

C-HIIT para mejorar la concentración y calidad de sueño de escolares con dificultades de aprendizaje: Estudios piloto

Sara Suárez-Manzano, Alberto Ruiz-Ariza, Sebastián López-Serrano, y
Emilio J. Martínez-López
Universidad de Jaén (España)

Uno de los trastornos neurocognitivos más diagnosticado en España (5%) y reconocido por la LOMCE como Alumnado Con Necesidad Específica de Apoyo Educativo es el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Escolares con problemas para concentrarse y en muchos casos con problemas de sueño e inquietud, que interfieren en su desarrollo social y escolar. Este trabajo engloba dos proyectos piloto con diseño longitudinal experimental randomizado. Con el objetivo de conocer el efecto inmediato de 16min de "cooperative high-intensity interval training" (C-HIIT) sobre la concentración y evaluar el efecto de 10 semanas de C-HIIT en la calidad de sueño. En el proyecto 1 ($n=20$) el Grupo Control visualizó un documental y el Grupo Experimental realizó Ejercicio Físico (4 minutos calentamiento + 16 minutos C-HIIT). En el proyecto 2 ($n=20$) solo el Grupo Experimental asistió a las 10 semanas de actividad extraescolar C-HIIT (2 sesiones/semana, 30 minutos/sesión). Las herramientas empleadas fueron test d2 (concentración), test Pittsburg y pulseras Fitbit HR (calidad de sueño) y sistema Seego ® (intensidad de ejercicio). El análisis de medidas repetidas ANOVA 2 tiempos (pre-test vs. post-test) \times 2 grupos (grupo control vs. grupo experimental) y test para medidas no para métricas, Willcoxon y U Mann-Whitney mostró que la realización del método C-HIIT tiene un efecto inmediato de mejora de la concentración [$F(1,18)=20.50$; $p=.001$; $\eta^2=.532$; $1-\beta >.999$] y mejora a largo plazo la calidad de sueño [$F(1,18)=69.932$; $\eta^2=.795$; $1-\beta >.975$; $p<.001$] en escolares con dificultades de aprendizaje.

Palabras clave: Actividad física, ejercicio físico; inhibición; colegio; hiperactividad

C-HIIT to improve the concentration and quality of sleep of schoolchildren with learning difficulties: Pilot studies. One of the most diagnosed neurocognitive disorders in Spain (5%) and recognized by the LOMCE as Students with Specific Need for Educational Support is Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Schoolchildren with problems to concentrate and in many cases with sleep and restlessness problems, which interfere in their social and school development. This work includes two pilot projects with randomized experimental longitudinal design. With the objective of know the immediate effect of 16min of "cooperative high-intensity interval training" (C-HIIT) on concentration and evaluate the effect of 10 weeks of C-HIIT on sleep quality. In Project 1 ($n=20$) the Control Group visualized a documentary and the Experimental Group did Physical Exercise (4 minutes warm-up + 16 minutes C-HIIT). In Project 2 ($n=20$) only the Experimental Group attended the 10 weeks of extra-curricular activity C-HIIT (2 sessions / week, 30 minutes / session). The tools used were test d2 (concentration), Pittsburg test and Fitbit HR (sleep quality) and Seego ® system (exercise intensity) bracelets. The analysis of repeated measures ANOVA 2 times (pre-test vs. post-test) \times 2 groups (control group vs. experimental group) and test for non-metric measurements, Willcoxon and U Mann-Whitney showed that the performance of the C-HIIT method has an immediate effect of improving the concentration [$F(1,18)=20.50$; $p=.001$; partial; $\eta^2=.532$; $1-\beta >.999$] and improves long-term sleep quality [$F(1,18)=69.932$; $\eta^2=.795$; $1-\beta >.975$; $p<.001$] in schoolchildren with learning difficulties.

Key words: Physical activity; physical exercise; inhibition; school; hyperactivity

Según los Artículos 71-79 bis de la LOE modificados por la LOMCE (apartados 57, 58 y 59), el término Alumnado Con Necesidad Específica de Apoyo Educativo (ACNEAE) engloba a todos los escolares con, necesidades educativas especiales, dificultades específicas de aprendizaje, trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), altas capacidades intelectuales, incorporación tardía al sistema educativo y quienes condiciones personales o de historia escolar.

