

## Efecto crónico del C-HIIT sobre la calidad del sueño y atención selectiva en jóvenes TDAH

### Chronic effect of C-HIIT on the quality of sleep and selective attention in young ADHD

Sara Suarez-Manzano, Sebastián López-Serrano, Khader Abu-Helael Jadallah, Liliana Yadira Yela Pantoja  
Universidad de Jaén (España)

**Resumen.** El objetivo del presente estudio fue conocer los efectos de un programa de entrenamiento Cooperative-High Intensity Interval Training (C-HIIT) de 10 semanas, 2 sesiones/semana, y 16 minutos cada sesión, sobre la calidad del sueño y la atención selectiva en niños diagnosticados con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Participaron 52 escolares diagnosticados TDAH ( $10.13 \pm 2.68$  años). Se asignaron 24 al grupo de control (11 niñas) y 28 al grupo experimental (17 niñas). La calidad del sueño se midió con la prueba de Pittsburg y la atención selectiva con el test d2. Tras el programa de intervención, el grupo C-HIIT mejoró significativamente la calidad del sueño frente al grupo de control ( $2.93 \pm 1.762$  vs.  $6.88 \pm 2.643$ ,  $p < 0.001$ ). El grupo C-HIIT mejoró significativamente su nivel de atención selectiva (pre:  $42 \pm 30.21$  vs. post:  $64.21 \pm 30.57$ ;  $p < 0.001$ ), mejorando un 21.16% respecto al inicio del estudio. Se concluye, que un programa de C-HIIT aplicado durante al menos 10 semanas en jóvenes con TDAH mejora significativamente su calidad de sueño y la medida de atención, sin embargo, los efectos sobre la concentración y el índice de variación no son concluyentes. Se sugiere incorporar programas específicos de estímulo cooperativo y de alta intensidad en jóvenes TDAH ya que podría ser una herramienta eficaz para mejorar la calidad de sueño y sus niveles de atención selectiva.

**Palabras clave:** Actividad física; sueño; atención selectiva; niños; adolescentes; TDAH.

**Abstract.** The objective of this study was to know the effects of a Cooperative-High Intensity Interval Training (C-HIIT) training program of 10 weeks, 2 sessions/week, and 16 minutes each session, on the quality of sleep and selective care in children diagnosed with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD). Fifty-two schoolchildren were diagnosed with ADHD ( $10.13 \pm 2.68$  years). Twenty-four were assigned to the control group (11 girls) and 28 to the experimental group (17 girls). The quality of sleep was measured with the Pittsburgh test and selective attention with the d2 test. After the intervention program, the C-HIIT group significantly improved sleep quality compared to the control group ( $2.93 \pm 1.762$  vs.  $6.88 \pm 2.643$ ,  $p < 0.001$ ). The C-HIIT group significantly improved its level of selective care (pre:  $42 \pm 30.21$  vs. post:  $64.21 \pm 30.57$ ;  $p < 0.001$ ), improving 21.16% with respect to the beginning of the study. It is concluded that a C-HIIT program applied for at least 10 weeks in young people with ADHD significantly improves their quality of sleep and the measure of attention, however, the effects on concentration and the rate of variation are not conclusive. It is suggested to incorporate specific programs of cooperative and high intensity stimulation in young ADHD as it could be an effective tool to improve the quality of sleep and their levels of selective care.

**Keywords:** Physical activity; sleep; selective attention; children; adolescent; ADHD.

### Introducción

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es una afección del desarrollo neurológico infantil, caracterizado por falta de atención, hiperactividad e impulsividad que causa un deterioro del funcionamiento cognitivo (Spencer, Biederman y Mick, 2007). En el Manual de Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V, 2014), publicado por la American Psychiatric Association, diferencia tres tipos de presen-

taciones del TDAH. 1) Presentación combinada, 2) Presentación predominantemente con falta de atención y 3) Presentación predominantemente hiperactiva/impulsiva. Se trata de un trastorno de origen neurobiológico, derivado de factores genéticos y ambientales, asociado a la presencia de alteraciones dopaminérgicas (DSM-V, 2014). Los niños con TDAH tienen patrones de falta de atención, dificultad para concentrarse, mantener la atención y proceso de organización y planificación mental al realizar tareas, así como inquietud motora e impulsividad, lo que les lleva a tomar decisiones impulsivamente. Estos patrones están presentes en al menos dos contextos del niño o adolescente (familiar, social y académico) y a menudo condu-

cen a un trastorno en el desarrollo de la coordinación (de Gregorio, Pérez y Moro, 2019) y/o un bajo rendimiento académico y dificultades en las habilidades sociales (DSM-V, 2014; Mezcu-Hidalgo, Ruiz-Ariza, de Loureiro, y Martínez-López, 2020; Pulido y Ramírez Ortega, 2020). El TDAH es diagnosticado aproximadamente en el 2 - 7% de la población escolar, debiéndose esta variación al empleo de diferentes métodos de diagnóstico (Sayal, Prasad, Daley, Ford y Coghill, 2018), en España alcanza aproximadamente el 5,4%, (Canals et al., 2018; Cerrillo-Urbina et al., 2018), coincidiendo con la prevalencia mundial.

Existen cuatro principales tratamientos para el TDAH, el psicológico, el psiquiátrico, el farmacológico y la modificación de conducta (García et al., 2008). El tratamiento más comúnmente utilizado para tratar los síntomas de la TDAH en los niños es el farmacológico. Concretamente, en España el 70-80% de los niños en edad escolar siguen un tratamiento farmacológico (Esperón y Gómez, 2014). Los medicamentos más comunes para este tratamiento son Metilfenidato (Cunill y Castells, 2015) y Lisdexamfetamina (Padilha, Virtuoso, Tonin, Borba y Pontarolo, 2018). Los efectos secundarios más comunes de estos tratamientos desarrollo del comportamiento agresivo, insomnio y somnolencia (Cunill y Castells, 2015), alteraciones del sueño, pérdida del apetito y problemas de comportamiento (Padilha et al. 2018).

