizará mientras yo estoy realizando una prueba que consiste en dos partes, en la primera se me pide que copie un dibujo en otra hoja, posteriormente se me pedirá que de acuerdo a lo que recuerdo del dibujo lo trate de recrear con la mayor exactitud posible.

De igual manera estoy consciente que toda la demás información o pruebas que se me soliciten serán evaluadas durante mis citas subsecuentes al servicio de Paidopsiquiatría.

_____ _____

Nombre y firma del padre/tutor Testigo

Anexo 2

Mini International Neuropsychiatric Interview versión DSM-IV

M.I.N.I.

Mini International Neuropsychiatric Interview

Versión en español 5.0.0

DSM-IV

Y. Lecrubier, E. Weiller, T. Hergueta, P. Amorim, L.I. Bonora, J.P. Lépine
Hôpital de la Salpêtriere - Paris - FRANCE.

D. Sheehan, J. Janavs, R. Baker, K.H. Sheehan, E. Knapp, M. Sheehan
University of South Florida - Tampa - USA.

***Spanish version translated by* :**
L.Ferrando, L.Franco-A, M.Soto, J.Bobes, O Soto, L. Franco, J.Gibert
Instituto IAP – Madrid - SPAIN

Anexo 3

Cuestionario de Conner para padres (48 reactivos)

II. Escala de calificaciones para padres Conners

CUESTIONARIO PARA PADRES

Nombre del niño (a): _____ Fecha de nacimiento: _____

Edad: _____ Sexo : _____ CURP: _____

Nivel y Grado Escolar: _____ Nombre de la Escuela: _____

Nombre de los padres, tutor(es) : _____

Fecha de aplicación:

INSTRUCCIONES: Por favor responda a todas las preguntas. A un lado de cada uno de los reactivos que se encuentran a continuación, indique el grado del problema (Nunca = 0. Sólo un poco = 1. Bastante = 2. y Mucho = 3), encerrando en un círculo la respuesta que corresponda al comportamiento observado en el niño o la niña.

REACTIVO	Nunca	Sólo un poco	Bastante	Mucho
1. Se escarba o jala (las uñas, dedos, cabello, ropa)	0	1	2	3
2. Es insolente con los adultos	0	1	2	3
3. Tiene problemas para hacer o conservar amigos	0	1	2	3
4. Es excitable, impulsivo	0	1	2	3
5. Quiere controlar las cosas	0	1	2	3
6. Chupa o mastica (el dedo, ropa, cobija)	0	1	2	3
7. Llora con facilidad o con frecuencia	0	1	2	3
8. Busca problemas	0	1	2	3
9. Es soñador	0	1	2	3
10. Tiene dificultades para aprender	0	1	2	3
11. Es muy inquieto, no puede dejar de moverse.	0	1	2	3
12. Es temeroso (de situaciones nuevas; nuevas personas o lugares, de ir a la escuela)	0	1	2	3
13. Está inquieto, siempre está de un lado a otro	0	1	2	3
14. Es destructivo	0	1	2	3
15. Dice mentiras e historias que no son ciertas	0	1	2	3
16. Es tímido	0	1	2	3
17. Se mete en más problemas que los demás niños de la misma edad.	0	1	2	3
18. Habla de manera diferente a otros de la misma edad (habla infantil, tartamudeo, es difícil de entender).	0	1	2	3
19. Niega errores o culpa a otros.	0	1	2	3
20. Es pendenciero (propenso a riñas)	0	1	2	3
21. Hace pucheros y está malhumorado	0	1	2	3
22. Roba	0	1	2	3
23. Es desobediente u obedece, pero con resentimiento.	0	1	2	3
24. Se preocupa más que otros (de estar solo, de enfermedad o muerte)	0	1	2	3
25. No termina las cosas	0	1	2	3