En concreto, los escolares diagnosticados TDAH representan aproximadamente el 5% de la población infanto-juvenil, habiendo una variación entre el 2% y el 7%, diferencias que se deben al país y método de diagnóstico empleado (Sayal, Prasad, Daley, Ford, y Coghill, 2018). Siendo mayor la prevalencia en niños que en niñas, por cada niña diagnosticada son diagnosticados tres niños (Wittchen et al., 2011). Este trastorno está caracterizado por presentar un patrón de inatención y/o hiperactividad-impulsividad, siendo esta dificultad para concentrarse una de las causantes de un inadecuado funcionamiento o desarrollo de las capacidades sociales y académicas (American Psychiatric Association, 2013).

Por un lado, durante la última década, diversos estudios han optado por estudiar el efecto de la Actividad Física sobre la cognición y el comportamiento, destacando la variable Concentración (Donnelly et al., 2016) en especial en jóvenes con dificultades de aprendizaje como TDAH (Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, de la Torre-Cruz, y Martínez-López, 2018). La Real Academia Española (RAE) define la Concentración como la acción y efecto de centrar intensamente la atención en algo. Un reciente estudio de Schmidt, Jäger, Egger, Roebbers, y Conzelmann (2015) muestra que los juegos en equipo mejoran las funciones ejecutivas, por encima de las mejoras que pueda aportar un ejercicio meramente aeróbico.

Por otro lado, los niños y niñas diagnosticados TDAH presentan problemas de sueño (Thomas, Lycett, Papadopoulos, Sciberras, y Rinehart, 2018). Spruyt (2018), expone que los jóvenes que tienen una mala calidad de sueño, sufren de somnolencia, problemas comportamentales y bajo rendimiento cognitivo. Resultados que confirman Papadopoulos et al. (2018) al comprobar una asociación positiva entre presencia de problemas de sueño en jóvenes TDAH y sus bajos niveles de práctica de Actividad Física y nivel de desarrollo de sus habilidades motrices. Este caso se repite nuevamente en niños y niñas que no presentan dificultades de aprendizaje, ya que una mayor práctica de Actividad Física se asocia con un mayor nivel de energía y menor estado de fatiga (Herring, Monroe, Kline, O'connor, y MacDonncha, 2018).

Pero somos conscientes de la escasez de tiempo del que se dispone en el día a día los escolares. Por este motivo proponemos el método de Actividad Física Cooperativa de alta intensidad con cortos intervalos de trabajo-descanso, conocido como HIIT cooperativo o C-HIIT (Ruiz-Ariza, Suárez-Manzano, López-Serrano, y Martínez-López, 2019). Esta corriente se basa en los beneficios que aporta la realización de

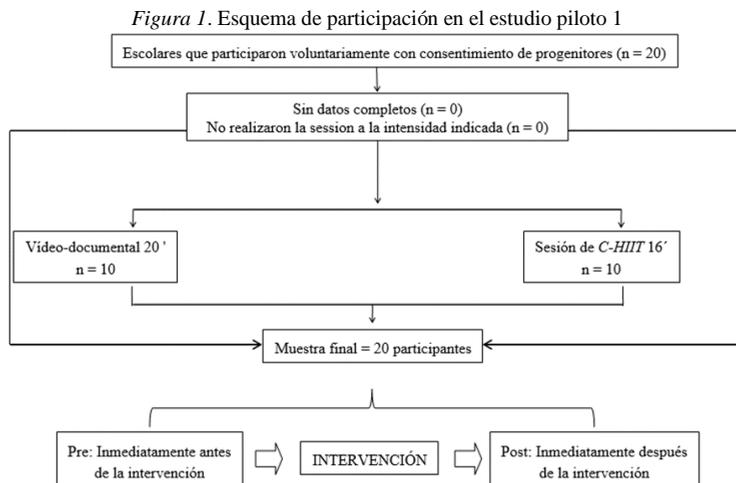
Actividad Física aeróbica a intensidad de moderada a vigorosa (15 minutos de Exergaming) sobre las funciones ejecutivas (Benzing, Chang, y Schmidt, 2018) y la disminución del estrés y ansiedad (Wolraich et al., 2005).

En este trabajo tuvimos por lo tanto un doble objetivo. Uno por cada proyecto piloto que se desarrolló. El primer objetivo fue conocer el efecto inmediato de 16 minutos de C-HIIT, sobre la concentración de escolares con dificultades de aprendizaje. El segundo objetivo fue conocer el efecto a largo plazo de un programa de Actividad Física que incluye C-HIIT (10 semanas x 2 días/semana x 30 minutos/sesión, de los cuales 16 minutos fueron de C-HIIT) sobre la calidad de sueño en niños y niñas diagnosticados TDAH.