Estos tratamientos frecuentemente se utilizan para controlar uno de los principales síntomas de los escolares TDAH, el déficit de atención-concentración (Cunill y Castells, 2015; DSM-V, 2014; Padilha et al., 2018). El estado de concentración depende en gran medida de la atención selectiva ante los estímulos externos (Petilli, Trisolini y Daini, 2018). Pudiendo considerar la Actividad Física (AF) como un posible aliado para tratar los síntomas TDAH, especialmente la capacidad aeróbica, asociándose a mejores omisiones ( $p = 0.031$ ) y mejor control inhibitorio ( $p = 0.034$ ) en escolares (no-TDAH) (Guillamón, Canto y López, 2019). Piepmeier et al. (2015) analizaron en adolescentes (con y sin TDAH) el efecto inmediato de una intervención de 30 minutos de pedaleo en cicloergómetro (62-72% de la frecuencia cardíaca máxima teórica), observando mejoras inmediatas en atención selectiva. Más adelante, Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, de la Torre-Cruz y Martínez-Lopez (2018a) evaluaron el efecto inmediato de 16 min entrenamiento cooperativo de intervalos de alta intensidad, del inglés *Cooperative High-Intensity Interval Training* (C-HIIT) hallando mejoras en la atención selectiva (Test de

atención d2), aumentando el número total de aciertos y disminuyendo el número total de errores causados por omisión o comisión (errores al no marcar o marcar por error, respectivamente).

Recientes revisiones sistemáticas reflejan los efectos positivos de la práctica sistemática de AF sobre multitud de variables físicas, psicológicas y comportamentales en jóvenes TDAH (Neudecker, Mewes, Reimers y Woll, 2019; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz y Martínez-López, 2018b). Suarez-Manzano et al. (2018b) analizaron 16 estudios longitudinales con intervención mediante AF en población escolar TDAH. Comprobaron un alto consenso sobre el efecto de la práctica de AF a medio-largo plazo (30 minutos, a intensidad  $> 40\%$  en la frecuencia cardíaca máxima, 3-5 sesiones/semana) sobre la mejora de la atención, inhibición, control emocional, comportamiento y control motor.

Otro de los principales síntomas de los TDAH jóvenes durante la etapa principal de la escuela (6-16 años) es la presencia de problemas de sueño (Thomas, Lycett, Papadopoulos, Sciberras y Rinehart, 2018). Es sabido que no dormir adecuadamente puede derivar en mala calidad de sueño, somnolencia, problemas comportamentales y bajo rendimiento cognitivo (Spruyt, 2018). Además, recientes estudios revelan que en población no-TDAH el aumento de AF mejora la calidad de sueño (Quevedo-Blasco y Quevedo-Blasco, 2011) y puede mejorar el estado de activación bajo y la fatiga (Herring, Monroe, Kline, O'Connor y MacDonncha, 2018). Así mismo, el estudio de Sánchez, Sánchez y Suárez (2016), refleja que jóvenes TDAH que realizaron AF aeróbica, incrementaron notablemente el tiempo de sueño.

Durante la última década, han proliferado los estudios que analizan el sueño en los escolares. De igual modo, una relevante revisión de meta-análisis afirma que la somnolencia se relaciona fuertemente con el rendimiento escolar ( $r = 0.133$ ) y la calidad del sueño ( $r = 0.096$ ). Señalando además que los mayores tamaños del efecto se encontraron en los participantes más jóvenes, pudiendo explicarse este fenómeno por los cambios dramáticos en la corteza prefrontal durante la adolescencia temprana (Dewald, Meijer, Oort, Kerkhof y Bögels, 2010). Así mismo, es sabido que existe una relación positiva entre de «*momento a momento*» (a tiempo real) la variabilidad de la señal cerebral llamada media-cuadrado sucesiva diferencia especialmente en las zonas prefrontales mediales y la gravedad general de los síntomas del TDAH y la falta de atención entre los niños

con y sin diagnóstico de TDAH (Nomi et al., 2018). Lo que apoya la importancia de estudiar estas variables en jóvenes TDAH.

Aunque diversos estudios analizan los efectos inmediatos de la AF, en población con y sin TDAH, hasta el momento, son escasas las investigaciones que ha analizado el efecto crónico de intervenciones del tipo C-HIIT sobre la calidad de sueño y la atención selectiva en jóvenes TDAH. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos crónicos de un programa de 10 semanas de C-HIIT en la atención selectiva y la calidad del sueño de los niños y adolescentes diagnosticados TDAH. Se planteó la hipótesis de que un programa C-HIIT de 10 semanas mejora la atención selectiva y la calidad del sueño en jóvenes diagnosticados con TDAH.

## Método

### Diseño del estudio

El estudio empleó un diseño cuasiexperimental de medidas pre - post con intervención. Con dos grupos, el No C-HIIT (n=24) sin intervención y el C-HIIT (n=28) que realizó un calentamiento de 6 minutos seguido de 16 minutos de C-HIIT monitorizado y vuelta a la calma -8 minutos- (Suarez-Manzano et al., 2018a) durante un total de 10 semanas de intervención. Se realizaron dos mediciones. La medición pre, se realizó una semana antes de la intervención y la medición post, se realizó una semana después de la finalización del programa C-HIIT. Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Jaén. El diseño cumple con la normativa española de investigación clínica en humanos (Ley 14/2007, 3 de julio, 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).

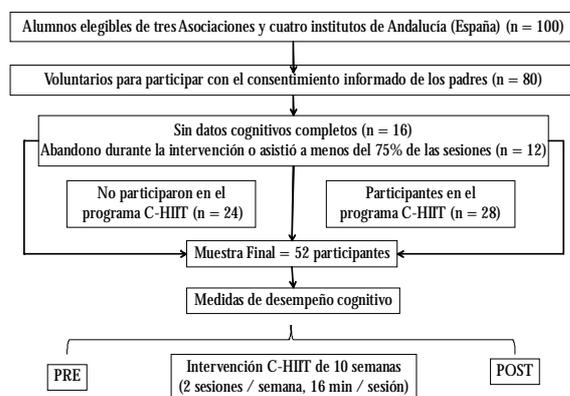


Figura 1. Flujo de estudio. C-HIIT = Entrenamiento Cooperativo de Intervalos de Alta Intensidad.

## Participantes

Participaron en el estudio un total de 80 jóvenes diagnosticados TDAH de cuatro escuelas y tres asociaciones del sur de España. Los escolares ya habían sido diagnosticados previamente por especialistas utilizando Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, del inglés *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM, versión V) (APA, 2014) y en los centros educativos correspondientes tenían los respectivos informes. Las características antropométricas, sociodemográficas y tipo de medicación se muestran en la Tabla 1. 28 participantes no completaron las pruebas o no asistieron al menos 80% de las sesiones o no alcanzaron el moderado-intensidad vigorosa (>75%) medida durante las sesiones (en el caso del grupo experimental) Así, la muestra final se componía de 52 jóvenes TDAH, con una edad media de  $10.13 \pm 2.68$  años (rango = 6-16) y un IMC de  $17.24 \pm 3$  kg/m<sup>2</sup> (Tabla 1).

