

Efecto del C-HIIT sobre control inhibitorio y comportamiento de jóvenes diagnosticados TDAH

Effect of a C-HIIT program in the inhibitory control and behaviour of young ADHD

Sara Suárez Manzano, Polyanna Belchior de Oliveira, Alba Rusillo Magdaleno, Alberto Ruiz Ariza

Universidad de Jaén (España)

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de un programa de 10 semanas de entrenamiento cooperativo de intervalos de alta intensidad (C-HIIT) sobre el control inhibitorio y la conducta en el aula, de escolares diagnosticados con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). La muestra estuvo formada por 52 escolares diagnosticados TDAH, 24 No C-HIIT (grupo control, no recibió intervención) y 28 C-HIIT (grupo experimental, que realizó C-HIIT 16 min/sesión, dos sesiones/semana, durante 10 semanas) monitoreando la intensidad con Seego Realtracksystems®. El control inhibitorio (inhibición e interferencia) se midió mediante la versión en español del *Stroop Color and Word Test*, y el comportamiento en el aula (hiperactivo-impulsivo, desatento, trastorno de conducta y TDAH) mediante la escala EDAH para profesores. Se utilizó un ANOVA dos grupos (No C-HIIT vs C-HIIT) × dos tiempos (pre-test vs. post-test) para analizar los resultados. Tras el programa de intervención, el grupo C-HIIT mejoró significativamente el control inhibitorio (interferencia; $p = .002$; 11%, inhibición; $p = .041$; 8%) y algunas variables del comportamiento en el aula (comportamiento hiperactivo-impulsivo; $p < .001$; 25%, trastorno de conducta, $p < .001$; 16% y comportamiento TDAH, $p = .016$; 13%) frente al grupo No C-HIIT. Se concluye que participar en un programa de al menos 10 semanas (dos sesiones semanales de 16 min de C-HIIT) mejora el control inhibitorio y la conducta en la escuela. Se sugiere promover programas educativos que incluyan C-HIIT con una aplicación de sistema de puntuación (ClassDojo®) para motivar al alumnado a participar activamente.

Palabras clave: actividad física de alta intensidad, concentración, conducta, niños y adolescentes, hiperactividad.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the effects of a 10-week program of cooperative high-intensity interval training (C-HIIT) on inhibitory control and classroom behavior in schoolchildren diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). The sample consisted of 52 schoolchildren diagnosed with ADHD, 24 Non C-HIIT (control group, did not receive intervention) and 28 C-HIIT (experimental group, which performed C-HIIT 16 min/session, two sessions/week, for 10 weeks) monitoring the intensity with Seego Realtracksystems®. Inhibitory control (inhibition and interference) was measured using the Spanish version of the Stroop Color and Word Test, and classroom behavior (hyperactive-impulsive, inattentive, conduct disorder and ADHD) using the EDAH scale for teachers. A two-group (Non C-HIIT vs C-HIIT) × two time (pre-test vs post-test) ANOVA was used to analyze the results. After the intervention program, the C-HIIT group significantly improved inhibitory control (interference; $p = .002$; 11%, inhibition; $p = .041$; eight percent) and some classroom behavioral variables (hyperactive-impulsive behavior; $p < .001$; 25%, conduct disorder, $p < .001$; 16% and ADHD behavior, $p = .016$; 13%) vs. the Non C-HIIT group. It is concluded that participating in a program of at least 10 weeks (two weekly sessions of 16 min of C-HIIT) improves inhibitory control and behavior at school. It is suggested to promote educational programs that include C-HIIT with an application of a scoring system (ClassDojo®) to motivate students to actively participate.

Keywords: High intensity physical activity, concentration, behaviour, children and adolescents, hyperactivity.

Introducción

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es un trastorno del neurodesarrollo que se detecta en la infancia (DSM-V, 2014). Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V, 2014) el TDAH se caracteriza por un déficit general de funciones ejecutivas como la inatención, dificultad para concentrarse, mantener la atención y el proceso de organización y planificación mental al realizar tareas, así como inquietud motora e impulsividad, lo que lleva a estos jóvenes a tomar decisiones de forma impulsiva (De la Peña et

al., 2020). El TDAH se diagnostica en aproximadamente en un 2-7% de la población escolar, y la variación en el porcentaje de diagnóstico puede deberse al uso de diferentes métodos de diagnóstico en los distintos países (Sayal et al., 2018).

Los patrones de conducta del TDAH están presentes en, al menos, dos contextos del niño y adolescente, el familiar y el socio-académico (DSM-V, 2014). Cuando algunas de las funciones ejecutivas, como el control inhibitorio, están disminuidas, se producen desajustes tanto en el comportamiento social como en la conducta hacia el aprendizaje escolar (Yasumura y Inagaki, 2015). Los jóvenes con TDAH con un alto control de la inhibición (controlar la reacción de sí mismo frente a estímulos internos o externos) pueden dar una respuesta apropiada ante una situación que requiere un cierto nivel atencional de comportamiento, pensamiento y emo-

ciones (Colomer et al., 2017).

