

M

Mejoras en Atención Visual y Auditiva a partir de la Regulación de las Bandas Theta y Beta en Niños con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH)

Elimelech Duarte Hernández, Javier González Marqués & Jesús M. Alvarado

Instituto de Estudios Biofuncionales, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Correspondencia: Elimelech Duarte Hernández. Instituto de Estudios Biofuncionales, Universidad Complutense de Madrid, Paseo Juan XXIII, nº 1, Código Postal 28040 - Madrid, España. Correo electrónico: eliduart@ucm.es

Resumen

Varios estudios han sugerido que la regulación de las bandas theta y beta contribuye a mejorar algunos de los síntomas del Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). No obstante, aún está pendiente responder algunas preguntas en relación con las variables atencionales que responden mejor al tratamiento mediante la técnica de Neurofeedback (NFB). En este estudio, llevamos a cabo 1000 sesiones de entrenamiento NFB en un grupo de niños diagnosticados con TDAH. Objetivos: (1) Verificar si el grupo NFB aprendió a regular la amplitud de las bandas theta y beta. (2) Describir la tendencia de la curva de auto-regulación de la ratio teta/beta (RTB) y (3) Evaluar los cambios significativos del grupo NFB en las puntuaciones de las principales escalas del Test de Ejecución Continua Visual y Auditivo (IVA-CPT) después del entrenamiento con NFB. Los resultados mostraron que el grupo de NFB fue capaz de regular la amplitud de las bandas theta ($\eta^2_{par} = .07$) y beta ($\eta^2_{par} = .22$) y reducir la RTB según el protocolo. Encontramos que la auto-regulación de las bandas theta y beta se produjo gradualmente con cambios incrementales a través de las sesiones. Además, las puntuaciones de las seis escalas principales del IVA/CPT mostraron un efecto principal significativo entre el pre y el post tratamiento (Wilks's Lambda $F = 9.888$, $p = .003$, $\eta^2_{par} = .202$).

Palabras clave: Neurofeedback, protocolo theta/beta, biofeedback de electroencefalograma (EEG), Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad.

Improvements in Visual and Hearing Attention based on Theta and Beta Bands Regulation in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)

Summary

Several studies have suggested that regulation of theta and beta bands helps to improve some of the symptoms of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). However, it is still important to answer some questions regarding attentional variables that respond better to treatment using the Neurofeedback technique (NFB). In this study, we conducted 1000 NFB training sessions in a group of children diagnosed with ADHD. Objectives: (1) Verify if the NFB group learned to regulate the amplitude of theta and beta bands. (2) Describe the trend of the self-regulation curve of theta/beta ratio (TBR) and (3) Assess significant changes of the NFB group in the main scales scores of Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA-CPT) after NFB training. The results showed that the NFB group was able to regulate the amplitude of theta ($\eta^2_{par} = .07$) and beta ($\eta^2_{par} = .22$) bands and reduce the TBR according to the protocol. We found that theta and beta band self-regulation occurs gradually with incremental changes across sessions. Furthermore, the scores of the six main scales of the IVA/CPT showed a significant main effect between pre and post treatment (Wilks's Lambda $F = 9.888$, $p = .003$, $\eta^2_{par} = .202$).

Keywords: Neurofeedback, theta/beta protocol, electroencephalogram (EEG) biofeedback, Attention Deficit Hyperactivity Disorder.

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad es actualmente uno de los trastornos infantiles más comunes, con una prevalencia mundial estimada del 7,2% (Thomas, Sanders, Doust, Beller, & Glasziou, 2015).

El protocolo de entrenamiento theta-beta es probablemente el más utilizado para el tratamiento del TDAH. La tarea principal para el participante es aprender a reducir la amplitud de la banda theta (4-8 Hz) y aumentar la amplitud de la banda de frecuencia beta (12-20 Hz) (Antonijczuk, Kalinowski, Adamowska, Nowak, & Piatak, 2013; Arnold et al., 2013; Arns, Feddema, & Kenemans, 2014; Drechsler et al., 2007; Keller & Garbacenkaite, 2015; Lansbergen, van Dongen-Boomsma, Buitelaar, & Slaats-Willemse, 2011; Leins et al., 2007; Monastra V. J., Monastra D.M., & George, 2002; Prinsloo, Rauch, Karpul, & Derman, 2013; Rossiter & La Vaque, 1995; Van Doren et al., 2017). En las últimas dos décadas el uso de NFB en la práctica clínica ha sugerido mejoras significativas en algunos de los síntomas del TDAH (Butnik, 2005; Holtmann et al., 2004; Leins et al., 2007; Mohagheghi et al., 2017). Aunque la eficacia de la técnica de NFB cuenta con el respaldo de un meta-análisis (Arns, de Ridder, Strehl, Breteler, & Coenen, 2009), algunos autores no han observado beneficios en las funciones cognitivas tras el uso de NFB en participantes con TDAH (Vollebregt, van Dongen-Boomsma, Buitelaar, & Slaats-Willemse, 2014). Con el fin de contribuir a este debate nosotros llevamos a cabo este estudio para evaluar el efecto del entrenamiento con NFB en variables atencionales de una muestra de niños españoles diagnosticados con TDAH.

Los objetivos propuestos para este estudio son: (1) Verificar si el grupo de tratamiento

de NFB aprendió a modular la amplitud de las bandas theta-beta de acuerdo con el protocolo utilizado, (2) Describir el proceso de regulación llevado a cabo durante el tratamiento de NFB para cada una de las bandas, y (3) Verificar si existen diferencias entre las medidas antes y después del tratamiento con NFB en las principales escalas del test de atención IVA-CPT.

Método

Participantes

61 niños (22 niñas y 39 niños, edad media 11.94 y 11.72 años, respectivamente) participaron en este estudio. Todos los participantes pertenecían a la Asociación de Niños con Déficit de Atención con o sin hiperactividad de Madrid (A.N.S.H.D.A.). Personal perteneciente a la A.N.S.H.D.A. confirmó que todos los participantes estaban diagnosticados con TDAH basado en DSM-IVR y llevó a cabo la asignación de los participantes a los grupos según el orden de inscripción. La lista de participantes se entregó a los investigadores solo al final del proceso de reclutamiento. Los primeros 40 participantes fueron asignados al grupo NFB (n=40, edad promedio 11.53; D.E.=2.62), de los cuales 14 eran niñas (edad promedio 11.81; D.E.=2.04) y 26 eran niños (edad promedio 11.38; D.E.=2.92). Los 21 participantes restantes fueron asignados al grupo control (edad promedio 12.27; D.E.=2.82) de los cuales 8 eran niñas (edad promedio 11.87; D.E.=3.15) y 13 niños (edad promedio 12.52; D.E.=2.70). El grupo de control no tuvo intervención, pero participó en las mediciones pre y post tanto de la variable dependiente como la independiente. Por razones logísticas, para llevar a cabo el tratamiento dividimos el grupo NFB en cuatro grupos de 10