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra. Los valores se muestran como porcentajes (%), media  $\pm$  desviación típica.

Variable	Total (n = 52)		Grupo No C-HIIT (n = 24)		Grupo C-HIIT (n = 28)		P
	Media	DT (%)	Media	DT (%)	Media	DT (%)	
Edad (años)	10.13	2.68	10.92	2.68	9.46	2.546	0.051
Sexo	Chicas	46.2%		25.0%		21.2%	0.283
	Chicos	53.8%		21.2%		32.7%	
Talla (cm)	139.6	14.61	143.29	13.86	136.5	14.48	0.092
Peso (kg)	6.46	1.52	6.16	1.487	6.71	1.551	0.200
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	17.24	3	17.44	2.18	17.06	3.58	0.659
Nivel estudios madre	Secundaria	30.8%		19.2%		11.5%	0.115
	Universidad	69.2%		26.9%		42.3%	
Nivel estudios padre	Secundaria	28.8%		19.2%		9.6%	0.059
	Universidad	71.2%		26.9%		44.2%	
AF - 60 minutos semana común	1.73	1.06	1.79	0.93	1.68	1.18	0.708
AF - 60 minutos última semana	1.73	1.05	1.79	0.97	1.68	1.12	0.703
Calidad de sueño (PSQI)	7.96	0.096	8.08	0.92	7.86	1.01	0.410
Total porcentaje Respuestas d2	51.19	30.10	58.71	29.96	44.75	29.21	0.096
Total porcentaje Aciertos d2	52.50	24.66	54.67	29.61	50.64	19.85	0.563
Total porcentaje Omisiones d2	32.19	23.35	38.67	27.46	28.64	17.84	0.064
Total porcentaje Comisiones d2	35.50	32.27	43.46	29.92	28.68	33.15	0.100
Total porcentaje TOT	45.25	29.30	49.04	28.38	42.00	30.20	0.393
Total porcentaje CON	40.69	28.35	42.45	29.09	39.18	30.14	0.682
Total porcentaje VAR	52.79	17.88	55.04	10.34	50.86	22.46	0.406

Nota: IMC = Índice de Masa Corporal, d2= d2 test, AF = Actividad Física, PSQI = Test Pittsburg, DT = desviación Típica.

## Instrumentos

### Atención selectiva

Se utilizó el test d2, versión española (Seisdedos, 2012) para evaluar la atención selectiva - concentración. La ejecución del mismo, consiste en marcar las grafías «d» que se acompaña de dos comas, ya sea colocadas por encima, o bajo la letra o tener una arriba y una abajo. Hay un total de 658 grafías, divididas en 14 líneas, cada línea tiene 47 letras. Las letras eran «d» y «p». La duración total fue de 4 minutos y 20 segundos. La capacidad de atención selectiva (TOT) se calculó con la siguiente ecuación: [número de elementos procesados - (omisiones + errores)]. Además, se calculó la concentración (CON) [Aciertos totales - Errores totales por comisión], índice de variación o estabilidad (VAR)

[línea con mayor número de elementos intentado - línea con menor número de elementos intentado]. Esta prueba se ha utilizado en otros estudios (Suarez-Manzano et al., 2018a) con niños con TDAH. La fiabilidad del test-retest (48 h, n = 21) es de > 0.90.

#### *Calidad de sueño*

La calidad de sueño se midió con el test *Pittsburg* (de la Vega et al., 2015) consta de 19 preguntas auto-evaluadas. Las respuestas generan puntajes de siete componentes (con subescalas comprendidas entre 0 y 3): calidad del sueño, latencia, duración del sueño, eficiencia habitual del sueño, alteración del sueño, uso de medicamentos para dormir y disfunción diurna. La suma de estas siete puntuaciones produce una puntuación global de la calidad subjetiva del sueño (rango 0-21). Las puntuaciones más altas representan una peor calidad subjetiva del sueño. Este test fue completado por cada participante en presencia de su padre/madre/tutor legal y entregado en un sobre al equipo de investigación.

#### **Programa de intervención**

##### *Condición C-HIIT monitorizada*

El diseño y cronograma de las sesiones de AF se caracterizaron por estar compuesto con ejercicios cooperativos y de alta intensidad. El programa tuvo una duración de 10 semanas. Se realizaron 2 sesiones por semana y cada sesión tuvo una duración de 30 min, durante la hora del almuerzo. Las sesiones se realizaron martes y jueves. Los primeros 6 min eran empleados en calentamiento con juegos cooperativos, seguidamente la parte principal, con 16 minutos de C-HIIT en torno al 85-100% de la frecuencia cardiaca máxima real de los participantes (Karvonen, Kentala y Mustala, 1957). La frecuencia cardiaca basal se obtuvo con las pulseras Fitbit HR® que llevaron los participantes durante 5 días y 5 noches en las mediciones pre y post. Cada parte principal de C-HIIT (16 minutos) se componía de al menos cuatro ejercicios, de los cuales se hacían cuatro series de con una relación trabajo / descanso de 30:30 segundos. Este C-HIIT monitorizado incluyó una combinación de ejercicios de entrenamiento cardiorrespiratorio, motor y coordinativo llevados a cabo en parejas o grupos (contexto cooperativo) (Suarez-Manzano et al., 2018a). Al finalizar la sesión, se dedicaban 8 min de la vuelta a la calma. Los investigadores utilizaron el dispositivo Seego Realtreacksystems® (España), para controlar la intensidad de las intervenciones y la App ClassDojo® para mantener la motivación durante todo el periodo de intervención, con ella les asignaban puntos positivos si eran puntuales, alcanzaban la intensidad marcada du-

rante la sesión, acudían con calzado y ropa adecuados, entre otros. De ese modo, al finalizar el programa todos los participantes obtuvieron un premio (diploma, medalla y mochila). La App ClassDojo® permitió, además, conectar a investigadores, profesores, padres y alumnos, siendo una herramienta pedagógica de control de sesión/aula (López-Serrano, de Loureiro, Suarez-Manzano, y de la Torre-Cruz 2020; Maclean-Blevins y Muilenburg, 2013).