En la última década ha aumentado la negativa ante los tratamientos farmacológicos y han proliferado los estudios que apoyan que, la práctica de Actividad Física (AF), tiene efectos a corto y largo plazo en la mejora del control inhibitorio y el comportamiento, además de incrementar la memoria de trabajo y el rendimiento académico (Ludyga et al., 2017; Madrid-López et al., 2016; Suarez-Manzano et al., 2018).

En discentes de desarrollo típico, se encuentran efectos positivos del ejercicio físico sobre diversos tipos de atención, independientemente del tiempo de intervención (entre 10 minutos y más de una hora) (Maureira-Cid y Flores-Ferro, 2017). Un trabajo de investigación actual, muestra que un programa de AF con una intensidad alta, tiene efectos positivos en la atención de los escolares, especialmente la atención selectiva (Rosa-Guillamón et al., 2020). Otro estudio, llevado a cabo durante ocho semanas en 40 chicos diagnosticados con TDAH (tres sesiones/semana, 90 minutos/sesión de AF a intensidad moderada; 65% a 80% Frecuencia Cardíaca Máxima (FC_{max}) mostró mejoras en inhibición de las respuestas (Memarmoghaddam et al., 2016). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ahmed y Mohamed (2011), que tras 10 semanas de intervención (tres sesiones/semana, sesiones de 40 minutos las primeras cuatro semanas y 50 minutos las restantes seis semanas), observaron que los chicos, chicas y adolescentes diagnosticados TDAH presentaron mejoras en atención, motricidad y comportamiento en el aula.

Por otro lado, los jóvenes TDAH presentan una especial dificultad para concentrarse en actividades de larga duración. En base a este hecho, las últimas investigaciones han apostado por sesiones de corta duración y empleo de ejercicios sencillos y motivantes a mayor intensidad, como el método *Cooperative High-Intensity Interval Training* (C-HIIT) (Ruiz-Ariza et al., 2019; Suárez-Manzano et al., 2021). El C-HIIT permite concentrar el tiempo de trabajo y evitar que los participantes con TDAH se distraigan durante la sesión. Además, para reducir el comportamiento problemático en el aula y aumentar la motivación y participación, estudios recientes han empleado diferentes aplicaciones móviles, donde destaca ClassDojo®, al implementar un sistema de puntuación en escolares de educación primaria, lo que supone un incremento de la participación e implicación en el aula (Dillon et al., 2019).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos crónicos de un programa de 10 semanas de C-HIIT sobre el control inhibitorio y el comportamiento

de niños y adolescentes con TDAH. Se planteó la hipótesis de que un programa C-HIIT en jóvenes (desde seis hasta 16 años) con TDAH podría ser una estrategia eficaz para mejorar el control de la inhibición y la conducta en el aula, no siendo una limitación el tiempo necesario para la intervención.

Método

Diseño del estudio

El estudio empleó un diseño longitudinal con intervención, con dos grupos diferentes (ver Figura 1). El grupo no C-HIIT (n = 24) sin intervención (tiempo de juego sentados en el patio de recreo, controlado por los investigadores), y el grupo C-HIIT (n = 28) que realizó un calentamiento (6 minutos) seguido de 16 minutos de C-HIIT monitorizado (Suarez-Manzano et al., 2021) y vuelta a la calma (8 minutos). El Comité de Bioética de la Universidad de Jaén aprobó este estudio (referencia: ABR.17 / 5). El diseño cumple con la normativa española de investigación clínica en humanos (Ley 14/2007, de tres de julio, de Investigación Biomédica), con la normativa de protección de datos privados (Ley Orgánica 15/1999), y con los principios de la Declaración de Helsinki (Versión 2013, Brasil).

Participantes

En este estudio se inscribió una muestra de 80 jóvenes con TDAH de tres asociaciones y cuatro colegios del sur de España. El alumnado previo al estudio ya había sido diagnosticado por especialistas mediante DSM-V y constaban como tal en la plataforma educativa de la comunidad. Un total de 28 participantes no completaron las pruebas o no asistieron al menos al 80% de las sesiones o no alcanzaron la intensidad moderada-vigorous (>75% FC_{máx}) medida durante las sesiones, en el caso del grupo experimental. Así, la muestra final fue de 52 jóvenes con TDAH, con una edad media de 10.13

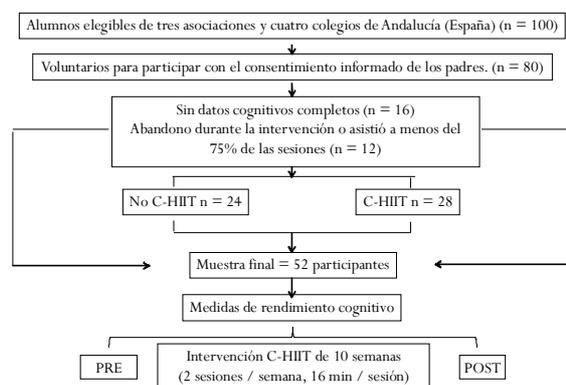


Figura 1. Flujo de participación en el estudio. C-HIIT= Entrenamiento cooperativo de intervalos de alta intensidad

± 2.68 años (rango= 6-16) y un IMC de 17.24 ± 3.00 kg / m² ($p=0.659$). Al inicio de la intervención no se hallaron diferencias significativas ($p < .05$) en las variables principales de estudio. Todos los padres / madres o tutores legales de los escolares firmaron el consentimiento informado.