METODOLOGÍA

Diseño estudio piloto 1

El estudio piloto 1 empleó un diseño experimental con intervención. Hubo dos grupos a los que los participantes fueron asignados de forma aleatoria. El Grupo Control ($n= 10$) visualizó un video documental de 20 minutos de duración, y el Grupo Experimental ($n= 10$) hizo un calentamiento de cuatro minutos, seguido de 16 minutos de C-HIIT. Las evaluaciones se hicieron de forma grupal, inmediatamente antes y después de la intervención. 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), con las normas de protección de datos privados (Ley Orgánica 15/1999) y con los principios de la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013). La distribución de la intervención se puede ver en la figura 1.



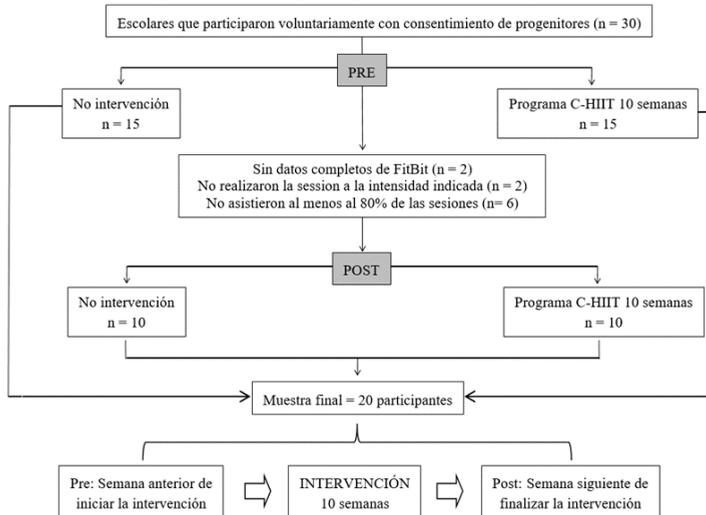
Participantes estudio piloto 1

Una muestra de 20 escolares pertenecientes a diferentes asociaciones del sur de España, diagnosticados TDAH por especialistas acreditados siguiendo las directrices de DSM-5. Las características antropométricas y sociodemográficas de los participantes se muestran en la tabla 1. Todos los niños que participaron en el estudio completaron todas las mediciones ($n= 20$), con una edad media de 10.15 ± 1.18 años (rango 9-12 años). Con una talla y un peso medio de $1.36 \pm .07m$ $34.81 \pm 5.54kg$ respectivamente. Esto se traduce en un Índice de Masa Corporal de 18.68 ± 6.62 kg/m².

Diseño estudio piloto 2

El estudio piloto 2 empleó un diseño experimental con intervención. Hubo dos grupos a los que los 30 participantes fueron asignados de forma aleatoria. Grupo Control ($n= 15$) que siguió con su rutina extraescolar normal, y el Grupo Experimental ($n= 15$) que participó en el programa de intervención como actividad extraescolar. La intervención tuvo una duración total de 10 semanas. Realizaron dos sesiones por semana, cada sesión tuvo una duración de 30 minutos (10 minutos calentamiento + 16 minutos C-HIIT + 4 minutos vuelta a la calma). Las evaluaciones se hicieron individualmente, una semana antes (pre) y una semana después (post) de la intervención. Este estudio piloto, igual que el anterior, fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Jaén. Y cumplió toda normativa necesaria (Ley 14/2007; Ley Orgánica 15/1999; Asociación Médica Mundial, 2013). La distribución de la intervención se puede ver en la figura 2.

Figura 2. Flow de participación en el estudio piloto 2



Participantes estudio piloto 2

Finalizaron el estudio 20 escolares, 10 en el Grupo Control (cuatro chicas) y 10 en el Grupo Experimental (seis chicas), todos censados en SENECA con diagnóstico TDAH y escolarizados en 6º curso de Educación Primaria Obligatoria. Las características antropométricas y sociodemográficas de los participantes del proyecto se muestran en la tabla 1. Todos los participantes que finalizaron el proyecto 2 ($n= 20$) tenían una edad media de $10.85 \pm .93$ años (rango 10-12 años).