##### *Condición No C-HIIT*

Se les pidió a los participantes del grupo control que no cambiaran sus hábitos normales de práctica de AF, actividades extraescolares, hábitos alimenticios o medicación (solo en caso de ser estrictamente necesario). Dado que el objetivo era conocer el efecto de la realización de 16 minutos de C-HIIT y comprobar la eficacia al aplicarlo dentro del contexto escolar. Mientras que el grupo no C-HIIT tomaba su almuerzo, el grupo C-HIIT realizaba la sesión de C-HIIT, esto supuso ampliar el descanso para el almuerzo 10 minutos en todos los centros escolares participantes en este estudio. De este modo, tras la sesión, el grupo experimental podía unirse a sus compañeros de clase para tomar su almuerzo.

##### **Procedimiento**

Los escolares del grupo C-HIIT participaron durante 10 semanas en el programa de AF, el grupo no C-HIIT no cambiaron sus hábitos de AF. Todos los padres/madres o tutores legales de los escolares participantes firmaron el consentimiento informado. En la primera reunión se les informó a los investigadores del orden de las condiciones para garantizar que los participantes llegaran con ropa adecuada a las sesiones de evaluación y a la intervención (grupo C-HIIT). Las indicaciones previas al inicio de cada sesión de evaluación fueron no comer una hora antes, no practicar AF 24 horas antes, y no modificar la medicación. Antes y después de las pruebas se realizaron individualmente con una investigación especializada en un escritorio individual para las pruebas escritas y una prueba sociodemográfica. Todas las pruebas fueron realizadas a «papel y lápiz». En las medidas pre y post, las pruebas físicas y las cognitivas fueron realizadas a cada participante individualmente por el mismo investigador, reduciendo así el posible sesgo.

##### **Análisis estadístico**

Los datos se muestran como medias y desviación típica, y porcentajes. Antes del análisis se realizaron pruebas de distribución normal y homogeneidad

(Kolmogorov-Smirnov y Levene). Para analizar los efectos de 16 minutos del Programa C-HIIT monitorizado, se utilizó el análisis de mediciones repetidas de varianza (ANOVA) durante 2 veces (pre-test vs. post-test) x 2 grupos (No C-HIIT vs. C-HIIT). Atención selectiva, concentración, índice de variación o estabilidad y calidad del sueño fueron evaluadas. El tamaño del efecto se calculó y se notificó como un valor parcial de  $\zeta^2$  para las evaluaciones de ANOVA. Para estudiar el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre las variables dependientes y determinar el grado de generalidad poblacional del efecto, a partir de la diferencia que se observa entre las dos medias muestrales se empleó «*d* de Cohen». El valor *d* de Cohen 0.8 indica un gran tamaño del efecto, el valor *d* de Cohen 0.05-0.08 indica un tamaño de efecto medio, el valor *d* de Cohen 0.2-0.5 indica un tamaño de efecto pequeño (Cohen, Cimboric, Armeli y Hettler, 1998). Estos análisis se realizaron por separado para cada variable dependiente. Realizamos todos los análisis usando IBM-SPSS versión 23.0 para Windows. El nivel de significación se estableció en  $p < 0.05$ .

## Resultados

### **Análisis ANOVA de C-HIIT monitorizado sobre atención selectiva, concentración e índice de variación o estabilidad**

El análisis detallado de los resultados de interés en la atención selectiva, concentración e índice de variación o estabilidad, fueron calculados a partir de los valores de total de respuestas, total de aciertos, total de errores por omisión, total de errores por comisión y variación de respuestas por línea, tal y como se explica en el apartado de método.

Los resultados mostraron efecto principal Tiempo en las variables, atención selectiva  $F(1, 50) = 17.708$ ,  $p = 0.001$ , parcial  $\zeta^2 = .262$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.985$ , concentración  $F(1, 50) = 17.713$ ,  $p = 0.001$ , parcial  $\zeta^2 = 0.262$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.985$ , e índice de variación o estabilidad  $F(1, 50) = 28.506$ ,  $p = 0.001$ , parcial  $\zeta^2 = 0.363$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.999$ . Se observó efecto principal Grupo en atención selectiva  $F(1, 50) = 8.615$ ,  $p = 0.005$ , parcial  $\zeta^2 = .147$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.821$  e índice de variación o estabilidad  $F(1, 50) = 5.848$ ,  $p = 0.019$ , parcial  $\zeta^2 = .105$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.660$ , por el contrario, no se observó significación en la variable concentración ( $p = 0.188$ ). Se observó una interacción Tiempo x Grupo en las variables atención selectiva  $F(1, 50) = 8.615$ ,  $p = 0.005$ , parcial  $\zeta^2 = .147$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.821$  e índice de variación o estabilidad  $F(1, 50) =$

5.848,  $p = 0.019$ , parcial  $\zeta^2 = .105$ ;  $1-\hat{\alpha} = 0.660$ , sin embargo, no se obtuvo interacción Tiempo x Grupo en concentración ( $p = 0.188$ ).

Un análisis más detallado de la interacción mostró que después de 10 semanas la atención selectiva había mejorado significativamente respecto a la medida pre en el grupo C-HIIT (Pre:  $42 \pm 30.21$  vs. Post  $64.21 \pm 30.57$ ;  $p < 0.001$ ; *d* de Cohen = 0.731) un 21.16%, no hallándose diferencias significativas en el grupo control ( $p = 0.405$ ). La concentración mejoró significativamente respecto a la medida pre en el grupo no-C-HIIT (Pre:  $42.46 \pm 29.09$  vs. Post:  $52.29 \pm 34.72$ ;  $p < 0.001$ ; *d* de Cohen = 0.307) y en el grupo C-HIIT (Pre:  $39.18 \pm 28.14$  vs. Post:  $58.14 \pm 35.19$ ;  $p < 0.001$ ; *d* de Cohen = 0.595). Igualmente, el índice de variación o estabilidad post mejoró significativamente, tanto en grupo no C-HIIT (Pre:  $50.86 \pm 22.46$  vs. Post:  $74.43 \pm 21.85$ ;  $p = 0.018$ ; *d* de Cohen = 1.063), como en el grupo C-HIIT (Pre:  $55.04 \pm 10.35$  vs. Post:  $63.92 \pm 19.31$ ;  $p < 0.001$ ; *d* de Cohen = 0.573).

El análisis univariante llevado a cabo sobre la medida post, mostró mejoras con tendencia a la significatividad en la variable índice de variación ( $p = 0.074$ ). Los participantes del grupo C-HIIT habían aumentado un 16.45% respecto al grupo non C-HIIT. El mismo análisis no mostró diferencias significativas en atención selectiva ( $p = 0.202$ ) y concentración ( $p = 0.550$ ).