Medidas

Variables dependientes

Control inhibitorio. El control inhibitorio fue medido con el *Stroop Color and Word Test*, versión española (Golden, 2010). El *Stroop test* ofrece tres subescalas (*Word*, *Color and Word-Color*) de las que se extrae el Índice de Interferencia, que es el resultado de la fórmula= $\text{Word-Color} - [(\text{Word} \times \text{Color}) / (\text{Word} + \text{Color})]$. El Índice de Interferencia, es la dimensión pura de flexibilidad cognitiva, adaptación al estrés cognitivo y creatividad (Golden, 2010). Este test incluye tres láminas que contienen 100 elementos distribuidos en cinco columnas de 20 cada una. La primera lámina es la *Word condition*, donde el participante tuvo que leer las palabras «azul», «verde» y «rojo» escritas en tinta negra. En la segunda lámina, *Color condition*, tuvo que decir el color en el que estaba impreso cada elemento «XXXX». En la tercera lámina, *Color-Word condition*, debía indicar el color en el que estaban impresas las palabras (azul, verde, rojo). Para cada lámina se disponía de 45 segundos. Si el participante terminaba de leer los 100 elementos de la lámina antes de los 45 segundos, iniciaba de nuevo la lectura del impreso. Una puntuación superior a cero significa que el participante tenía mejor resistencia a la interferencia, es decir, los estímulos secundarios tenían una menor influencia sobre el resultado de la tarea (Golden, 2010). El test fue aplicado individualmente a cada participante, respetando siempre el mismo protocolo y condiciones ambientales (luminosidad, ruido, temperatura y ambiente).

Comportamiento. El comportamiento de los participantes en el aula fue medido por la Escala de Evaluación del Déficit de Atención con Hiperactividad (EDAH) (Farré y Narbona, 2013). Este instrumento consta de 20 ítems y permite valorar objetivamente el comportamiento alumno-alumno y alumno-profesor. EDAH aporta cuatro factores: comportamiento hiperactivo-impulsivo y comportamiento inatento, trastorno de conducta y comportamiento TDAH. Cada ítem se responde utilizando una escala tipo Likert de tres puntos, donde 0 = nada, 1 = poco, 2 = bastante y 3 = mucho, de acuerdo con el grado de frecuencia con que se perci-

be la conducta descrita. Para la corrección se sumaron las puntuaciones correspondientes a los ítems de cada factor. Para obtener los percentiles, se transformaron las puntuaciones siguiendo el baremo para población española, atendiendo a la edad (Farré y Narbona, 2013). Cada ítem se correlaciona con los criterios diagnósticos del DSM-V (2014).

Variables Independientes

Condición C-HIIT monitorizada. C-HIIT es un método de AF basado en cortos intervalos de tiempo de ejercicio cooperativo a intensidad vigorosa ($> 85\%$ de la FCmáx), donde se trabaja por grupos o parejas, para aumentar la motivación e interés de los participantes, y breves períodos de descanso entre ejercicios (Suarez-Manzano et al., 2021). La condición C-HIIT monitoreada tuvo una duración de 10 semanas, con dos sesiones por semana (martes y jueves, por disponibilidad de espacios). Cada sesión fue de 30 minutos, de los cuales los primeros seis min se dedicaron a la activación del organismo a través de juegos cooperativos, luego la parte principal con 16 minutos de C-HIIT y ocho minutos para la vuelta a la calma. La sesión C-HIIT monitoreada, con cuatro series de cada uno de los cuatro ejercicios propuestos y una relación trabajo-descanso de 30:30 segundos. Este C-HIIT monitoreado incluyó una combinación de ejercicios de entrenamiento cardiorrespiratorio, fuerza y coordinación realizados en parejas o grupos (contexto cooperativo), porque son los componentes del *fitness* que mayormente mejoran el rendimiento cognitivo en los adolescentes (Ruiz-Ariza et al., 2019). Los participantes llevaban bandas pectorales medidoras de frecuencia cardíaca Seego Realtracksystems® (España) para fomentar el mantenimiento de la intensidad de ejercicio adecuada. Cada participante del grupo experimental (grupo C-HIIT) tenía que estar en una intensidad $\geq 85\%$ de su FCmax (Ruiz-Ariza et al., 2019; Suárez-Manzano et al., 2021) modificada según edad, sexo y corazón basal, frecuencia medida con pulseras Fitbit HR durante 5 días y 5 noches registrando la frecuencia cardíaca. Al finalizar la sesión, se dedicaron 4 min al retorno a la calma con un juego lúdico-sensorial y se realizó un *feedback* sobre los puntos positivos y negativos de la aplicación comportamiento con ClassDojo® de los participantes, que conecta a docentes, familiares y alumnado, permitiendo compartir contenidos multimedia, mensajes y manejo de herramientas pedagógicas para el control del aula.