participantes cada uno. Los grupos recibieron tratamiento con NFB secuencialmente uno tras otro. Todos los participantes de cada grupo recibieron 25 sesiones de entrenamiento de NFB durante 12.5 semanas. Se llevó a cabo un total de 1000 sesiones de NFB durante 50 semanas. Al comienzo del tratamiento con NFB, todos los participantes tomaban tratamiento farmacológico como tratamiento de primera línea (96,2% metilfenidato, 3,8% de atomoxetina) y mantuvieron la misma dosis a lo largo de su participación en el estudio. Para ser aceptado en el estudio, se requirió que todos los participantes cumplieran con los siguientes criterios: 1) edad entre 7-17 años, 2) diagnóstico formal previo de TDAH, 3) Cociente de Inteligencia (CI)>80, 4) ninguna enfermedad neurológica conocida y, 5) consentimiento informado de los padres. En una entrevista personal, los padres de todos los niños fueron informados sobre su derecho a terminar su participación en cualquier momento durante el estudio. Antes de comenzar la capacitación, se requirió el consentimiento escrito y firmado de ambos padres. El diagnóstico de TDAH y el coeficiente intelectual de los niños seleccionados para el estudio fueron proporcionados por A.N.S.H.D.A. El protocolo de entrenamiento con NFB para las bandas theta y beta fue aprobado por la junta directiva y el comité de ética de A.N.S.H.D.A. en Madrid y se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013, October).

Materiales y Procedimiento

· IVA-CPT

El IVA-CPT es un test informatizado estandarizado (de duración aproximada de 13 min), desarrollado para evaluar la respuesta inhibitoria y los niveles de atención. La tarea principal consiste en 500

ensayos de patrones visuales y auditivos (Sandford & Turner, 1995). Decidimos usar IVA-CPT debido a su alta confiabilidad (especificidad 90%, sensibilidad 92%, con un poder predictivo positivo del 89% y poder predictivo negativo del 93%) para evaluar el control y la atención de la respuesta (Sandford, Fine, & Goldman, 1995, August; Seckler, Burns, & Sandford, 1995, November). Algunos estudios han concluido que el IVA-CPT es una herramienta útil para detectar déficit de atención y medir el control de respuesta en niños con TDAH (Moreno-García, Delgado-Pardo, & Roldán-Blasco, 2015).

El IVA-CPT fue administrado dos veces tanto al grupo NFB como al grupo Control: la primera vez antes de comenzar la primera sesión de entrenamiento con NFB y la segunda vez justo después de última sesión. A todos los participantes se les indicó que hicieran clic en la tecla izquierda del ratón sólo cuando vieran o escucharan el número "1" y no hicieran clic (inhibieran) cuando vieran o escucharan el número "2". El IVA-CPT se compone de dos escalas completas una de Control de respuesta y la otra de Atención y éstas a su vez agrupan en su interior seis escalas primarias como se describe a continuación:

1) Escala Completa de Control de Respuesta (Full Scale Response Control Quotient - FSRCQ) integrada por dos modalidades sensoriales: a) Cociente de Control de Respuesta Visual (Visual Response Control Quotient - VRCQ) el cual se compone a su vez de las escalas: Escala Visual Porcentual de Prudencia (Prudence Visual Scale Percent - PRV%), Escala Visual de Consistencia (Consistency Visual Scale - CONV) y Escala Visual de Estamina (Stamina Visual Scale - STMV); y b) Cociente de Control de Respuesta Auditivo (Auditory Response Control Quotient -

ARCQ) integrado por las escalas: Escala Auditiva Porcentual de Prudencia (PRA%), Escala Auditiva de Consistencia (Consistency Auditory Scale (CONA) y Escala Auditiva de Estamina (Stamina Auditory Scale -STMA).

2) Escala Completa de Atención (Full Scale Attention Quotient - FSAQ) integrada por dos modalidades sensoriales: a) Cociente de Atención Visual (Visual Attention Quotient -VAQ) compuesto a su vez de las escalas: Escala Visual Porcentual de Vigilancia (Vigilance Visual Scale Percent - VIV%), Escala Visual de Concentración (Focus Visual Scale - FOCV) y Escala Visual de Velocidad (Speed Visual Scale) o Tiempo Promedio de Reacción Visual (Mean Visual Reaction Time - MNV) y b) Cociente de Atención Auditiva (Auditory Attention Quotient - AAQ) integrado a su vez por las escalas: Escala Auditiva Porcentual de Vigilancia (Vigilance Auditory Scale Percent -VIA%), Escala Auditiva de Concentración (Focus Auditory Scale - FOCA) y Escala Auditiva de Velocidad (Speed Auditory Scale) o Tiempo Promedio de Reacción Auditiva (Mean Auditory Reaction Time -MNA) (Sandford & Turner, 1995).

Adquisición de datos electroencefalográficos (EEG)

La tasa de muestreo de EEG se fijó en 256 muestras por segundo utilizando el sistema BrainMaster Atlantis II (BrainMaster Technologies, Oakwood Village, OH). Los valores de potencia espectral para las bandas theta (4-8 Hz) y beta (12-18Hz) se analizaron mediante la transformadas de Fourier de Fast Fourier. Para el entrenamiento llevamos a cabo 25 sesiones de NFB con una duración de 25 minutos cada una y tomamos un minuto (60 s) como la unidad mínima de adquisición de datos para cada sesión. Utilizamos un montaje referencial de un canal de acuerdo con el

Sistema Internacional 10-20 (Pogarell., 2011). El electrodo activo se colocó en CZ, el electrodo de referencia en FZ y tierra en A1. Mantuvimos la impedancia entre el par de electrodos $<5k\Omega$ K ohmios. Se eligió la ubicación cortical de CZ debido a que algunos estudios han encontrado resultados significativos en esta ubicación asociada con el TDAH (Arns et al., 2009). Además, se ha sugerido que potenciales artefactos que influyen en la señal EEG tal como los movimientos oculares y las señales electromiográficas (EMG), son mínimos en la ubicación cortical CZ en comparación con otras localizaciones más cercanas a los ojos y la mandíbula (Yamada & Meng, 2009). El software de registro EEG utilizado incluye filtros integrados (120 μ V) que detectan y excluyen señales que exceden el umbral prefijado, descontando los artefactos EOG y EMG. Sin embargo, antes de iniciar el análisis estadístico de resultados realizamos una inspección visual de todos los datos con el fin de confirmar que los datos se encontraban libres de artefactos antes de ser pasados al análisis estadístico. Para lograr el primer objetivo, llevamos a cabo dos adquisiciones de datos EEG (ojos abiertos) cada uno con una duración de cinco minutos de registro EEG. Este procedimiento se aplicó a todos los niños participantes en dos momentos durante el estudio: (a) la primera vez antes de la sesión NFB número uno, y (b) la segunda vez después de la última sesión. Con el propósito de describir el proceso de auto-regulación de las bandas entrenadas tomamos los promedios individuales de adquisición de datos de EEG para cada sesión NFB agrupados en 25 unidades de análisis de un minuto cada una y luego hicimos un promedio global de todos los participantes. Un total de 25,000 unidades se incluyeron en el análisis estadístico.