Medidas

Tabla 1. Características descriptivas de los participantes del Proyecto piloto 2. Los valores se expresan como media \pm desviación estándar

	Total ($n= 20$)		Control ($n= 10$)		C-HIIT ($n= 10$)	
Edad (años)	10.85	$\pm .93$	10.7	$\pm .95$	11	$\pm .94$
Peso (kg)	35.6	± 6.74	36.9	± 5.86	34.3	± 7.6
Talla (m)	1.43	$\pm .09$	1.43	$\pm .08$	1.42	$\pm .09$
IMC (kg/ m ²)	17.55	± 3.37	18.1	± 2.28	17	± 2.45

Nota: C-HIIT= Cooperative High Intensity Interval Training; IMC= Índice de Masa Corporal

Medidas antropométricas. En ambos proyectos, el Índice de Masa Corporal se calculó con el peso y la altura [peso (kg)/altura (m²)]. Se utilizó un aparato de pesaje ASIMED® B-tipo-clase III (España) y un medidor de altura portátil SECA 214 (SECA® Ltd, Alemania), respectivamente. A los participantes se les realizaron las mediciones descalzos y vestidos con ropa deportiva ligera.

Concentración. En el proyecto 1, para evaluar la concentración se utilizó Brickenkamp's d2 test en versión española (Seisdedos, 2012). Este test se llevó a cabo utilizando una plantilla que consta de 14 líneas de 47 letras cada una y un total de 658 letras separadas todas a una misma distancia. Las letras que aparecen, "p" y "d", marcadas con una o dos comillas en la parte superior y/o inferior. Cada participante tuvo que señalar aquellas grafías que correspondían con una "d" que tuvieran dos comillas arriba, dos comillas abajo, o una comilla arriba y otra abajo. La duración total del test es de cuatro minutos y 20 segundos. Las variables obtenidas fueron Total de Aciertos y el nivel de Concentración total de aciertos al que se le resta el total de errores cometidos por omisión o comisión de errores. La fiabilidad test-retest (48h, $n= 21$) fue .922.

Calidad de sueño. En el proyecto 2, la calidad de sueño fue medida de forma subjetiva mediante el test Pittsburg (PSIQ). El test fue cumplimentado por los padres de los participantes. Éste consta de 19 ámbitos para medir la calidad de sueño, distribuidos en siete ítems; calidad, latencia, duración, eficiencia habitual, perturbaciones, la utilización de medicamentos para dormir y disfunción de sueño durante el día, dando un juicio de valor de 0-3. Para obtener la calidad de sueño se atiende a la suma de la

puntuación total de los 7 ítems, siendo 21 el valor máximo para una mala calidad de sueño y 0 para una buena calidad de sueño (Quevedo-Blasco y Quevedo-Blasco, 2011). La calidad de sueño fue evaluada de forma objetiva con el empleo de pulseras Fitbit HR® durante 5 días y 5 noches antes y después de la intervención del programa de 10 semanas.

Condición C-HIIT. La condición de entrenamiento realizada por el Grupo Experimental en ambos estudios fue principalmente a través del método C-HIIT. En el proyecto piloto 1, la sesión se realizó durante la mañana de sábado. Sesión compuesta por un breve calentamiento de 4 minutos, incluyendo desplazamientos, ejercicios de trote/carrera y estiramientos dinámicos a intensidad media. La parte principal de la sesión fue de 16 minutos de duración de C-HIIT. En el proyecto piloto 2, la cada sesión comenzó con 10 minutos de calentamiento, 16 minutos de C-HIIT y se finalizaba con 4 minutos de vuelta a la calma. En ambos casos, se realizaban cuatro series de cada ejercicio. La relación trabajo-descanso fue de 30:30 segundos, es decir, 30 segundos de trabajo seguidos de 30 segundos de descanso (Costigan et al., 2016). En el caso del proyecto 2, los tiempos se fueron adaptando a la evolución de los participantes, incorporando ejercicios más complejos que requerían más explicación y modificación de tiempos.

En ambos casos, el trabajo de C-HIIT incluyó una combinación de ejercicios que trabajaban de forma integral todos los componentes de la condición física, prestando especial atención a aquellos que, se asocian con más frecuencia con la mejora de las funciones ejecutivas en niños diagnosticados TDAH (Suarez-Manzano et al., 2018). Las sesiones de C-HIIT fueron impartidas por especialistas en ciencias de la Actividad Física y el deporte con al menos 1 año de experiencia profesional en el ámbito científico-educativo. Durante las sesiones, los participantes llevaban colocados monitores de frecuencia cardíaca Seego Realtracksystems® (España) para que la intensidad del trabajo no bajara del 80% de la frecuencia cardíaca máxima teórica.