Condición no C-HIIT. Los participantes del grupo control no modificaron sus hábitos diarios de prácti-

ca de AF, actividades extraescolares, alimenticios o medicación, es decir, asistencia a deportes dentro y fuera del centro escolar, comedor y fármacos para tratar el TDAH no debían ser alterados en posología o fórmula. El grupo no C-HIIT iniciaba su descanso para el almuerzo, sentados en la zona de recreo hasta que el grupo C-HIIT realizaba la sesión de C-HIIT en el pabellón del centro educativo, esto supuso ampliar el descanso para el almuerzo 10 min.

Variable confusora controlada

Índice de Masa Corporal (IMC). Para obtener las medidas de peso y talla se utilizó una báscula Inbody R20® y el tallímetro SECA 213® [Hamburgo (Alemania)], respectivamente. Ambas medidas se realizaron con ropa ligera y sin zapatos, a primera hora de clase. A través de los datos se obtuvo el IMC, calculado con el peso dividido por la altura al cuadrado (kg/m^2). Variable que, junto al nivel educativo de progenitores, tiempo de lactancia y tipo de desplazamientos, puede afectar al rendimiento cognitivo y comportamiento de los escolares (Ruiz-Ariza et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018).

Procedimiento

En la primera reunión se informó a familiares y docentes del calendario de pruebas individual de cada participante, indicando el día concreto que debían llevar ropa y calzado deportivo para la evaluación antropométrica. Previo al inicio de las evaluaciones se indicó a los participantes que no debían de comer una hora antes, no practicar AF 24 horas antes, y no modificar la medicación. Se realizaron medidas pre y post a la intervención de 10 semanas. Cada participante realizó las pruebas individualmente. El cuestionario sociológico y las pruebas cognitivas y físicas pre y post fueron realizadas por el mismo investigador especialista en Ciencias del Deporte y en la misma sala (mismas condiciones de humedad, temperatura, iluminación y sonido).

Análisis estadístico

Los datos se muestran como medias, desviaciones estándar y porcentajes. Se realizaron pruebas de distribución normal y homogeneidad (Kolmogorov-Smirnov & Levene) antes del análisis. El análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) para dos grupos (No C-HIIT frente a C-HIIT) x dos veces (pre-test frente a post-test) se utilizó para analizar los efectos del Programa C-HIIT sobre el control inhibitorio y comporta-

miento en el aula. El tamaño del efecto se calculó y se informó como un valor η^2 parcial para las evaluaciones ANOVA. Para cuantificar la magnitud del cambio en las variables dependientes entre grupos, se calcularon los tamaños del efecto (*d de Cohen*) dividiendo el cambio medio en la puntuación de una prueba por la desviación estándar de la puntuación de la prueba al inicio del estudio para cuantificar la magnitud del cambio entre las puntuaciones. Un valor *d de Cohen* $\geq .8$ indica un tamaño de efecto grande, el valor *d de Cohen* $\geq .5 < .8$, indica un tamaño de efecto medio; a Un valor *d de Cohen* $\geq .2 < .5$, indica un tamaño de efecto pequeño. El porcentaje de mejora se calculó como: [(pos-test C-HIIT - sin post-test C-HIIT) / no post-test CHIIT] x 100. Estos análisis se llevaron a cabo por separado para cada variable dependiente. Se realizaron todos los análisis utilizando el programa estadístico SPSS versión 23.0 para Windows, y el nivel de significancia se estableció en $p < .05$.

Resultados

Análisis ANOVA del C-HIIT monitoreado en el nivel de inhibición

El análisis detallado de los resultados de interés en la interferencia (Figura 2a) e inhibición (Figura 2b), fueron calculados a partir de los valores del total de respuestas, total de aciertos y total de errores de las tres partes del test Stroop.

Durante el programa C-HIIT monitoreado, la frecuencia cardíaca promedio en el grupo C-HIIT fue 140.78 ± 12.39 lpm, rango: $X_{\text{max}} = 175$ lpm y $X_{\text{min}} = 109$ lpm (datos no mostrados). Durante el tiempo de trabajo, la intensidad fue del 85-95% de la $FC_{\text{máx}}$ teórica (Karvonen y Vuorimaa, 1988). La frecuencia cardíaca promedio en reposo fue de 71.87 ± 8.95 lpm, rango: $X_{\text{max}} = 82$ lpm y $X_{\text{min}} = 60$ lpm.

Los resultados mostraron efecto principal Tiempo en la variable interferencia $F(1, 50) = 9.863, p = .003$, parcial $\eta^2 = .165$; $1-\beta = .869$, pero no en inhibición ($p = .211$). No se observó efecto principal Grupo en interferencia ($p = .137$) e inhibición ($p = .197$). Sí se observó una interacción Tiempo x Grupo en las variables interferencia $F(1, 50) = 26.681, p < .001$, parcial $\eta^2 = 0.348$; $1-\beta = .999$ e inhibición $F(1, 50) = 4.218, p = .045$, parcial $\eta^2 = .078$; $1-\beta = .522$. Un análisis más detallado de la interacción mostró que después de 10 semanas, la interferencia había mejorado significativamente respecto a la medida pre en el grupo C-HIIT (Pre: 49.79 ± 6.14 vs. Post: 54.57 ± 5.91 ; $p <$

.001; d de Cohen = .793), no hallándose diferencias significativas en el grupo control ($p = 0.219$). Así mismo, la inhibición mejoró significativamente respecto a la medida pre en el grupo C-HIIT (Pre: 51.79 ± 6.91 vs. Post: 54.43 ± 6.52 ; $p = .036$; d de Cohen = .393), no hallándose cambios significativos en el grupo control ($p = .537$).