Protocolo de entrenamiento NFB

El protocolo de entrenamiento de NFB consistió en aumentar la amplitud de la banda beta y disminuir la amplitud de la banda theta. El entrenamiento de NFB se realizó en una habitación aislada sin interferencias. Todos los niños del grupo NFB recibieron dos sesiones semanales de 25 minutos durante 12.5 semanas hasta completar un total de 25 sesiones. El número de sesiones y su duración se basaron en estudios previos (Bakhshayesh, Hänsch, Wyschkon, Javad, & Esser, 2011; Drechsler et al., 2007; Fuchs, Birbaumer, Lutzenberger, Gruzelier, & Kaiser, 2003; Heinrich, Gevensleben, & Strehl, 2007; Rossiter & La Vaque, 1995).

La interfaz de entrenamiento con NFB consistió en ocho tipos diferentes de juegos digitales mostrados a los participantes en la pantalla de la computadora. Todos los juegos tenían una pequeña ventana visible en la esquina superior derecha de la pantalla que mostraba la puntuación obtenida en tiempo real. Se pidió a los participantes: (a) reducir la amplitud theta, y (b) aumentar la amplitud beta. Cada vez que el sujeto cumplía con todas estas condiciones de tarea, los juegos evolucionaban y la puntuación se incrementaba. Establecimos un criterio de recompensa global consistente en 1 punto por cada 500 ms que el participante cumpliera con la tarea.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos utilizamos el paquete SPSS Statistics (IBM Corp., 2011). Se llevó a cabo un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre la amplitud pre y post de las bandas theta y beta para cada grupo.

Para analizar el efecto de entrenamiento en la puntuación de las escalas de Atención y Control de Respuesta del IVA-CPT del grupo NFB, llevamos a cabo un análisis de varianza multivariado (MANOVA) 2x2, que incluye tanto las escalas globales IVA-CPT (Control de Respuesta vs. Atención) como la modalidad sensorial (Visual vs. Auditiva) antes y después del tratamiento con NFB.

Resultados

Diferencias de amplitud theta-beta antes y después del tratamiento con NFB.

Los resultados de ANOVA muestran un

efecto principal significativo del entrenamiento en las tres medidas (entre $p < .05$ y $p < .001$), con un mayor efecto para beta ($\eta^2_{par} = .22$) y para la ratio theta/beta ($\eta^2_{par} = .20$) que para theta ($\eta^2_{par} = .07$). La interacción “tratamiento x grupo” reveló que la diferencia entre las medidas pre y post se debió al tratamiento, ya que los efectos significativos sólo se observaron en el grupo NFB (Tabla 1). Además, los grupos mostraron medias y desviaciones estándar similares antes de la intervención y no se observó ninguna diferencia significativa entre ellos en ninguna de las tres medidas (theta $F(1,59) = 0.36$, *ns*; beta $F(1,59) = 0.04$, *ns*; TBR $F(1,59) = 0.02$, *ns*).

Tabla 1

Medidas pre y post (FFT) de las bandas beta y theta para los grupos neurofeedback y control.

	Grupo Control (n=21)		Grupo NFB (n=40)		Medidas Repetidas ANOVAs Efectos significativos
	Pre M (D.E.)	Post M (D.E.)	Pre M (D.E.)	Post M (D.E.)	
Theta	18.54 (3.18)	18.53 (3.10)	19.62 (2.93)	18.30 (2.52)	Training: $F(1,59) = 4.70^*$, $\eta^2_{par} = .074$ Training x Group: $F(1,59) = 4.57^{**}$, $\eta^2_{par} = .072$
Beta	10.96 (2.94)	11.20 (3.36)	10.19 (2.84)	12.29 (3.36)	Training: $F(1,59) = 16.83^{***}$, $\eta^2_{par} = .222$ Training x Group: $F(1,59) = 10.61^{**}$, $\eta^2_{par} = .152$
Theta/Beta Ratio	1.86 (0.74)	1.84 (0.74)	2.13 (0.83)	1.62 (0.51)	Training: $F(1,59) = 14.56^{***}$, $\eta^2_{par} = .198$ Training x Group: $F(1,59) = 12.49^{***}$, $\eta^2_{par} = .175$

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p \leq .001$

Análisis de Regresión

Llevamos a cabo un análisis de regresión lineal para determinar cómo se produjo la regulación de las bandas theta y beta estadísticamente y para evaluar la tendencia de la regulación cortical de las bandas entrenadas durante las 25 sesiones de tratamiento. La bondad de ajuste fue

buena en el modelo lineal para la banda theta ($R^2 = .478$; $p < .001$; $y = 15.503 - 0.040x$), y excelente para la banda beta ($R^2 = .745$; $p < .001$; $y = 10.703 + 0.067x$) y para la ratio theta/beta ($R^2 = .736$; $p < .001$; $y = 2.079 - 0.020x$) (Figura 1). Estos resultados sugieren que la regulación de las bandas theta y beta se produjo de forma gradual y

progresiva de acuerdo con la reducción esperada de la banda theta y el aumento de

la banda beta, respectivamente.