Los ejercicios en la primera sesión (común en ambos proyectos) estuvo compuesta de Burpee, sentadilla-salto-flexión, skipping carrera en el lugar, elevando las rodillas, Jumping Jacks coordinar un salto en el que se alterna apertura de piernas sobrepasando ancho de caderas y brazos sobrepasando altura de la cabeza y Sprint señalando en el suelo 2 líneas de 20 metros, separadas entre sí cinco metros, los participantes tendrían que completar el máximo número posible de carrera de una línea a la otra, tocando la cinta del suelo.

Condición no C-HIIT. En el proyecto 1, la condición del Grupo Control consistió en ver 20 minutos del documental Atlantis Rising (National Geographic, 2017). Se escogió este programa por su contenido apropiado para la edad, evitando escenas indebidas y evitar el aburrimiento. En el proyecto 2, simplemente no se les ofreció esta

actividad extraescolar y se controló que no modificasen sus actividades de carácter físico-deportivo.

Procedimiento

Los participantes fueron captados por medio de las Asociaciones de TDAH de la Comunidad de Andalucía y diferentes centros educativos que dentro de su currículum permitieron incluir la actividad extraescolar que propusimos con este proyecto. Una vez teniendo el consentimiento de los centros colaboradores concretamos la correspondiente reunión con los padres/madres/tutores legales de los posibles jóvenes participantes. Se realizó la reunión informativa por cada uno de los proyectos presentados. En estas reuniones se explicó el proyecto correspondiente y los responsables legales de los niños/as que estaban interesados en participar, cumplieron un informe en el que autorizaban la participación de los mismos. Se dividieron al azar los participantes en dos grupos, Grupo Control y Grupo Experimental.

En el proyecto 1, los participantes fueron citados dos días diferentes (dos sábados consecutivos, a las 9h). El Grupo control, el primer sábado, visualizó durante 20 minutos el video documental *Atlantis Rising* (National Geographic, 2017). El Grupo Experimental, el segundo sábado, realizó la sesión C-HIIT. En el proyecto 2, los participantes acudieron a las sesiones semanales programadas en las instalaciones que cedieron los centros educativos colaboradores durante 10 semanas.

A las sesiones de medición e intervención todos participantes vestían ropa y calzado deportivo. Las indicaciones previas al inicio de cada sesión de medición fueron: no comer una hora antes, no hacer actividad física 24 horas antes y no modificar la medicación que siguen con normalidad. Cuando los padres/madres firmaron el consentimiento y cumplieron una hoja sociodemográfica. En el proyecto 2, además cumplieron el test sobre el sueño de sus hijos/as mientras sus hijos/as. Todas las pruebas fueron hechas con 'bolígrafo y papel' y administradas por los investigadores. Durante las pruebas, un investigador especializado dio las instrucciones, controlando las pautas de tiempo y posibles dudas.

En el proyecto 2, una semana antes de la intervención y pasada la última semana de intervención se monitorizó la actividad diaria y nocturna de los participantes con las pulseras inteligentes, durante al menos 5 días y 5 noches. En la sesión del proyecto 1 y en la mayoría de las sesiones del proyecto 2, el esfuerzo fue bien controlado con los monitores y proyectado con un cañón en la pared del pabellón deportivo. Todos los participantes toleraron la intensidad de las sesiones. Una vez finalizados los proyectos, los padres fueron citados su sesión informativa correspondiente, en la que se presentaron los resultados y se les entregó un informe individualizado con los datos referentes a su hijo/a. Se explicó el significado de cada variable y los valores atendiendo a los baremos.

Análisis estadístico

Los datos del test d2 se muestran como medias y desviaciones estándar de los percentiles. Los datos del proyecto 2 se reflejan en medias y desviaciones estándar de calidad de sueño (considerando que 1 es la peor calidad de sueño y 21 la mejor calidad de sueño), tiempo de sueño (minutos), y veces que se despertó o estuvo inquieto el participante durante la noche. Antes del análisis se realizaron pruebas de distribución y homogeneidad (Kolmogorov-Smirnov y Levene), se comprobó que se cumplen la normalidad y la homogeneidad. A continuación, se realizó el test t-Student para muestras apareadas, considerando un intervalo de confianza al 95%, para valorar los cambios pre-post de la correspondiente intervención C-HIIT en las variables dependientes percentil del número Total de Aciertos y nivel de Concentración. El análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) 2 veces (pre-test vs. post-test) \times 2 grupos (Control vs. Experimental) se usaron para analizar el efecto de la intervención C-HIIT. Se usaron como variables dependientes los percentiles correspondientes a los resultados de Total de Aciertos, nivel de Concentración, calidad de sueño, minutos de sueño, veces despierto y veces inquieto. El grupo se usó como factor fijo. El análisis post-hoc fue ajustado por Bonferroni. El tamaño del efecto se calculó e informó como un valor η^2 parcial para las evaluaciones de ANOVA. Estos análisis se llevaron a cabo por separado para cada variable dependiente. Llevamos a cabo todos los análisis mediante el uso de IBM-SPSS versión 23.0 para Windows, y el nivel de significación se estableció en $p < .05$.