El análisis univariante, llevado a cabo sobre la medida post, mostró que el grupo C-HIIT mejoró un 11% la interferencia (no C-HIIT: 49.17 ± 6.21 vs. C-HIIT: 54.57 ± 5.91 ; $p = .002$; d de Cohen = .891) y un 8% la inhibición (no C-HIIT: 50.50 ± 6.98 vs. C-HIIT: 54.43 ± 6.52 ; $p < .041$; d de Cohen = .582) respecto al grupo no C-HIIT.

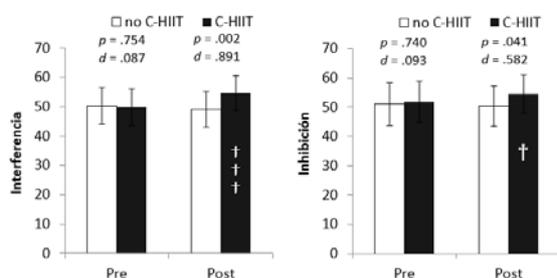


Figura 2. Resultados de índice de interferencia (A) e inhibición (B) en escolares con TDAH después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. † denota $p < 0.05$, †† denota $p < 0.001$, en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

Análisis ANOVA de C-HIIT sobre el comportamiento en la escuela

Los resultados del ANOVA dos (grupo) x dos (tiempo) sobre el comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula (Figura 3) mostró una interacción Tiempo x Grupo en hiperactividad $F(1, 50) = 5.697$, $p = .021$, η^2 parcial = .102; $1-\beta = .648$ y un efecto principal Grupo en comportamiento hiperactivo-impulsivo $F(1, 50) = 11.051$, $p = .002$, η^2 parcial = .181; $1-\beta = .903$ y no se observó efecto principal Tiempo ($p = .224$). Un análisis más detallado de la interacción mostró que después de 10 semanas, el comportamiento hiperactivo-impulsivo se mantuvo sin cambios en el grupo no C-HIIT ($p = .154$), hubo mejora en el grupo C-HIIT (Pre: $71.86 \pm$

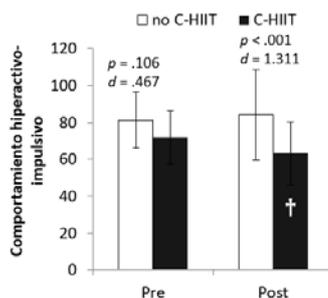


Figura 3. Resultados de comportamiento hiperactivo-impulsivo en escolares con TDAH después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. † denota $p < 0.05$, en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

24.41 vs. Post: 63.25 ± 17.19 $p = .045$; d de Cohen = .408). El análisis univariante, llevado a cabo sobre cada medida post, mostró que los participantes del grupo C-HIIT redujeron el nivel de comportamiento hiperactivo-impulsivo un 25% respecto al grupo no C-HIIT (no C-HIIT: 84.08 ± 14.48 vs. C-HIIT: 63.25 ± 17.19 , $p < .001$; d de Cohen = 1.311).

Los resultados de comportamiento inatento en el aula escolar (Figura 4) mostraron efecto principal Tiempo $F(1, 50) = 5.803$, $p = .020$, parcial $\eta^2 = .104$; $1-\beta = .656$ e interacción Tiempo x Grupo $F(1, 50) = 10.853$, $p = .002$, parcial $\eta^2 = .178$; $1-\beta = .898$. No hubo efecto principal Grupo ($p = .569$). Un análisis más detallado de la interacción mostró que el nivel de comportamiento inatento se mantuvo sin cambios en el grupo no C-HIIT ($p = 0.110$), hubo mejora en el grupo C-HIIT (Pre: 80.07 ± 19.97 vs. Post: 76.64 ± 18.07 $p = .004$; d de Cohen = .180). El análisis univariante llevado a cabo sobre la medida post, mostró mejoras con tendencia a la significatividad en la variable comportamiento inatento (no C-HIIT: 84.21 ± 8.42 vs. C-HIIT: 76.64 ± 18.07 ; $p = .063$; d de Cohen = .537). Los participantes del grupo C-HIIT habían aumentado un 9% respecto al grupo no C-HIIT.