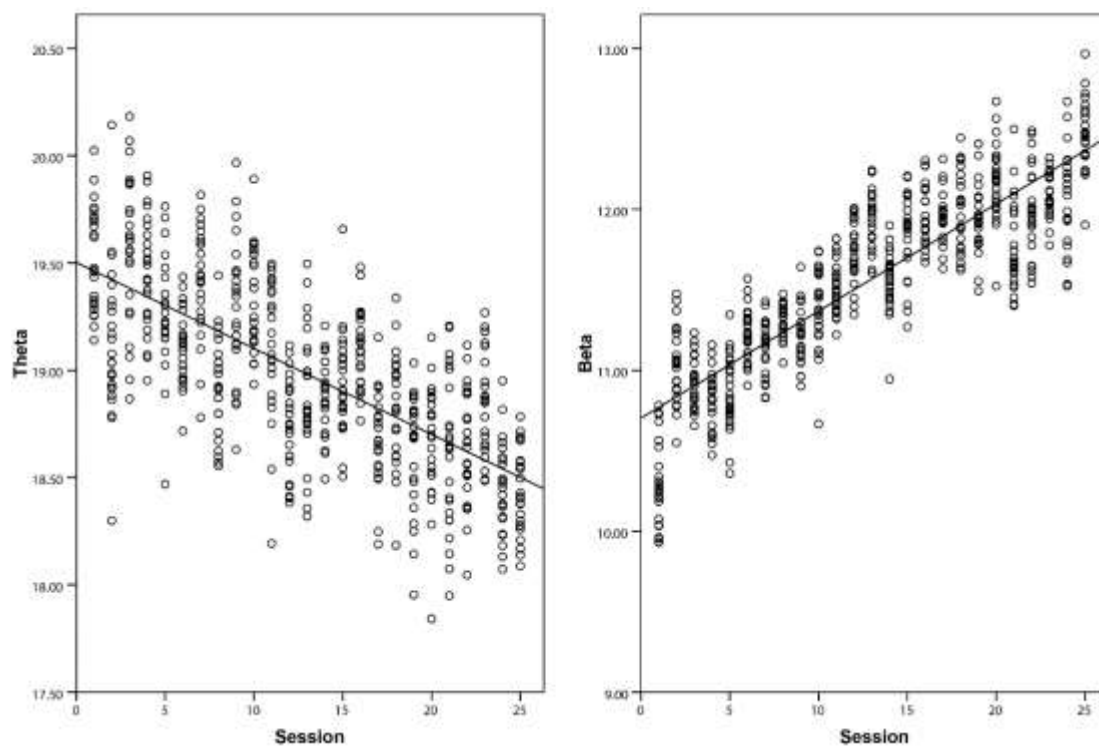


Figura 1. Puntuaciones medias de las bandas theta y beta en las 25 sesiones de entrenamiento.

Además, el excelente ajuste observado para el modelo lineal del RTB ($R^2 = .736$; $p < .001$) sugiere que la curva de aprendizaje coincide con el modelo cuadrático como se muestra en el análisis (Figura 2).

Análisis de las puntuaciones obtenidas en el IVA-CPT

Los resultados obtenidos por el grupo control en el test de Ejecución Continua IVA-CPT no reflejaron diferencias significativas entre la media antes y la medida después del tratamiento ni en la Escala Completa de Control de Respuesta

($t(19) = -0.499$, $p=0.623$) ni en la Escala Completa de Atención ($t(20) = 2.965$, $p=0.005$). Por su parte en el grupo NFB sólo se observaron diferencias significativas en la Escala Completa de Atención $t(20) = 2.965$, $p=0.005$).

Con el propósito de identificar cuáles variables influyeron más en esta mejora en la atención tras el tratamiento con NFB, decidimos realizar un ANOVA de medidas repetidas considerando la Modalidad (Visual vs Auditiva) y los dos instantes de evaluación pretest y postest (Tabla 2).

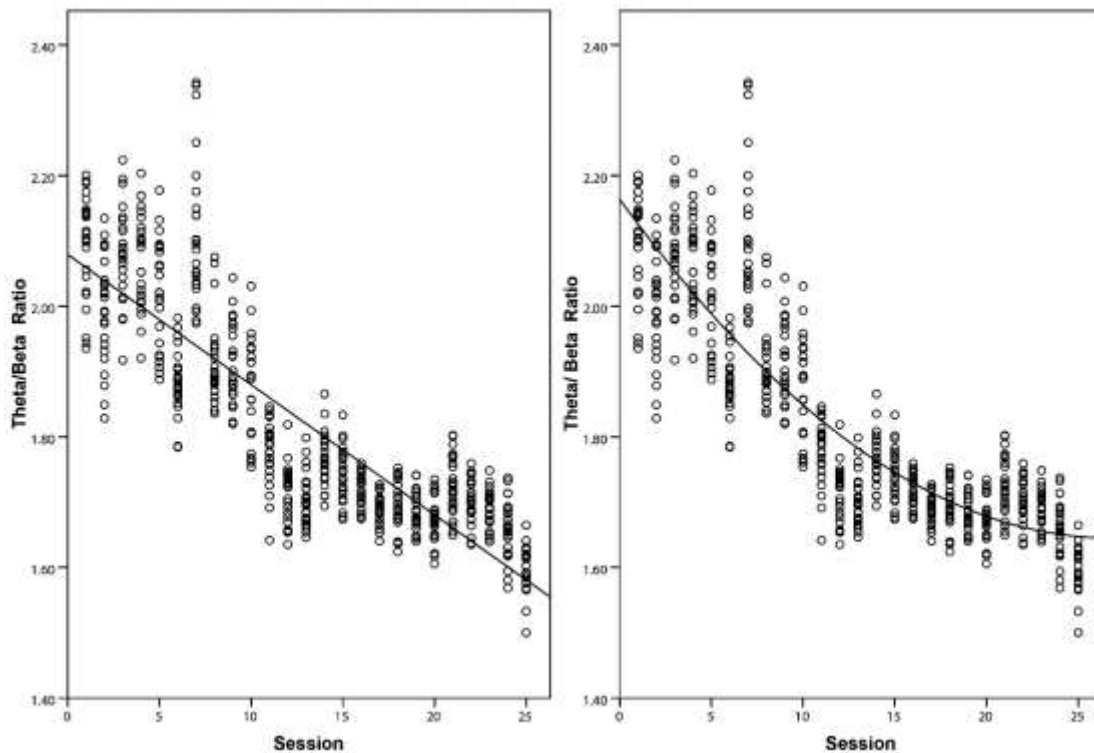


Figura 2. Modelo de regresión lineal (izquierda) y modelo cuadrático (derecha) para la ratio theta/beta.

Tabla 2
Test de Ejecución Continua Visual y Auditiva (IVA-CPT).

Medida	Modalidad	Evaluación	M	(D.E.)
Atención	Auditiva	Pretest	66.90	(28.50)
		Postest	77.83	(30.26)
	Visual	Pretest	85.18	(31.19)
		Postest	94.13	(33.97)

El ANOVA reveló un efecto principal de la Modalidad $F(1, 39) = 32.08, p < 0.001, \eta^2_{par} = 0.451$ y del instante de evaluación $F(1, 39) = 9.28, p = 0.004, \eta^2_{par} = 0.192$. Las puntuaciones en la modalidad visual son mayores a las obtenidas en la modalidad auditiva (89.65 vs 72.36) y las puntuaciones medias del postest son mayores a las del

pretest (85.98 vs 76.04). La interacción instantánea de Evaluación x Modalidad no fue estadísticamente significativa $F(1, 39) = 0.25, ns.$, de lo que se concluye que la mejora en el postest fue similar en ambas modalidades (visual y auditiva).