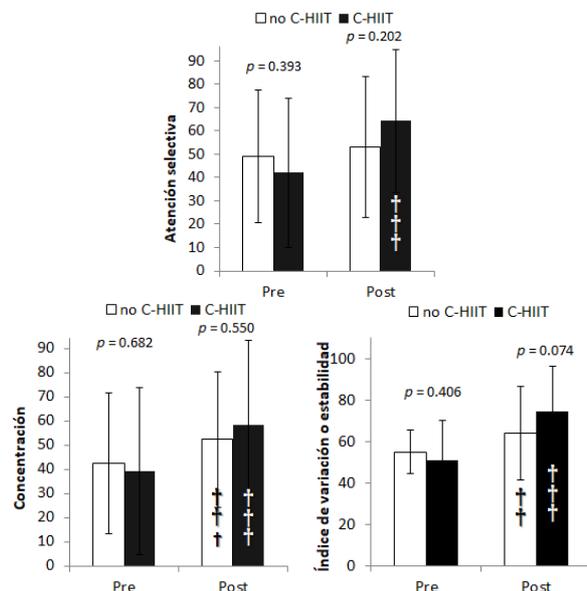


Figura 2. Resultados de atención selectiva (a), concentración (b), e índice de variación o estabilidad (c) en escolares diagnosticados ADHD después de 10 semanas de intervención con método C-HIIT monitorizado. †† y ††† denota  $p < 0.01$  y  $p < 0.001$ , en comparación con la medida pre en el mismo grupo.

### **Análisis ANOVA de C-HIIT sobre calidad de sueño**

Los resultados del ANOVA 2(grupo) x 2(tiempo) sobre la calidad del sueño (figura 2) mostraron efecto

principalTiempo  $F(1, 50) = 99.810, p = 0.001, \zeta^2$  parcial = 0.559;  $1-\hat{\alpha} > 0.999$ , una interacción Tiempo x Grupo  $F(1, 50) = 36.679, p = 0.001, \zeta^2$  parcial = 0.423;  $1-\hat{\alpha} > 0.999$  y un efecto principal Grupo  $F(1, 50) = 32.120, p = 0.001, \zeta^2$  parcial = 0.398;  $1-\hat{\alpha} > 0.999$ . Los resultados de interés mostraron que, después de 10 semanas, la calidad de sueño de los participantes había mejorado significativamente respecto a la medida pre tanto el grupo no C-HIIT ( $8.08 \pm 0.93$  u.a. vs.  $6.88 \pm 2.64$  u.a.,  $p = 0.014$ ; d de Cohen = 0.606) como el grupo C-HIIT (Pre:  $7.86 \pm 1.01$  vs.  $2.93 \pm 1.76$   $p = 0.001$ ; d de Cohen = 3.436). El análisis univariante, llevado a cabo sobre la medida post, mostró que la calidad de sueño de los participantes del grupo C-HIIT había aumentado un 62.72% respecto al grupo no C-HIIT ( $2.93 \pm 1.76$  u.a. vs.  $6.88 \pm 2.64$  u.a.,  $p < 0.001$ ; d de Cohen = -1.760)

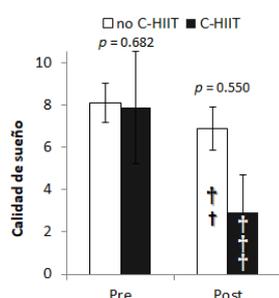


Figura 3. Los resultados medios en la variable calidad de sueño después de la intervención. †† y † denotan  $p < 0.01$  y  $p < 0.001$ , comparando con medida pre en el mismo grupo.

## Discusión

El objetivo fue analizar el efecto crónico de 10 semanas de C-HIIT monitorizado (2 sesiones/semana, 16 minutos sesión) sobre la atención selectiva y la calidad del sueño en jóvenes con TDAH. Tras la intervención, los participantes del grupo C-HIIT mejoraron significativamente la calidad de sueño respecto al grupo no C-HIIT. Después de 10 semanas, la medida de atención mejoró también en los participantes CHIIT respecto al inicio del estudio, pero no ocurrió así en la concentración y el índice de variación. No se observaron efectos negativos en ninguna variable y no se produjo ninguna lesión durante la intervención. Estos resultados sugieren que un programa extendido en el tiempo de C-HIIT monitorizado puede contribuir significativamente a mejorar la calidad del sueño y la atención selectiva de los jóvenes con TDAH.

Tras la intervención, el grupo C-HIIT mejoró significativamente la atención selectiva. Resultados similares a los mostrados por Ma, Le y Gurd (2015), que observaron mejoras en la atención durante la prueba d2 test, en escolares no-TDAH. Más recientemente,

Suarez-Manzano et al. (2018a), observaron en jóvenes diagnosticados TDAH que el grupo experimental mejoró sus niveles de atención (test d2) tras una sesión de 16 min de C-HIIT, frente al grupo control. Así mismo, diferentes revisiones sistemáticas coinciden en los beneficios agudos y crónicos del ejercicio físico sobre la atención, concentración, control inhibitorio y funciones ejecutivas en escolares TDAH (Jeyanthi, Arumugam y Parasher, 2019; Neudecker et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018b). Por otro lado, las mejoras Pre-Post observadas en ambos grupos de estudio, en las variables concentración e índice de variación o estabilidad coinciden con las afirmaciones de Memmert (2014) y Remington, Cartwright-Finch y Lavie (2014), quienes observaron que la atención y el control ante estímulos inesperados de los chicos y chicas aumenta con el paso del tiempo. Cabe destacar que estas variables durante la infancia y adolescencia aumentan naturalmente, debido al normal desarrollo madurativo del cerebro o incluso a factores genéticos (Casey, Giedd y Thomas, 2000). Por lo que el tiempo transcurrido entre la medida pre y post podría haber sido suficiente para producirse una evolución natural del cerebro en estas edades.