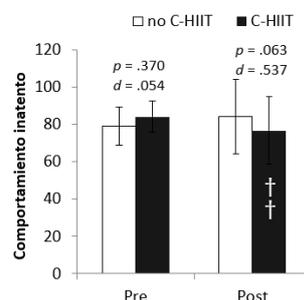


Figura 4. Resultados de comportamiento inatento en escolares con TDAH después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. †† denota $p < 0.01$, en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

Los resultados de trastorno de conducta en el aula escolar (Figura 5) no mostraron efecto principal Tiempo ($p = 0.626$), pero sí fue significativo el efecto principal Grupo ($F(1, 50) = 4.153$, $p = .047$, η^2 parcial = .077; $1-\beta = .516$, y la interacción Tiempo x Grupo $F(1, 50) = 6.871$, $p = .012$, η^2 parcial = .121; $1-\beta = .729$. Un análisis más detallado de la interacción mostró que, después de 10 semanas, el comportamiento se mantuvo sin cambios el grupo no C-HIIT ($p = .124$) y hubo mejora en el grupo C-HIIT (Pre: 72.36 ± 18.18 vs. Post 67 ± 18.32 ; $p < .042$; d de Cohen = .294). El análisis univariante, llevado a cabo sobre la medida post, mostró que los participantes del grupo C-HIIT redujeron el trastorno de comportamiento un 16% respecto al grupo no C-HIIT (no C-HIIT: 80.13 ± 14.51 vs. C-HIIT: 67 ± 18.32 , $p < .001$; d de Cohen = .795).

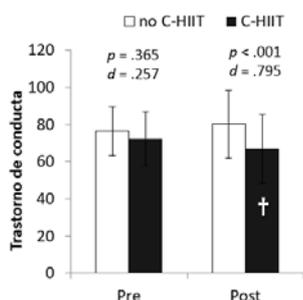


Figura 5. Resultados de trastorno de conducta en escolares diagnosticados TDAH después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. † denota $p < 0.05$, en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

Finalmente, resultados de comportamiento TDAH (Figura 6) no mostraron efecto principal Grupo ($p = 0.074$), pero sí mostraron efecto principal Tiempo $F(1, 50) = 4.574$, $p = .037$, parcial $\eta^2 = .084$; $1-\beta = .555$, e interacción Tiempo x Grupo $F(1, 50) = 6.309$, $p = .015$, parcial $\eta^2 = .112$; $1-\beta = .693$. Un análisis más detallado de la interacción reflejó que, después del programa, el comportamiento TDAH se mantuvo sin cambios en el grupo no C-HIIT ($p = .662$) y hubo mejora en el grupo C-HIIT (Pre: 80.36 ± 17.52 vs. Post 73.61 ± 19.37 ; $p < .011$; d de Cohen = $.365$). El análisis univariante, llevado a cabo sobre la medida post, mostró que los participantes del grupo C-HIIT redujeron el comportamiento TDAH un 13% respecto al grupo no C-HIIT (no C-HIIT: 84.54 ± 10.26 vs. C-HIIT: 73.61 ± 19.37 , $p = .016$; d de Cohen = $.705$).

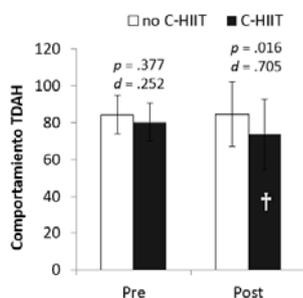


Figura 6. Resultados de comportamiento TDAH en escolares diagnosticados TDAH después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. † denota $p < 0.05$, en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

Discusión

El objetivo fue analizar el efecto crónico de 10 semanas de C-HIIT monitorizado (dos sesiones/semana, 16 minutos/sesión) sobre el control inhibitorio y el comportamiento en jóvenes con TDAH. Tras la intervención, los participantes del grupo C-HIIT mejoraron significativamente el control inhibitorio (interferencia e inhibición) así como el comportamiento hiperactivo-impulsivo, trastorno de conducta y comportamiento TDAH, respecto al grupo no C-HIIT. Después de 10

semanas, ambos factores del control inhibitorio y los cuatro factores de comportamiento mejoraron en los participantes C-HIIT respecto al inicio del estudio. No se observaron cambios significativos en el grupo no C-HIIT. No se observaron efectos negativos en ninguna variable y no se produjo ninguna lesión durante la intervención. Estos resultados sugieren la inclusión de un programa de C-HIIT dentro del plan de actividades extraescolares o su aplicación en recreos activos para escolares con TDAH, o dificultades de aprendizaje.

C-HIIT y control inhibitorio

Tras la intervención, el grupo C-HIIT mejoró significativamente el índice de interferencia e control inhibitorio. Los resultados coinciden con el efecto inmediato de 20 min de ejercicio aeróbico y ejercicio coordinado sobre la inhibición (Ludyga et al., 2017) o efecto a medio plazo de 16 minutos de C-HIIT sobre la atención selectiva (Suarez-Manzano et al., 2021) en escolares diagnosticados TDAH.

Son varios los estudios que muestran la mayor eficiencia del C-HIIT frente al ejercicio aeróbico continuo para mejorar las funciones ejecutivas (Tsukamoto et al. 2016) y el control inhibitorio en adolescentes y adultos (Kao et al., 2017). Algunos de estos efectos podrían explicarse por varios mecanismos. La AF de intensidad moderada-vigorosa modula la actividad neuronal en niños con bajos niveles de control cognitivo y pueden normalizar las oscilaciones del electroencefalograma en escolares diagnosticados con TDAH, aumentando la actividad cortical basal, mejorando así la función cognitiva (Huang, et al., 2018). El ejercicio físico supone además un incremento del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro en todas las edades, responsable de la activación del córtex prefrontal, región responsable de las funciones ejecutivas (Dinoff et al., 2017). Estas modificaciones neurofisiológicas provocan la gliogénesis, neurogénesis, sinaptogénesis y angiogénesis, lo que supone mayor materia gris, mayor materia blanca y mayor activación de la actividad cerebral (El-Sayes et al., 2019), activación que en escolares con TDAH suele caracterizarse por deficitaria, especialmente en el córtex prefrontal (DSM-V, 2014).