El análisis anterior se complementó con un análisis multivariado de medidas repetidas

MANOVA para las seis escalas que componen las modalidades Auditiva y Visual (Tabla 3).

Tabla 3
Subescalas de Atención IVA-CPT.

Subescalas	Visual				Auditiva			
	Pretest		Postest		Pretest		Postest	
	M	(D.E.)	M	(D.E.)	Media	DE	Media	DE
Prudencia	86.18	22.02	87.18	22.44	101.88	17.97	107.28	15.01
Consistencia	90.28	18.26	96.43	21.94	118.30	11.22	120.55	12.58
Etamina	97.65	17.39	98.08	17.42	106.85	10.47	107.55	9.99
Vigilancia	80.55	36.44	87.18	33.94	57.78	39.92	73.33	40.64
Concentración	89.70	20.66	98.58	22.00	128.20	12.68	128.13	11.64
Velocidad	98.35	17.52	101.70	19.91	49.58	19.37	56.30	18.71

Los test multivariados indican un efecto principal significativo para: 1) La modalidad Wilks's Lambda F exact statistic = 8.401, $p=.006$, $\eta^2_{par}=0.177$; 2) Las sub-escalas $F=94.054$, $p<.001$, $\eta^2_{par}=0.931$; y 3) Del instante de evaluación pre-postest $F=9.888$, $p=.003$, $\eta^2_{par}=0.202$. Se observaron interacciones estadísticamente significativas para: 1) Modalidad x Escalas $F=162.484$, $p<.001$, $\eta^2_{par}=0.959$; y 2) Modalidad x Escalas x pre-post $F=3.264$, $p=.016$, $\eta^2_{par}=0.318$. En coherencia con lo observado en el ANOVA respecto a las Escalas Completas de Control de Respuesta y de Atención, se observan puntuaciones estadísticamente más elevadas en la modalidad auditiva que en la visual (96.31 vs 92.65), mayores puntuaciones medias en el postest respecto al pretest (96.85 vs 92.11) y diferencias estadísticamente significativas entre las seis medidas de atención para ambas modalidades (Prudencia 95.63, Consistencia 106.39, Estamina 102.53, Vigilancia 74.71, Concentración 111.15 y

Velocidad 76.48), el análisis post hoc de Bonferroni muestra que todas las comparaciones por pares son estadísticamente significativas a $p<0.01$ con excepción de los pares Prudencia-Estamina; Consistencia-Estamina y Concentración-Vigilancia.

Discusión

En este estudio entrenamos a un grupo de niños diagnosticados con TDAH para modificar la amplitud de sus bandas theta y beta mediante el protocolo theta/beta de NFB. Inicialmente, comparamos si existían diferencias significativas para los valores de amplitud de cada una de las bandas antes y después del tratamiento entre el grupo NFB y el grupo Control. En segundo lugar, describimos la tendencia estadística que llevó a cabo el proceso de autorregulación de las bandas theta y beta.

Finalmente, verificamos si después del tratamiento se observaron cambios significativos en las puntuaciones obtenidas

por el Grupo NFB en la Escala Completa de Control de respuesta y la Escala Completa de Atención del IVA-CPT en el grupo NFB.

Nuestros resultados mostraron diferencias significativas entre las mediciones pre y post de la banda theta con un tamaño de efecto moderado ($\eta^2_{par} = .07$). Estas diferencias sugieren que los niños que recibieron entrenamiento de NFB aprendieron a reducir la amplitud de la banda theta de acuerdo con el protocolo propuesto. Por su parte, los resultados para el grupo control no mostraron diferencias significativas en esta banda.

Con respecto a la banda beta, los resultados de ANOVA obtenidos por el grupo NFB indicaron que los niños participantes consiguieron modificar la amplitud de esta banda durante el tratamiento con NFB con un gran tamaño de efecto ($\eta^2_{par} = .22$) en oposición a los resultados no significativos observados en el grupo de control. Además, la RTB del grupo NFB mostró una curva descendente durante las 25 sesiones de entrenamiento.

La curva de la RTB parece tener mayor influencia de la banda beta, lo que sugiere que los niños con el perfil de los participantes en el grupo NFB podrían autorregular con mayor facilidad la amplitud las ondas rápidas en oposición a la amplitud de las ondas lentas. Esta podría ser una hipótesis para investigar en futuros estudios utilizando el protocolo theta/beta con dos o más grupos con diferentes perfiles EEG.

Después de verificar que los participantes aprendieron a autorregular la amplitud de sus bandas theta y beta, tratamos de describir cómo se llevó a cabo la esta autorregulación durante las 25 sesiones de entrenamiento. Los resultados del análisis de regresión, que incluye datos de 1000

sesiones de NFB, sugieren que la autorregulación de las bandas theta y beta sucedió gradualmente y con incrementos entre las sesiones. En el gráfico del modelo de regresión para la RTB (Figura 2), podemos observar que la curva compuesta de 25 sesiones parece estar segmentada en tres partes: la primera parte, que consta de las primeras 10 sesiones, describe una tendencia descendente pero suavizada con una tasa de cambio lenta. La segunda parte, comienza en la sesión 10 y termina aproximadamente en la sesión 20. En este segmento, observamos una fuerte caída que sugiere que durante este período se produjo más aprendizaje. Finalmente, en la tercera parte de la curva, de la sesión 20 a 25, se observa un periodo de aparente estancamiento con tendencia plana.

Varios estudios utilizando la técnica de resonancia magnética funcional (Huttenlocher, 2002) han encontrado evidencia de inducción de plasticidad funcional después del entrenamiento con NFB. Por ejemplo, la activación de regiones específicas tales como la Corteza Cingulada Anterior Dorsal (CCAD) (Ros et al., 2013), área motora primaria (Yoo, Lee, O'Leary, Panych, & Jolesz, 2008), regiones dopaminérgicas (Sulzer et al., 2013) y amígdala (Zotey et al., 2011). Con base en estos estudios, sugerimos la hipótesis de que las tendencias de la primera y segunda partes de la curva de regulación obtenida por el grupo NFB también podrían interpretarse como un indicador de activación de las redes atencionales (Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005; Petersen & Posner, 2012; Posner & Rothbart, 2007) y la Corteza Cingulada Anterior (CCA) (Bush, Luu, & Posner, 2000). De esta forma, los cambios observados en las puntuaciones del IVA/CPT podrían representar el correlato

conductual de la plasticidad neural subyacente inducida por el tratamiento con NFB. Si bien esto es sólo una especulación de nuestra parte, existen estudios que argumentan que la autorregulación causada por NFB podría generar una respuesta duradera que se correlaciona con los mecanismos de transmisión neuronal (Ros, Munneke, Ruge, Gruzelier, & Rothwell, 2010). La tendencia plana de la tercera parte de la curva podría indicar un período de consolidación de la regulación de las bandas theta y beta. Sin embargo, el reducido número de sesiones que componen este segmento nos obliga a ser cautelosos con esta interpretación. Por lo tanto, son necesarios más estudios que incluyan al menos 30 sesiones de NFB para identificar si se mantiene o cambia la tendencia después de la sesión 25.