Con respecto a los posibles razonamientos de por qué el programa C-HIIT ha afectado positivamente al grupo experimental, mostrando una tendencia de mejora sobre el grupo control en índice de variación o estabilidad. Estas mejoras pueden deberse a cambios fisiológicos y a la adaptación del propio organismo al ejercicio físico. La AF aumenta la segregación del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) (Dinoff, Herrmann, Swardfager y Lanctot, 2017), un factor clave en la supervivencia celular y la plasticidad cerebral (Sleiman, et al., 2016). Las concentraciones de BDNF producidas tras 30 minutos de una actividad intensa (absorción máxima de oxígeno del 60%) regresan a niveles basales transcurridos 30 minutos (Gold et al., 2003). Este efecto de homeostasis puede ser el motivo por el que en este estudio no se observa grandes cambios entre grupos, coincidiendo con los resultados obtenidos por Pan et al. (2015) que tras 12 semanas de tenis de mesa a intensidad moderada-vigorosa, observaron grandes mejoras en habilidades motrices (*Test of Gross Motor Development-2*) y razonamiento abstracto (*Wisconsin Card Sorting Test*), pero obtuvieron mejoras solo en una de las condiciones del test empleado para medir la interferencia (*Stroop* condición Palabra-Color) en escolares diagnosticados TDAH. Un reciente meta-análisis mostró también efectos positivos de la AF en funciones ejecutivas, atención y rendimiento académico en niños

preadolescentes, especialmente en programa de AF durante varias semanas (de Greeff, Bosker, Oosterlaan, Visscher y Hartman, 2018). Estas mejoras de los sistemas motor, cardiovascular, respiratorio, hormonal, inmunológico y nervioso, influyen en el desarrollo cerebral (incluidos el lóbulo frontal, el lóbulo parietal, la corteza anterior y el hipocampo), varios tractos de materia blanca y redes funcionales, aumentando la eficacia de la conducción de los impulsos nerviosos (Janssen y LeBlanc, 2010; Valkenborghs et al., 2019).

Otra de las variables de interés de este estudio es la calidad de sueño, de la Vega et al. (2015) señalan que una puntuación de 5-7 en el test PSQI sugiere la presencia de un problema de sueño que requiere de una atención médica, para las puntuaciones 8-1 se recomienda atención médica y tratamiento médico. Nuestros resultados en la medida Pre se sitúan cercanos al 8. Esto confirma que los chicos y chicas con diagnóstico TDAH presentan pobre calidad de sueño (Tantillo, Kesick, CHynd y Dishman, 2002). Así mismo, una corta duración del sueño se asocia con un mayor riesgo de desarrollar síntomas TDAH y problemas de conducta en escolares (0-7 años) (Peralta et al., 2018). Tras la intervención de 10 semanas con C-HIIT monitorizado, el grupo C-HIIT presentó un valor por debajo de 3, mientras que el grupo no C-HIIT a pesar de mejorar sus valores, seguía presentando una pobre calidad de sueño (valor > 5). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sánchez et al. (2016), mostrando un importante incremento de calidad de sueño en jóvenes diagnosticados TDAH, tras realizar un programa de AF aeróbica de moderada a vigorosa intensidad (60 minutos/sesión, dos días/semana 12 semanas). Del mismo modo, Raudsepp (2018), analizó las tres noches siguientes a una sesión de 30 min de AF de moderada a vigorosa intensidad a niñas de 13 años de edad (n = 129) concluyendo que el aumento de AF puede ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad de sueño durante la adolescencia temprana en adolescentes no TDAH.

Los estudios longitudinales que analizan la calidad de sueño son escasos, más aún en población escolar TDAH. Por lo que, para comprender estos cambios, nos basamos en estudios realizados en otras poblaciones. Estos resultados podrían ser explicados por los siguientes cambios producidos por la práctica de ejercicio físico. En primer lugar, el factor fisiológico y biológico. Por un lado, Chen et al (2017) comprobaron que, el ejercicio físico agudo aumenta el nivel basal de la hormona cortisol u hormona del estrés y esta secreción de cortisol, mejora el estado de ánimo. Como el factor emocional es

clave y afecta directamente en la relación bidireccional entre la calidad de sueño y nivel de AF (estudiantes universitarios) un incremento de AF puede mejorar la calidad de sueño (Semplonius y Willoughby, 2018).

Por último, la calidad de sueño es afectada por la teoría de la regulación de la temperatura, para poder conciliar el sueño y que este sea reparador, el cuerpo debe de regular su temperatura global (Driver y Taylor, 2000). El sedentarismo puede ser el causante de la baja regulación de la temperatura corporal, dado que el ejercicio físico es el responsable del aumento inicial de la temperatura corporal. Este aumento de temperatura corporal se debe a que el ejercicio físico aumenta el gasto energético y aumenta del flujo sanguíneo periférico de la piel (Driver y Taylor, 2000).

### **Fortalezas y Limitaciones del estudio**

Como un punto fuerte, nuestro estudio proporciona nuevos datos y conocimientos que ayudan a mejorar la enseñanza y la práctica educativa en escolares con dificultades de aprendizaje. El número de participantes y la duración del programa (10 semanas de intervención) son mayores que los de estudios similares. Además, se controlaron la intensidad y la motivación en todo el programa, incluyendo las nuevas tecnologías. Sin embargo, la principal limitación del estudio podría ser que la muestra fuera demasiado pequeña para ser representativa de la población estudiada. El presente estudio no incluyó información diferenciada por subtipos de los jóvenes TDAH participantes. La falta de estudios previos sobre el C-HIIT monitorizado en este grupo poblacional dificulta la comparación de nuestros resultados. Sería interesante analizar el efecto del C-HIIT sobre otras variables cognitivas.

### **Implicaciones para mejorar los síntomas del TDAH en jóvenes**

Nuestros hallazgos sugieren incluir sesiones de C-HIIT monitorizado durante la jornada escolar. Las escuelas y los especialistas en ciencias del deporte deberían motivar la inclusión de este estímulo, por ejemplo, mediante «descansos activos» dentro de las sesiones o en los intercambios de clase. Fomentar el movimiento en el aula con este programa requiere poco material, espacio y tiempo. A cambio, podría suponer beneficios significativos al rendimiento cognitivo de los escolares, además de su calidad de sueño, condición física y salud. Además, se debería instruir a los maestros de enseñan-

za primaria y secundaria no especializados en la aplicación de lecciones activas. Se sugiere incluir al menos un descanso activo a intensidad moderada-vigorosa (10-15 minutos) o C-HIIT (4-5 minutos) al menos una vez al día, o realizar un recreo activo a intensidad moderada (> 30 minutos), incluyendo el movimiento dentro de la misma sesión de Lengua, Matemáticas, idiomas o Ciencias [método PAAC; Donnelly (2009)] o la creación de programas mixtos [PAAL; Martínez-López, et al. (2020)], con el fin de mejorar el rendimiento cognitivo y académico, el comportamiento y la salud de los escolares con y sin diagnóstico de TDAH (Martínez López, Ruiz-Ariza, de la Torre-Cruz, Suarez-Manzano, 2020; Neudecker et al., 2019; Suárez-Manzano, 2018b).