C-HIIT y comportamiento en la escuela

Los resultados han demostrado que los niños del grupo C-HIIT mejoraron el comportamiento (factor hiperactividad + déficit de atención). Los resultados coinciden con los de Verret et al. (2012) y Ahmed y Mohamed (2011), que observaron mejoras de compor-

tamiento en el aula y en el hogar, además de mejoras en las habilidades motoras y nivel de atención en estudiantes diagnosticados con TDAH, tras 10 semanas de intervención (tres sesiones/semanales de 40 y 45 min respectivamente de AF intensidad de moderada a vigorosa). Adicionalmente, de acuerdo con una reciente revisión sistemática, se puede afirmar que la AF produce efectos positivos, a medio y largo plazo, en el comportamiento de jóvenes diagnosticados TDAH, además de mejoras en inhibición, control motor, atención y control emocional (Suarez-Manzano et al., 2018). No se han encontrado estudios con resultados contrarios a los expuestos en población escolar con diagnóstico TDAH.

Estas mejoras podrían explicarse por varios mecanismos fisiológicos y sociales. En primer lugar, los niños y niñas con TDAH presentan bajos niveles de neurotransmisores (Lee et al., 2015). La AF aumenta los niveles de neurotransmisores como la serotonina en sangre, actuando como reguladora del comportamiento, controlando conductas de hiperactividad e impulsividad en escolares de desarrollo típico (El-Sayes et al., 2019). En segundo lugar, estimular en edades tempranas la cooperación y carácter colectivo, puede mejorar el comportamiento de niños, niñas y adolescentes diagnosticados con TDAH (O'Connor et al., 2014).

Conclusión

Se concluye que un programa de 10 semanas de C-HIIT monitorizado, con dos sesiones/semana de 30 minutos/sesión (16 minutos C-HIIT), mejoró significativamente el control inhibitorio (interferencia e inhibición) y el comportamiento (comportamiento hiperactivo-impulsivo, trastorno de comportamiento y comportamiento TDAH) en el aula en escolares diagnosticados TDAH. El grupo C-HIIT mostró mejoras significativas pre-post en todas las variables evaluadas, incluida comportamiento inatento en el aula. El grupo control no mostró cambios significativos pre-post en ninguna de las variables evaluadas. Es necesario seguir investigando en esta línea, para determinar qué tipo de ejercicios serían los más adecuados en respuesta a la edad, sexo y motivaciones de los participantes, por lo que estos resultados deben tomarse con cautela.

Aplicaciones prácticas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se sugiere el incremento del tiempo dedicado a la AF durante la jornada escolar incluyendo sesiones C-HIIT en el

plan de estudios. Utilizar los descansos entre asignaturas o el recreo, para aprovechar al máximo el efecto beneficioso del ejercicio físico y no restar tiempo a otras materias, al menos dos días/semana. También es interesante regular la participación, intensidad de ejecución y progreso del alumnado durante el programa, mediante el empleo de un sistema de puntos que puede ser gestionado con nuevas tecnologías.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los participantes que han colaborado en el desarrollo del presente estudio. Gracias también a las asociaciones colaboradoras y escuelas de la comunidad andaluza, a los jóvenes participantes y a los padres y profesores que han hecho posible su participación en este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen posibles conflictos de interés con respecto a la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

Financiación

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por el Grupo de Investigación: Actividad Física Aplicada a la Educación y Salud (Universidad de Jaén, España) [Referencia: HUM-943-AFAES]. También se recibió apoyo de dos Programa de Formación de Profesorado Universitario, implementado por el Ministerio de Educación, Cultura y deporte del Gobierno de España [Referencia: FPU-2016-07226 y Referencia: FPU-2020-03217] y por el proyecto «Instituto de Estudios Giennenses» [número de subvención RFC/IEG2017].

Referencias

- Ahmed, G., & Mohamed, S. (2011). Effect of regular aerobic exercises on behavioral, cognitive and psychological response in patients with attention deficit-hyperactivity disorder. *Life Science Journal*, 8(2), 366-371.
- American Psychiatric Association (2014). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
- Colomer, C., Berenguer, C., Roselló, B., Baixauli, I., & Miranda, A. (2017). The Impact of Inattention, Hyperactivity/Impulsivity Symptoms, and Executive Functions on Learning Behaviors of Children with ADHD. *Frontiers in Psychology*, 08. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00540>.