El tercer objetivo de este estudio consistió en verificar si hubo cambios en las puntuaciones de las Escalas Completas de Control de Respuesta y Atención del IVA-CPT después del entrenamiento con NFB. Parece interesante observar que el promedio de las puntuaciones en las escalas de control de respuesta para la modalidad visual obtenidos antes y después del entrenamiento de NFB estaban por debajo del promedio, mientras que los promedios de las respectivas puntuaciones en la modalidad auditiva estaban por encima de 100. Estos datos sugieren que el mayor déficit del grupo NFB respecto a la Escala Completa de Control de Respuesta se relaciona con el control inhibitorio de los estímulos visuales.

Adicionalmente, las interacciones significativas observadas en el MANOVA entre la modalidad visual sensorial y la escala de consistencia nos inducen a pensar que después del tratamiento con

NFB los participantes pudieron reducir la variabilidad de la respuesta y, en consecuencia, mejoraron su capacidad para mantenerse en la tarea. Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Xiong, quien, al utilizar la misma prueba, concluyó que los grupos que recibieron entrenamiento de neurofeedback mejoraron tanto en la Escala Completa de Control de Respuesta Visual como en la Escala Completa de Control de Respuesta Auditiva (Xiong, Shi, & Xu, 2005). Las diferencias entre nuestros resultados en comparación con los obtenidos por Xiong podrían deberse al número de sesiones utilizadas; ellos llevaron a cabo 40 sesiones de tratamiento con NFB, en contraste con nuestras 25 sesiones. Esta explicación también es respaldada por la recomendación estándar de la cantidad de sesiones de Lubar en relación con la efectividad de la capacitación de la NFB (Lubar, Swartwood, Swartwood, & O'Donnell, 1995).

En la modalidad visual, el MANOVA mostró interacciones significativas en las medidas pre y post para las escalas de vigilancia y concentración, mientras que en la modalidad auditiva sólo se observaron diferencias significativas para la escala de vigilancia. Estas mejoras observadas en ambas modalidades sensoriales sugieren que el entrenamiento con el protocolo theta/beta ayudó a los participantes del grupo NFB a: 1) Aumentar la capacidad para permanecer alerta ante nuevos estímulos y la capacidad para discriminarlos adecuadamente, por ejemplo, discriminar entre un objeto y un distractor y proceder en consecuencia y 2) Aumentar la capacidad para mantener la atención sostenida con regularidad y disminuir la dispersión (concentración).

Estos hallazgos son consistentes con los de otros autores que también utilizaron el test IVA-CPT para evaluar el efecto del entrenamiento de NFB (Levesque, Beauregard, & Mensour, 2006; Xiong et al., 2005) así como con los resultados de otros estudios que evaluaron el mismo protocolo pero utilizando el Test de Variables de Atención (TOVA) como herramienta de medición atencional (Fuchs et al., 2003; Rossiter & La Vaque, 1995).

Finalmente, observamos que la escala velocidad visual registró una puntuación inicial muy cercana al promedio antes del tratamiento (98.35) la cual mantuvo relativamente estable durante las sesiones de entrenamiento reflejando una modesta variación al final del tratamiento (101.7) que la sitúa un punto por encima del promedio estándar del test. Estas puntuaciones contrastan con las obtenidas en la escala de velocidad auditiva en la que alcanzó un puntaje inicial bajo (>3 D.E. por debajo de la media) y aunque esta puntuación aumentó 6.72 puntos después del tratamiento con NFB, continúa siendo un claro indicador de déficit de velocidad de procesamiento auditivo. Paralelamente a los resultados generales obtenidos en el IVA-CPT, es interesante observar que las puntuaciones antes del entrenamiento para la Escala Completa de Control de Respuesta se mantuvieron cercanas al promedio, mientras que los resultados obtenidos en la Escala Completa de Atención fueron bajos (>1 D.E. por debajo de la media para la edad). Esta diferencia entre las puntuaciones de ambas escalas tendría sentido si la muestra se hubiera compuesto exclusivamente de niños predominantemente inatentos. Sin embargo, el grupo que realizó el entrenamiento de NFB estuvo compuesto por niños diagnosticados con los tres

subtipos de TDAH. No sabemos exactamente qué causó esta diferencia. No obstante, creemos que una posible explicación de las puntuaciones altas en la Escala Completa de Control de Respuesta podría deberse al efecto de la medicación, ya que todos los participantes tomaron medicamentos estimulantes antes de la sesión de entrenamiento y mantuvieron la dosis constante durante el tratamiento. Algunos autores han sugerido que la acción ejercida por los estimulantes en la hiperactividad está mediada por los receptores de dopamina D1 y D2, lo que provoca la reducción de la actividad psicomotriz (Seeman & Madras, 2002). Otros estudios que utilizaron estimulación magnética transcraneal encontraron que los pacientes a los que se le suministró metilfenidato tendían a cometer menos errores de impulsividad frente a aquellos que recibieron placebo (Kratz et al., 2009). Desde esta perspectiva se podría plantear la hipótesis que la medicación pudo haber influido en los resultados obtenidos por grupo NFB en la escala Completa de Control de Respuesta al aumentar las puntuaciones antes y después del tratamiento con NFB.

Otra diferencia entre las puntuaciones de ambas modalidades sensoriales se observa también entre las escalas de Vigilancia Auditiva y Vigilancia Visual. La causa de estas diferencias entre las modalidades sensoriales no está clara para nosotros, sin embargo, los resultados de algunos estudios que han estudiado el efecto de los videojuegos de acción sobre la atención (Dye, Green, & Bavelier, 2009; Green & Bavelier, 2006; Kristjánsson, 2013; Li, Polat, Makous, & Bavelier, 2009; Trick, Jaspers-Fayer, & Sethi, 2005) nos inducen a considerar que la práctica diaria de los videojuegos podría haber sido una variable

que influyó en obtención de las puntuaciones altas en estas dos escalas. Dos relaciones nos llevan a considerar esta hipótesis: (1) todos los participantes en nuestro estudio tenían entre 7 y 17 años de edad y se estima que el 26% de la población total de jugadores son menores de 18 años (Entertainment Software Association., 2015) y, (2) varios estudios han encontrado que jugar videojuegos de acción influyen en la mejora de algunas variables atencionales, incluida una mayor velocidad de procesamiento (Dye et al., 2009), habilidad para rastrear múltiples objetos en movimiento (Green & Bavelier, 2006; Trick et al., 2005) y mejora de la sensibilidad visual (Kristjánsson, 2013; Li et al., 2009). No pretendemos establecer una relación de causa y efecto entre estas variables para este estudio ya que no tenemos datos. Creemos que en futuros estudios podría ser útil identificar a aquellos participantes que son jugadores habituales de videojuegos antes de comenzar el tratamiento con NFB y verificar al final del tratamiento si existe una correlación entre las dos variables.