### Conclusión

Se concluye que la aplicación de 10 semanas de C-HIIT monitorizado (2 sesiones/semana, 16 minutos/sesión) en jóvenes con TDAH mejora significativamente su calidad de sueño y la medida de atención, sin embargo, los efectos sobre la concentración y el índice de variación no son concluyentes. No se observaron efectos negativos en ninguna variable de estudio y no se produjo ninguna lesión durante la intervención. Estos resultados sugieren que un programa extendido en el tiempo de C-HIIT monitorizado puede contribuir significativamente a mejorar la calidad del sueño y la atención selectiva de los jóvenes con TDAH.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los participantes que han colaborado en el desarrollo del presente estudio, especialmente a las personas que colaboran con el trabajo de campo y al Departamento de Psicología de la Universidad de Jaén. 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

Proyecto de Investigación I+D del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades [Referencia: RTI2018-095878-B-100]. También se recibió apoyo del Programa de Formación de Profesorado Universitario, implementado por el Ministerio de Educación, Cultura y deporte del Gobierno de España [Referencia: AP-2016-07226].

### Referencias

- American Psychiatric Association, Kupfer, D.J., Regier, D.A., Arango López, C., Ayuso-Mateos, J.L., Vieta Pascual, E., & Bagny Lifante, A. (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
- Canals, J., Morales-Hidalgo, P., Jané, M. C., & Domènech, E. (2018). ADHD prevalence in Spanish preschoolers: comorbidity, socio-demographic factors, and functional consequences. *Journal of attention disorders*, 22(2), 143-153. DOI: 10.1177/1087054716638511
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological psychology*, 54(1-3), 241-257. DOI: 10.1016/S0301-0511(00)00058-2
- Cerrillo-Urbina, A. J., García-Hermoso, A., Martínez-Vizcaino, V., Pardo-Guijarro, M. J., Ruiz-Hermosa, A., & Sánchez-López, M. (2018). Prevalence of probable attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms: result from a Spanish sample of children. *BMC pediatrics*, 18(1), 1-7. DOI: 10.1186/s12887-018-1083-1
- Chen, C., Nakagawa, S., An, Y., Ito, K., Kitaichi, Y., & Kusumi, I. (2017). The exercise-glucocorticoid paradox: How exercise is beneficial to cognition, mood, and the brain while increasing glucocorticoid levels. *Frontiers in neuroendocrinology*, 44, 83-102. DOI: org/10.1016/j.yfrne.2016.12.001
- Cohen, L. H., Cimboric, K., Armeli, S. R., & Hettler, T. R. (1998). Quantitative assessment of thriving. *Journal of Social Issues*, 54(2), 323-335. DOI: 10.1111/j.1540-4560.1998.tb01221.x
- Cunill, R., & Castells, X. (2015). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Medicina Clínica*, 144(8), 370-375. DOI: org/10.1016/j.medcli.2014.02.025
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 21(5), 501-507. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.09.595
- de Gregorio, M. V., Pérez, L. M. R., & Moro, M. I. B. (2019). Análisis de las relaciones entre el Trastorno en el Desarrollo

- llo de la Coordinación (TDC/DCD) y el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en la edad escolar. *Retos*, 36(36), 625-632.
- de la Vega, R., Tomé-Pires, C., Solé, E., Racine, M., Castarlenas, E., Jensen, M. P., & Miró, J. (2015). The Pittsburgh Sleep Quality Index: Validity and factor structure in young people. *Psychological assessment*, 27(4), e22. DOI: org/10.1037/pas0000128
- Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep medicine reviews*, 14(3), 179-189. DOI: 10.1016/j.smr.2009.10.004
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., & Lanctot, 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. DOI: 10.1111/ejn.13603
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., ... & Jacobsen, D. J. (2009). Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive medicine*, 49(4), 336-341. DOI: 10.1016/j.ypmed.2009.07.022
- Driver, H. S., & Taylor, S. R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep medicine reviews*, 4(4), 387-402. DOI: 10.1053/smr.2000.0110
- Esperón, C. S., & Gómez, M. Á. (2014). Tratamiento farmacológico del TDAH basado en la evidencia. *Pediatría Integral*, XVIII, 9, 634-642.
- García, M. G., Tato, L. P., Borbujo, J. S., Corral, L. M., Fabián, A. H., & Martín, L. S. F. (2008, September). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad: un problema actual. *Anales de pediatría*. *Anales de Pediatría*, 69(3), 244-250. DOI: org/10.1157/13125819
- Gold, S. M., Schulz, K. H., Hartmann, S., Mladek, M., Lang, U. E., Hellweg, R., ... & Heesen, C. (2003). Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. *Journal of neuroimmunology*, 138(1), 99-105. DOI: 10.1016/S0165-5728(03)00121-8
- Guillamón, A. R., Canto, E. G., & López, P. J. C. (2019). Relación entre capacidad aeróbica y el nivel de atención en escolares de primaria (Relationship between aerobic capacity and level of attention in primary school children). *Retos*, (35), 36-41.
- Herring, M. P., Monroe, D. C., Kline, C. E., O'Connor, P. J., & MacDonncha, C. (2018). Sleep quality moderates the association between physical activity frequency and feelings of energy and fatigue in adolescents. *European child & adolescent psychiatry*, 27(11), 1425-1432.
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 7(1), 40. DOI: 10.1186/1479-5868-7-40
- Jeyanthi, S., Arumugam, N., & Parasher, R. K. (2019). Effect of physical exercises on attention, motor skill and physical fitness in children with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 11(2), 125-137. DOI: 10.1007/s12402-018-0270-0
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate. *Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiæ Fenniae*, 35(307), 307-315.
- López-Serrano, S., de Loureiro, N. E. M., Suarez-Manzano, S., & de la Torre-Cruz, M. J. (2020). Análisis preliminar de las relaciones entre el nivel de condición física y el apoyo parental percibido para la práctica deportiva en adolescentes con sobrepeso y obesidad. *Retos*, 37(37), 527-531.
- Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2015). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 40(3), 238-244. DOI: org/10.1139/apnm-2014-0309
- Macleán-Blevins, A., & Muilenburg, L. (2013). Using Class Dojo to support student self-regulation. In EdMedia+ Innovate Learning. *Association for the Advancement of Computing in Education*, 1684-1689.
- Martínez-López, E. J., Ruiz-Ariza, A., de La Torre-Cruz, M. J., & Suárez-Manzano, S. (2020). Alternatives of physical activity within school times and effects on cognition. A systematic review and educational practical guide, *Revista de Psicología Educativa*, in press.
- Memmert, D. (2014). Inattentive blindness to unexpected events in 8-15-year-olds. *Cognitive Development*, 32, 103-109. DOI: 10.1016/j.cogdev.2014.09.002
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., de Loureiro, V. A. F. B., & Martínez-López, E. J. (2020). Capacidades físicas y su relación con la memoria, cálculo matemático, razonamiento lingüístico y creatividad en adolescentes. *Retos*, 37(37), 473-479
- Neudecker, C., Mewes, N., Reimers, A. K., & Woll, A. (2019). Exercise interventions in children and adolescents with ADHD: a systematic review. *Journal of attention disorders*, 23(4), 307-324. doi: 10.1177/1087054715584053
- Nomi, J. S., Schettini, E., Voorhies, W., Bolt, T. S., Heller, A. S., & Uddin, L. Q. (2018). Resting-state brain signal variability in prefrontal cortex is associated with ADHD symptom severity in children. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 90.