REACTIVO	Nunca	Sólo un poco	Bastante	Mucho
26. Se hiere emocionalmente con facilidad	0	1	2	3
27. Es abusivo con los demás	0	1	2	3
28. Es incapaz de cesar una actividad repetitiva	0	1	2	3
29. Es cruel	0	1	2	3
30. Es infantil o inmaduro (desea ayuda que no debería necesitar, depende de otros, necesita constantes afirmaciones de seguridad)	0	1	2	3
31. Es distraído o tiene un problema de lapso de atención	0	1	2	3
32. Tiene dolores de cabeza	0	1	2	3
33. Cambia de estado de ánimo de manera rápida y drástica	0	1	2	3
34. No le gusta seguir o no sigue las reglas o restricciones	0	1	2	3
35. Pelea constantemente	0	1	2	3
36. No se lleva bien con hermanos o hermanas	0	1	2	3
37. Se frustra con facilidad ante los esfuerzos	0	1	2	3
38. Molesta a los niños	0	1	2	3
39. Es básicamente una niña(o) infeliz	0	1	2	3
40. Tiene problemas con la comida (poco apetito, se levanta de la mesa entre bocados)	0	1	2	3
41. Tiene dolores de estómago	0	1	2	3
42. Tiene problemas de sueño (no puede dormir, se levanta demasiado temprano, se levanta por la noche)	0	1	2	3
43. Tiene otros dolores y molestias	0	1	2	3
44. Tiene vómito o náusea	0	1	2	3
45. Se siente traicionado por el círculo familiar	0	1	2	3
46. Alardea y es fanfarrón	0	1	2	3
47. Deja que los demás lo dominen	0	1	2	3
48. Tiene problemas intestinales (con frecuencia tiene diarrea, hábitos irregulares para ir al baño, estreñimiento)	0	1	2	3

COMENTARIOS:

_____

_____

_____

_____

_____

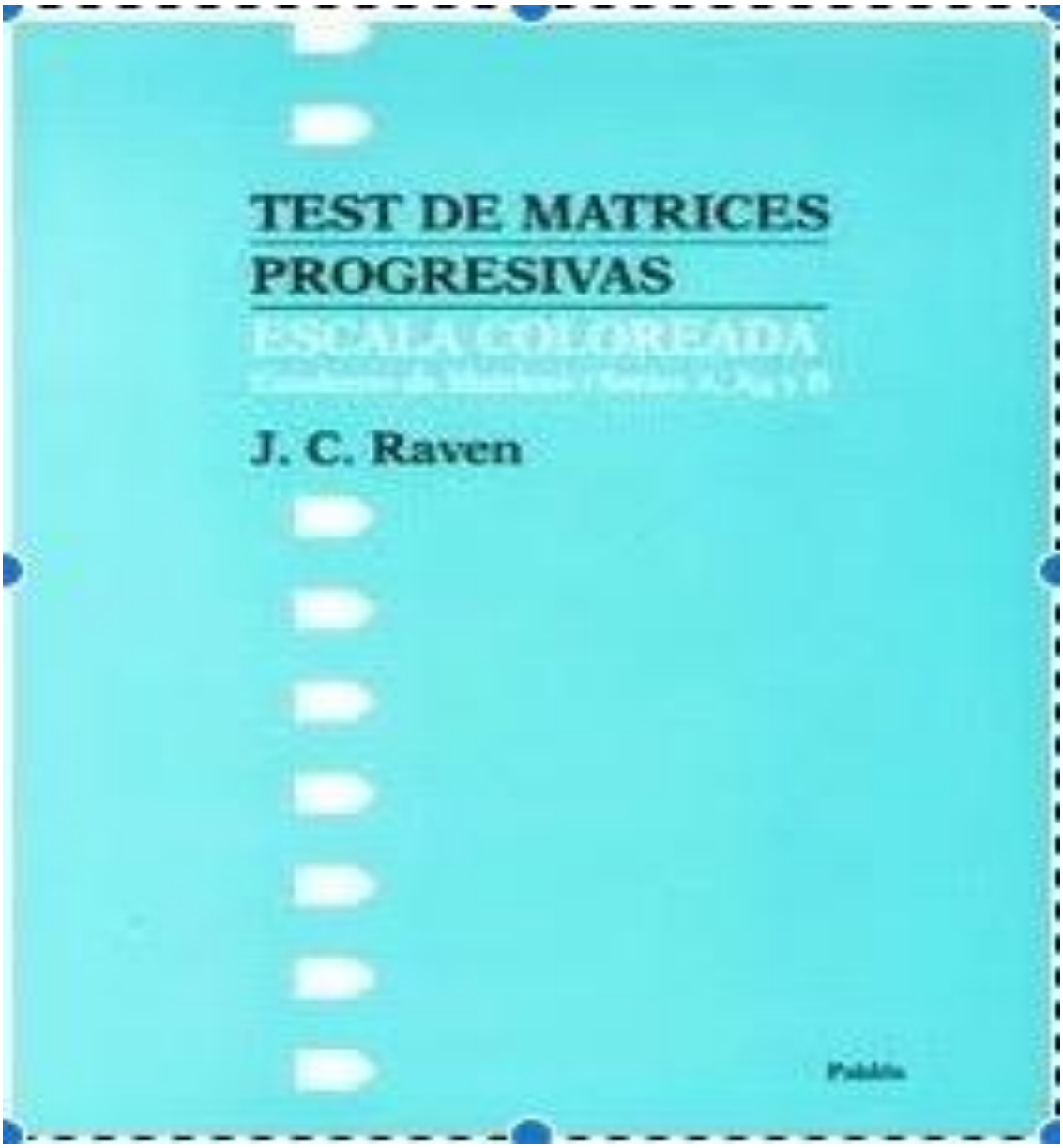
_____

_____

_____

Anexo 4

Test de matrices progresivas escala coloreada (RAVEN)



Anexo 5

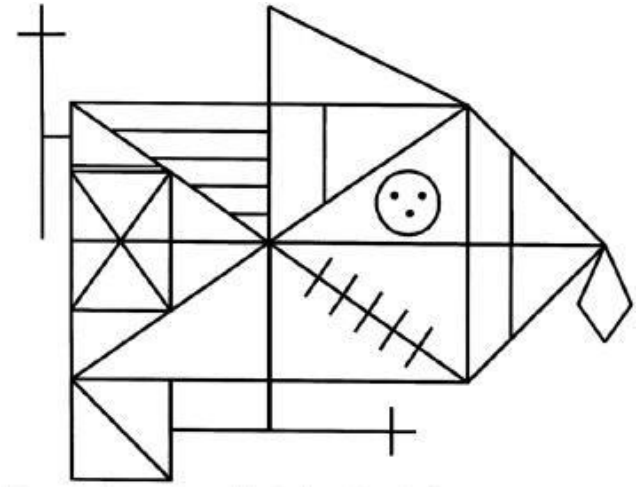
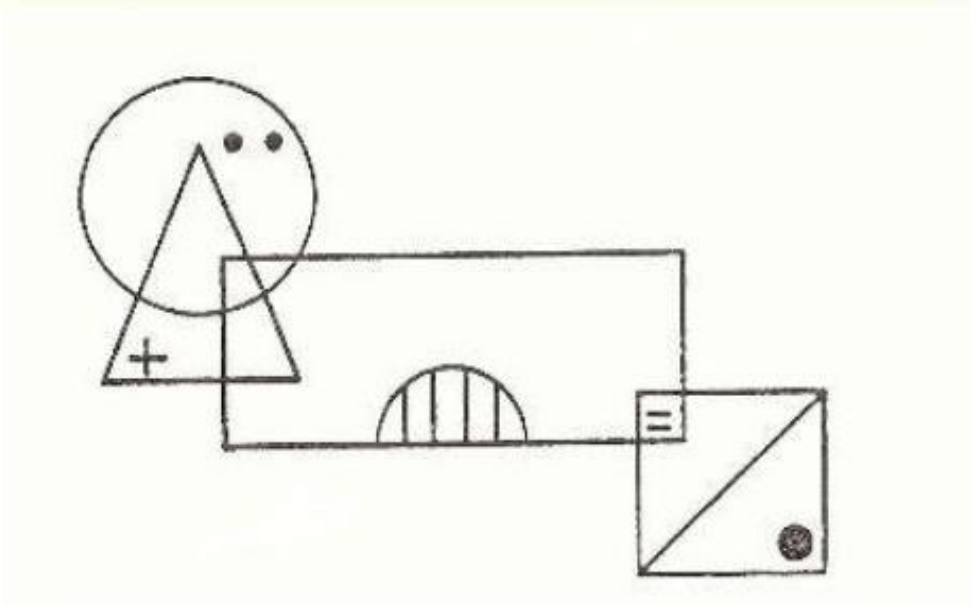



Figura Compleja de Rey-Osterrieth