- De la Peña, I. C., Pan, M. C., Thai, C. G., & Aliso, T. (2020). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Predominantly Inattentive Subtype/Presentation: Research Progress and Translational Studies. *Brain Sciences*, 10(5), 292. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050292>
- Dillon, M. B. M., Radley, K. C., Tingstrom, D. H., Dart, E. H., & Barry, C. T. (2019). The effects of tootling via ClassDojo on student behavior in elementary classrooms. *School Psychology Review*, 48(1), 18-30. <https://doi.org/10.17105/SPR-2017-0090.V48-1>
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., & Lanctôt, K. L. (2017). The effect of acute exercise on blood concentrations of brain-derived neurotrophic factor in healthy adults: a meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(1), 1635–1646. <https://doi.org/10.1111/ejn.13603>
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C.V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-induced neuroplasticity: a mechanistic model and prospects for promoting plasticity. *The Neuroscientist*, 25(1), 65-85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- Farré, A., & Narbona, J. (2003). *EDAH. Evaluación del Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad*. Madrid, Spain: TEA.
- Golden, C. J. (2010). *Test de colores y palabras (Stroop)*. Madrid:TEA Ediciones.
- Huang, C.-J., Huang, C.-W., Hung, C.-L., Tsai, Y.-J., Chang, Y.-K., Wu, C.-T., & Hung, T.-M. (2018). Effects of Acute Exercise on Resting EEG in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Child Psychiatry & Human Development*, 49(6), 993-1002. <https://doi.org/10.1007/s10578-018-0813-9>
- Kao, S. C., Westfall, D. R., Sonesson, J., Gurd, B., & Hillman, C. H. (2017). Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology*, 54(9), 1335–1345. <https://doi.org/10.1111/psyp.12889>
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports medicine*, 5(5), 303-311.
- Lee, S. K., Lee, C. M., & Park, J. H. (2015). Effects of combined exercise on physical fitness and neurotransmitters in children with ADHD: a pilot randomized controlled study. *Journal of physical therapy science*, 27(9), 2915-2919. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2915>
- Ludyga, S., Brand, S., Gerber, M., Weber, P., Brotzmann, M., Habibifar, F., Puhse, U. (2017). An event-related potential investigation of the acute effects of aerobic and coordinative exercise on inhibitory control in children with ADHD. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 28, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.10.007>
- Madrid-López, P.D., Prieto-Ayuso, A., Samalot-Rivera, A., & Gil-Madrona, P. (2016). Evaluación de una propuesta extraescolar de conductas apropiadas en educación física y deportiva. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 30(1), 36-42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345744747007>
- Memarmoghaddam, M., Torbati, H. T., Sohrabi, M., Mashhadi, A., & Kashi, A. (2016). Effects of a selected exercise program on executive function of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of medicine and life*, 9(4), 373-379. <https://doi.org/10.22336/jml.2016.0410>
- Maureira-Cid, F., & Flores-Ferro, E. (2017). Efectos del ejercicio físico sobre la atención: una revisión de los últimos años. *Ciencias de la Actividad Física UCM*, 18(1), 73-83. <http://revistacaf.ucm.cl/article/view/110>
- O'Connor, B., Fabiano, G., Waschbusch, D., Belin, P., Gnagy, E., Pelham, William, E.,... Roemmich, J. (2014). Effects of a summer treatment program on functional sports outcomes in young children with ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*. 42(6), 1005-1017. <https://doi.org/10.1007/s10802-013-9830-0>
- Rosa-Guillamón, A., García-Canto, E., & Martínez-García, H. (2020). Influencia de un programa de actividad física sobre la atención selectiva y la eficacia atencional en escolares. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (38), 560-566.
- Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S., & Martínez-López, E. J. (2019). The effect of cooperative high-intensity interval training on creativity and emotional intelligence in secondary school: A randomised controlled trial. *European Physical Education Review*, 25(2), 355-373.
- Sayal, K., Prasad, V., Daley, D., Ford, T., & Coghill, D. (2018). ADHD in children and young people: prevalence, care pathways, and service provision. *The Lancet Psychiatry*, 5(2), 175–186. [https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(17\)30167-0](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(17)30167-0)
- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M. and Martínez-López, E. (2018). Acute and chronic effect of physical activity on cognition and behaviour in young people with ADHD: A systematic review of intervention studies. *Research in Developmental Disabilities*. 77, 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.03.015>
- Suarez-Manzano, S., López-Serrano, S., Jadallah, K.A. H., & Pantoja, L.Y.Y. (2021). Efecto crónico del C-HIIT sobre la calidad del sueño y atención selectiva en jóvenes TDAH. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 1(41), 199-208. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.83189>
- Tsukamoto, H., Suga, T., Takenaka, S., Tanaka, D., Takeuchi, T., Hamaoka, T.,... Hashimoto, T. (2016). Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiology & Behavior*, 155, 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.12.021>
- Verret, C., Guay, M.-C., Berthiaume, C., Gardiner, P., & Béliveau, L. (2010). A Physical Activity Program Improves Behavior and Cognitive Functions in Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 16(1), 71–80. <https://doi.org/10.1177/1087054710379735>
- Yasumura, A., & Inagaki, M. (2015). Executive Function in Children with Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder. *ADHD - New Directions in Diagnosis and Treatment*. <https://doi.org/10.5772/60669>