DOI: 10.3389/fnhum.2018.00090

- Padilha, S. C., Virtuoso, S., Tonin, F. S., Borba, H. H., & Pontarolo, R. (2018). Efficacy and safety of drugs for attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: a network meta-analysis. *European child & adolescent psychiatry*, 27(10), 1335-1345. DOI: org/10.1007/s00787-018-1125-0
- Pan, C.Y., Tsai, C. L., Chu, C. H., Sung, M. C., Huang, C.Y., & Ma, W.Y. (2019). Effects of physical exercise intervention on motor skills and executive functions in children with ADHD: A pilot study. *Journal of attention disorders*, 23(4), 384-397. DOI: 10.1177/1087054715569282
- Peralta, G. P., Forns, J., de la Hera, M. G., González, L., Guxens, M., López-Vicente, M., ... & Garcia-Aymerich, J. (2018). Sleeping, TV, Cognitively Stimulating Activities, Physical Activity, and Attention-Deficit Hyperactivity Disorder Symptom Incidence in Children: A Prospective Study. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 39(3), 192-199. DOI: 10.1097/DBP.0000000000000539
- Petilli M.A, Trisolini D.C., & Daini R (2018) Sustained-Paced Finger Tapping: A novel Approach to Measure Internal Sustained Attention. *Frontiers in Psychology*, 9, 881. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00881
- Piepmeyer, A. T., Shih, C. H., Whedon, M., Williams, L. M., Davis, M. E., Henning, D.A., ... & Etnier, J. L. (2015). The effect of acute exercise on cognitive performance in children with and without ADHD. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 97-104. DOI: org/10.1016/j.jshs.2014.11.004
- Pulido, R., & Ramírez Ortega, M. (2020). Actividad física, cognición y rendimiento escolar: una breve revisión desde las neurociencias (Physical Activity, cognition, and academic performance: a brief review from the neurosciences). *Retos*, 38(38), 868-878.
- Quevedo-Blasco.V.J., & Quevedo-Blasco. R. (2011). Influencia del grado de somnolencia. Cantidad y calidad de sueño sobre el rendimiento académico en adolescentes. *International journal of clinical and health psychology*, 11(1), 49-65.
- Raudsepp, L. (2018). One year longitudinal study found a bidirectional relationship between physical activity and sleep disturbance in teenage Estonian girls. *Acta Paediatrica*, 107(8), 1433-1438. DOI: 10.1111/apa.14279
- Remington, A., Cartwright-Finch, U., & Lavie, N. (2014). I can see clearly now: The effects of age and perceptual load on inattention blindness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1), 229. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00229
- Sánchez, G. L., Sánchez, L. L., & Suárez, A. D. (2016). Efectos de un programa de actividad física en la calidad del sueño de escolares con TDAH. *SPORTTK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(1), 19-25. DOI: org/10.6018/249071
- 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. DOI: org/10.1016/S2215-0366(17)30167-0
- Seisdedos, N. (2012). *Adaptación española D2, test de atención de Brickenkamp* (4ª Edición revisada). Madrid: TEA Ediciones.
- Semplonius, T., & Willoughby, T. (2018). Long-term links between physical activity and sleep quality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(12), 2418-2424. 10.1249/MSS.0000000000001706
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Haidar, E.A., Stringer, T., ... & Ninan, I. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body  $\alpha$ -hydroxybutyrate. *Elife*, 2, 5. DOI: 10.7554/eLife.15092.001
- Spencer, T. J., Biederman, J., & Mick, E. (2007). Attention-deficit/hyperactivity disorder: diagnosis, lifespan, comorbidities, and neurobiology. *Journal of pediatric psychology*, 32(6), 631-642. DOI: 10.1093/jpepsy/jsm005
- Spruyt, K. (2018). A review of developmental consequences of poor sleep in childhood. *Sleep medicine*. DOI: 10.1016/j.sleep.2018.11.021
- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M. J., & Martínez-López, E. J. (2018a). Effect of monitored cooperative HIIT on attention, concentration, memory, linguistic reasoning and mathematical calculation in ADHD youth. *International Journal of Sport Psychology*, 49(6), 531-551. DOI: 10.7352/IJSP.2018.49.531
- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M., & Martínez-López, E. J. (2018b). 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. DOI: org/10.1016/j.ridd.2018.03.015
- Tantillo, M., Kesick, C. M., Hynd, G. W., & Dishman, R. K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2), 203-212. DOI: 10.1097/00005768-200202000-00004
- Thomas, S., Lycett, K., Papadopoulos, N., Sciberras, E., & Rinehart, N. (2018). Exploring behavioral sleep problems in children with ADHD and comorbid autism spectrum disorder. *Journal of attention disorders*, 22(10), 947-958. DOI: 10.1177/1087054715613439
- Valkenborghs, S. R., Noetel, M., Hillman, C. H., Nilsson, M., Smith, J. J., Ortega, F. B., & Lubans, D. R. (2019). The impact of physical activity on brain structure and function in youth: A systematic review. *Pediatrics*, 144(4), e20184032. DOI: 10.1542/peds.2018-4032