En resumen, los resultados obtenidos por el grupo NFB en el test IVA-CPT mostraron mejoras más significativas en las tres escalas principales de atención con respecto a las escalas de control de respuesta, lo que sugiere que el protocolo theta/beta es más efectivo mejorando las habilidades atencionales que las habilidades de control de respuesta.

Este estudio intenta ayudar a responder a la pregunta sobre cómo se comporta la curva de autorregulación de la amplitud de las bandas theta y beta en un grupo de niños con TDAH durante del entrenamiento con NFB, sugiriendo que esta autorregulación se llevó a cabo de manera gradual e

incremental entre las sesiones. Aunque nuestros resultados parecen ajustarse bien modelo de autorregulación esperado con el protocolo theta/beta, creemos que estos deben interpretarse con precaución debido al amplio rango de edad de la muestra de participantes (entre 7 y 17 años), ya que otros estudios han observado un aumento lineal en el tiempo de la potencia relativa de la actividad beta, lo que sugiere que las frecuencias electroencefalográficas varían según la edad (Bresnahan, Anderson, & Barry, 1999; Lubar et al., 1995)

Conflicto de intereses:

Todos los autores confirman que no hay conflictos de intereses asociados con esta publicación y que no ha habido apoyo financiero significativo para este trabajo que pudiera haber influido en su resultado. El manuscrito ha sido leído y aprobado por todos los autores nombrados.

Aprobación ética: todos los procedimientos realizados en este estudio fueron aprobados por la junta y el comité de ética de A.N.S.H.D.A. en Madrid y se realizó de acuerdo con la declaración de Helsinki de 2013.

Consentimiento informado: se obtuvo el consentimiento informado de todos los padres de los participantes incluidos en el estudio.

Referencias

Antonijczuk, F., Kalinowski, R., Adamowska, S., Nowak, M., & Piatak, P. (2013). The effects of eeg-neurofeedback on adhd symptoms and eeg parameters. *European Psychiatry. Abstracts of the 21th European Congress of Psychiatry, Volume*

28(1), 1. doi: 10.1016/S0924-9338(13)76823-8

Arnold, L. E., Lofthouse, N., Hersch, S., Pan, X., Hurt, E., Bates, B.,...Grantier, C. (2013). EEG neurofeedback for ADHD: Double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility trial. *Journal of Attention Disorders*, 17(5), 410-419. doi: 10.1177/1087054712446173

Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M., & Coenen, T. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: The effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: A meta-analysis. *Clinical EEG and Neuroscience*, 40(3), 180-189. doi: 10.1177/155005940904000311

Arns, M., Feddema, I., & Kenemans, J. L. (2014). Differential effects of theta/beta and SMR neurofeedback in ADHD on sleep onset latency. *Frontiers Human Neuroscience*, 8, 1019. doi: 10.3389/fnhum.2014.01019

Bakhshayesh, A. R., Hänsch, S., Wyschkon, A., Javad, M. R., & Esser, G. (2011). Neurofeedback in ADHD: A single-blind randomized controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 20(9), 481-491. doi: 10.1007/s00787-011-0208-y

Bresnahan, S. M., Anderson, J. W., & Barry, R. J. (1999). Age-related changes in quantitative EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 46(12), 1690-1697. doi: 10.1016/S0006-3223(99)00042-6

Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in*

Cognitive Sciences, 4(6). doi: 10.1016/S1364-6613(00)01483-2

Butnik, S. M. (2005). Neurofeedback in adolescents and adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Psychology*, 61(5), 621-625. doi: [10.1002/jclp.20124](https://doi.org/10.1002/jclp.20124)

Drechsler, R., Straub, M., Doehnert, M., Heinrich, H., Steinhausen, H. C., & Brandeis, D. (2007). Controlled evaluation of a neurofeedback training of slow cortical potentials in children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Behavioral and Brain Functions*, 3, 35. doi: 10.1186/1744-9081-3-35

Dye, M. W. G., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). Increasing speed of processing with action video games. *Current Directions in Psychological Science*, 18(6), 321-326. doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.01660.x

Entertainment Software Association. (2015). *Essential facts about the computer and video game industry*. Recuperado de <http://www.theesa.com/wp-content/uploads/2015/04/ESA-Essential-Facts-2015.pdf>

Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *NeuroImage*, 26, 471-479. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.02.004

Fuchs, T., Birbaumer, N., Lutzenberger, W., Gruzelier, J. H., & Kaiser, J. (2003). Neurofeedback treatment for ADHD in children: A comparison with methylphenidate. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 28(1). doi: 10.1023/A:1022353731579

- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Enumeration versus multiple object tracking: The case of action video game players. *Cognition*, 101(1), 217-245. doi: 10.1016/j.cognition.2005.10.004
- Heinrich, H., Gevensleben, H., & Strehl, U. (2007). Annotation: Neurofeedback? Train your brain to train behaviour. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(1), 3-16. doi: 10.1111/j.1469-7610.2006.01665.x
- Holtmann, M., Stadler, C., Leins, U., Strehl, U., Birbaumer, N., & Poustka, F. (2004). Neurofeedback for the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in childhood and adolescence. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 32(3), 187-200. doi: 10.1024/1422-4917.32.3.187
- Huttenlocher, P. R. (2002). Methods for the study of functional plasticity. En S. M. Kosslyn (Ed.), *Neural Plasticity: The Effects of Environment on the Development of the Cerebral Cortex* (pp. 68-87). United States of America: Harvard University Press.
- IBM Corp. (Released 2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Keller, I., & Garbacenkaite, R. (2015). Neurofeedback in three patients in the state of unresponsive wakefulness. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 40(4), 349-356. doi: 10.1007/s10484-015-9296-7
- Kratz, O., Diruf, M. S., Studer, P., Gierow, W., Buchmann, J., Moll, G. H., & Heinrich, H. (2009). Effects of methylphenidate on motor system excitability in a response inhibition task. *Behavioral and Brain Functions*, 5(1), 12. doi: 10.1186/1744-9081-5-12
- Kristjánsson, Á. (2013). The case for causal influences of action videogame play upon vision and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 75(4), 667-672. doi: 10.3758/s13414-013-0427-z
- Lansbergen, M. M., van Dongen-Boomsma, M., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willemse, D. (2011). ADHD and EEG-neurofeedback: A double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *Journal of Neural Transmission*, 118. doi: 10.1007/s00702-010-0524-2
- Leins, U., Goth, G., Hinterberger, T., Klinger, C., Rumpf, N., & Strehl, U. (2007). Neurofeedback for children with ADHD: A comparison of SCP and theta/beta protocols. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 32(2), 73-88. doi: 10.1007/s10484-007-9031-0
- Levesque, J., Beaugard, M., & Mensour, B. (2006). Effect of neurofeedback training on the neural substrates of selective attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, 394(3), 216-221. doi: 10.1016/j.neulet.2005.10.100
- Li, R., Polat, U., Makous, W., & Bavelier, D. (2009). Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nature Neuroscience*, 12, 549-551. doi: 10.1038/nn.2296
- Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback

training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Biofeedback and Self-regulation*, 20(1), 83-99. doi: 10.1007/BF01712768

Mohagheghi, A., Amiri, S., Moghaddasi Bonab, N., Chalabianloo, G., Noorazar, S. G., Tabatabaei, S. M., & Farhang, S. (2017). A randomized trial of comparing the efficacy of two neurofeedback protocols for treatment of clinical and cognitive symptoms of ADHD: Theta suppression/beta enhancement and theta suppression/alpha enhancement. *BioMed Research International*, 1-7. doi:10.1155/2017/3513281

Monastra V. J., Monastra D. M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27(4), 231-249. doi: 10.1023/A:1021018700609

Moreno-García, I., Delgado-Pardo, G., & Roldán-Blasco, C. (2015). Attention and response control in ADHD. Evaluation through Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test. *The Spanish Journal of Psychology*, 18(1), 14. doi: 10.1017/sjp.2015.2

Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89. doi: 10.1146/annurev-neuro-062111-150525

Pogarell, O. (2011) EEG Recording and Analysis, in Standard

Electroencephalography in Clinical Psychiatry: A Practical Handbook (eds N. Boutros, S. Galderisi, O. Pogarell and S. Riggio), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9780470974612.ch3

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, 58, 1-23. doi: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085516

Prinsloo, G. E., Rauch, H. G. L., Karpul, D., & Derman, W. (2013). The effect of a single session of short duration heart rate variability biofeedback on EEG: A pilot study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38(1), 45-56. doi: 10.1007/s10484-012-9207-0

Ros, T., Munneke, M. A., Ruge, D., Gruzelier, J., & Rothwell, J. C. (2010). Endogenous control of waking brain rhythms induces neuroplasticity in humans. *European Journal of Neuroscience*, 31(4), 770-778. doi: 10.1111/j.1460-9568.2010.07100.x

Ros, T., Theberge, J., Frewen, P. A., Kluetsch, R., Densmore, M., Calhoun, V. D., & Lanius, R. A. (2013). Mind over chatter: Plastic up-regulation of the fMRI salience network directly after EEG neurofeedback. *NeuroImage*, 65, 324-335. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.09.046

Rossiter, T., & La Vaque, T. J. (1995). A comparison of EEG biofeedback and psychostimulants in treating Attention Deficit/Hyperactivity disorders. *Journal of Neurotherapy*, 1(1), 48-59. doi: 10.1300/J184v01n01_07

- Sandford, J. A., Fine, A. H., & Goldman, L. (1995). *Validity study of the IVA: A visual and auditory CPT*. Comunicación presentada en The Annual Convention of the American Psychological Association, New York.
- Sandford, J. A., & Turner, A. (1995). *Manual for the Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test*. Richmond, VA: Braintrain.
- Seckler, P., Burns, W., & Sandford, J. A. (1995). *A reliability study of IVA: Intermediate Visual and Auditory Continuous Performance Test*. Comunicación presentada en el Annual Convention of CH.A.D.D. Washington, DC.
- Seeman, P., & Madras, B. (2002). Methylphenidate elevates resting dopamine which lowers the impulse-triggered release of dopamine: a hypothesis. *Behavioural Brain Research*, 130(1-2), 79-83. doi: 10.1016/S0166-4328(01)00435-1
- Sulzer, J., Sitaram, R., Blefari, M. L., Kollias, S., Birbaumer, N., Stephan, K. E.,...Gassert, R. (2013). Neurofeedback-mediated self-regulation of the dopaminergic midbrain. *NeuroImage*, 83, 817-825. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.05.115
- Thomas, R., Sanders, S., Doust, J., Beller, E., & Glasziou, P. (2015). Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis. *Pediatrics*, 135(4), e994-1001. doi: 10.1542/peds.2014-3482
- Trick, L. M., Jaspers-Fayer, F., & Sethi, N. (2005). Multiple-object tracking in children: The "Catch the Spies" task. *Cognitive Development*, 20(3), 373-387. doi: 10.1016/j.cogdev.2005.05.009
- Van Doren, J., Heinrich, H., Bezold, M., Reuter, N., Kratz, O., Horndasch, S.,...Studer, P. (2017). Theta/beta neurofeedback in children with ADHD: Feasibility of a short-term setting and plasticity effects. *International Journal of Psychophysiology*, 112, 80-88. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.11.004
- Vollebregt, M. A., van Dongen-Boomsma, M., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willemse, D. (2014). Does EEG-neurofeedback improve neurocognitive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? A systematic review and a double-blind placebo-controlled study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(5), 460-472. doi:10.1111/jcpp.12143
- World Medical Association. (2013). *WMA Declaration of Helsinki - Ethical principles for medical research involving human subjects*. Comunicación presentada en el 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil. Recuperado de www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/
- Xiong, Z., Shi, S., & Xu, H. (2005). A controlled study of the effectiveness of EEG biofeedback training on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Huazhong University of Science and Technology*, 25(3), 368-370. doi: 10.1007/BF02828171
- Yamada, T., & Meng, E. (2009). *Practical guide for clinical neurophysiologic testing EEG*. Sydney: Lippincott Williams & Wilkins.

Yoo, S. S., Lee, J. H., O'Leary, H., Panych, L. P., & Jolesz, F. A. (2008). Neurofeedback fMRI-mediated learning and consolidation of regional brain activation during motor imagery. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 18(1), 69-78. doi:10.1002/ima.20139

Zotev, V., Krueger, F., Phillips, R., Alvarez, R. P., Simmons, W. K., Bellgowan, P. Bodurka, J. (2011). Self-regulation of amygdala activation using real-time FMRI neurofeedback. *PLoS ONE*, 6(9), 8. doi: 10.1371/journal.pone.0024522