RESULTADOS

Análisis *t-Student* nos muestra las diferencias inter grupos pre-post. Podemos observar que en el proyecto 1, en el Grupo Control no hubo cambios significativos ni en Total de Aciertos, ni en nivel de Concentración ($p > .05$), sin embargo, en el Grupo Experimental hubo cambios altamente significativos en ambas variables aumentando en número Total de Aciertos y estado de Concentración ($p < .001$).

Tabla 2. Cambios en las variables principales después del proyecto piloto 1. Los valores se expresan como media de los percentiles \pm desviación estándar

		Control(n= 10)						HIIT(n= 10)					
		Pre			Post			Pre			Post		
D2	Percentil	32	\pm	2.6	35	\pm	2.89	33.5	\pm	3.42	55	\pm	5.11***
	Total Aciertos												
D2	Percentil	34.50	\pm	1.89	38	\pm	2.81	34	\pm	3.15	59.5	\pm	5.03***
	Concentración												

Nota: HIIT= High Intensity Interval Training; * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, T-Student para muestras relacionadas.

El análisis de ANOVA mostró un efecto de interacción grupo x tiempo en la variable Concentración del test d2 [F(1.18)=20.50; $p=.001$; parcial $\eta^2=.532$; $1-\beta>.999$]. Un análisis más específico, mostró en el Grupo Experimental incrementó significativamente el nivel de Concentración, aumentando además el número Total de Aciertos del test [F(1.18)=26.88, $p=.001$, parcial $\eta^2=.719$; $1-\beta>.999$].

Siguiendo el mismo análisis estadístico con las variables calidad de sueño medida con el test Pittsburgh y número de veces que se despertó durante la noche. Observamos que en el Grupo Experimental mejoró la calidad de sueño ($p<.001$) y en el Grupo Control empeoró levemente la calidad de sueño ($p=.015$) [F(1.18)=69.932; $\eta^2=.795$; $1-\beta>.975$; $p<.001$]. De hecho, el Grupo Control ($p=.014$) se despertó de media más veces durante la semana post intervención que el Grupo Experimental ($p<.015$), [F(1.18)= 39.382; $\eta^2=.489$; $1-\beta>.999$; $p=.001$].

Tabla 3. Cambios en las variables principales después de las 10 semanas de intervención. Los valores se expresan como media \pm desviación estándar

	Control (n= 10)				HIIT (n= 10)			
	Pre		Post		Pre		Post	
Calidad sueño SPIQ	7.5	$\pm .97$	8.5	$\pm .7$	7.4	± 1.17	3.5	$\pm 1.08^{***}$
Tiempo en la cama (min)	531.9	± 47.8	520.3	± 54.22	508.3	± 33.28	520.6	± 30.02
Tiempo dormido (min)	319.8	± 61.63	300.3	± 62.73	280.1	± 34.58	311.8	$\pm 24.51^{**}$
Veces despierto	1.1	± 1.1	2.8	$\pm 1.99^{**}$	1.7	± 1.25	.7	$\pm .68^{**}$
Veces inquieto	11.4	± 1.71	14.4	$\pm 4.06^*$	17.2	± 3.26	13.4	$\pm 4.29^{**}$

Nota: HIIT= High Intensity Interval Training; * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

Respecto a las variables no paramétricas. Primeramente, comparamos los datos obtenidos por las pulseras de actividad pre-post, mediante el test Willcoxon. Observamos que el Grupo Control estuvo significativamente más veces inquieto ($p=.015$). Sin embargo, el Grupo Experimental disminuyó el número de veces que estuvo inquieto durante la noche ($p=.005$) y durmió durante más minutos ($p=.004$). A continuación, utilizamos el test U Mann-Whitney para ver las diferencias entre Grupo Control y Grupo Experimental. Hemos comprobado que el Grupo Experimental tenía una mayor dificultad a permanecer dormido ($p=.63$) y tranquilo ($p<.001$) durante las noches previas a la intervención y tras el programa *C-HIIT* sus resultados mejoraron frente al Grupo Control, aunque no significativamente.

DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue doble. El primer objetivo fue conocer el efecto inmediato de 16 minutos de C-HIIT, sobre la Concentración de escolares con dificultades de aprendizaje. El segundo objetivo fue conocer el efecto a largo plazo (10 semanas x 2 días/semana x 30 minutos/sesión, de los cuales 16 minutos fueron de C-HIIT) del programa de Actividad Física, sobre la calidad de sueño en niños diagnosticados TDAH. Los resultados del estudio piloto 1 han mostrado mejoras inmediatas en la Concentración, aumentando el número Total de Aciertos. Los obtenidos por el estudio piloto 2, muestra que, tras 10 semanas de intervención, los jóvenes diagnosticados TDAH mejoran su calidad de sueño, aumentando la cantidad de minutos dormidos y disminuyendo el número de veces que se despiertan o están inquietos. No se observaron efectos negativos en ninguna variable y tampoco se produjeron lesiones durante ninguno de los proyectos piloto.

Estos resultados son similares a los hallados por Benzing et al. (2018), en un estudio con 51 escolares de entre 8-12 años, diagnosticados TDAH mediante International Classification of Disease (ICD-10). Tras una intervención de 15 minutos de exergames mediante el empleo de XBOX Kinect (Microsoft, Redmond, WA), utilizando la opción Beatmaster Training Quest, del juego Shape Up, a intensidad moderada-vigorosa 55-90% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, medida con Polar Team 2 Pro system (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). El Grupo Experimental obtuvo mejoras inmediatas en las funciones ejecutivas E-Prime Software (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA), frente al Grupo Control, que visualizó durante esos 15 minutos un vídeo documental sobre carrera de montaña. Estos resultados coinciden con los mostrados por Suarez-Manzano et al. (2018) en una reciente revisión sistemática, en la que afirman que el Ejercicio Físico controlando correctamente, mejora las variables cognitivas en niños/as y adolescentes. Así mismo, Herring et al. (2018) y Papadopoulos et al. (2018) determinaron que los jóvenes que practican más Actividad Física tenían menos problemas de sueño y fatiga, manifestando mayor energía en la actividad diaria. Por consiguiente, los principales hallazgos son, atendiendo al primer estudio, la realización de 16 minutos de C-HIIT tiene un efecto inmediato de mejora de la Concentración. Referenciando al segundo estudio, la realización del programa C-HIIT durante al menos 10 semanas (2 días/semana), mejora la calidad de sueño de los jóvenes con dificultades de aprendizaje.

En base a estos resultados, nos preguntamos si la Concentración también mejoró en el segundo estudio piloto o si, por el contrario, las mejoras de Concentración solo se mantienen durante poco tiempo después de la intervención (efecto agudo) como ocurrió en el estudio de Benzing et al. (2018). También nos preguntamos si la mejora en el sueño de los escolares solo se mantuvo durante las siguientes semanas tras finalizar la

intervención. ¿Cuál sería la frecuencia idónea de las sesiones tipo C-HIIT? ¿a qué se deben estas mejoras en la Concentración y calidad de sueño? ¿se podrían incorporar los exergames para motivar a la práctica y evitar el abandono del programa de intervención? En la actualidad estamos mejorando los protocolos empleados en estos estudios piloto. Sabemos que los niveles de dopamina en niños/as con dificultades de aprendizaje son más bajos en comparación con población sin este trastorno y algunos científicos señalan este desnivel como el causante de los bajos niveles de Concentración (Wolraich et al., 2005). Al mismo tiempo, la poca práctica de Actividad Física se asocia con problemas de sueño (Papadopoulos et al., 2018). Sin embargo, la práctica de Actividad Física aumenta los niveles de dopamina logrando una mejor junción cognitiva (Gapin, Labban, y Etnier, 2011). También nos costa que hay una fuerte causa-efecto entre el aumento de la práctica de Actividad Física y la disminución de sueño de mala calidad en adolescentes (Herring et al., 2018). Por lo que estas serían las principales justificaciones a los resultados obtenidos en estas investigaciones.

Fortalezas y limitaciones del estudio

Ambos proyectos piloto han empleado diseño experimental aleatorizado, creando dos grupos independientes (Grupo Control vs Grupo Experimental), por lo tanto, los resultados son comparables entre grupos. Las dificultades encontradas durante los protocolos nos ayudarán a mejorar el protocolo final para el proyecto final. No se modificó la medicación ni hábitos alimenticios de los participantes. El programa C-HIIT es un método de entrenamiento que requiere poco tiempo y recursos materiales, por lo que es fácil de implementar sin suponer elevados costes económicos. Además, el carácter cooperativo implica un aspecto lúdico que ayuda a la adherencia al programa y fomenta las habilidades sociales. La utilización de monitores experimentados para controlar la intensidad mediante la frecuencia cardíaca ayudó a controlar el mantenimiento de la intensidad. Sin embargo, somos conscientes de las limitaciones en las que debemos de trabajar. Por un lado, en ninguno de los dos estudios pudimos hacer retest, a las horas o semanas, de la primera o segunda intervención, respectivamente. Por otro lado, no hemos encontrado estudios que analicen el efecto del ejercicio físico a intensidad vigorosa sobre las variables analizadas en población juvenil diagnosticada TDAH y en este estudio contamos con una escasa muestra, por lo que no pudimos controlar variables como el nivel de sobrepeso/obesidad, sexo o raza. Esto ha dificultado la realización de comparaciones directas de nuestros resultados. Además, en el estudio piloto 1, las evaluaciones pre-post se hicieron en grupo y solo tuvimos participación de niñas.

CONCLUSIONES

Futuras líneas de investigación

Podemos concluir que la realización de 16 minutos de C-HIIT tiene un efecto de mejora de la Concentración, aumentando además en el número Total de Aciertos en la tarea realizada inmediatamente después de la intervención. Además, los datos del segundo proyecto nos muestran una mejora en la calidad de sueño tras 10 semanas de intervención con sesiones de 30 minutos de los cuales 16 minutos son dedicados a una tarea de carácter C-HIIT. Esto nos orienta a la aceptación de la hipótesis de nuestros problemas iniciales. Por un lado, afirmamos que la promoción de la práctica de Ejercicio Físico al menos a intensidad Moderada-Vigorosa (> 80% de la frecuencia cardiaca máxima teórica), con una duración de al menos 16 minutos mejora la concentración de niños con problemas de aprendizaje (TDAH). Por otro lado, si esta misma intervención se alarga al menos 10 semanas (2 sesiones/semana x 30 minutos/sesión), la calidad de sueño mejora significativamente en niños/as. Ambas mejoras producidas por la inclusión de C-HIIT en la rutina semanal de los escolares podría ayudar a mejorar su rendimiento cognitivo y académico, ya que esta intervención aumenta la Concentración en las tareas que requieran mayor atención y tendrían más energía al tener un mejor descanso nocturno. Por este motivo, creemos que sería interesante modificar el horario escolar. Por un lado, situar las materias escolares que requieran altos niveles de concentración, después de la clase de Educación Física, e introducir descansos activos en la jornada escolar. Así como proponer desde los centros escolares actividades extraescolares de carácter C-HIIT. Sin embargo, creemos que más estudios son necesarios para analizar la duración exacta del efecto inmediato de este tipo de sesiones, así como determinar durante cuánto tiempo la calidad de sueño sigue mejorando. A día de hoy queda mucho por estudiar en esta línea de investigación, en especial en la población escolar con dificultades de aprendizaje.

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a los niños/as que han participado en el estudio, y especialmente a los padres/madres que han posibilitado su asistencia a las sesiones de evaluación e intervención, a pesar de la distancia entre las asociaciones y en centro de investigación o la duración del estudio. A las Asociaciones y centros educativos de la comunidad de Andalucía por su colaboración activa, incluso cediendo instalaciones y materiales. A la Universidad de Jaén y al Programa de Formación de Profesorado Universitario, implementado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España (grant number AP-2016-07226) por apoyar y financiar estos proyectos.

Conflicto de intereses

Declaramos que no existen posibles conflictos de interés con respecto a la investigación, autoría y / o publicación de este trabajo.

REFERENCIAS

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
- Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki*. Brasil: AMM.
- Benzing, V., Chang, Y.K., y Schmidt, M. (2018). Acute physical activity enhances executive functions in children with ADHD. *Scientific Reports*, 8(1), 12382. doi:10.1038/s41598-018-30067-8
- Costigan, S.A., Eather, N., Plotnikoff, R.C., Hillman, C.H., y Lubans, D.R. (2016). High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 48(10), 1985–1993. doi:10.1249/MSS.0000000000000993
- Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P.,... Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197. doi:10.1249/MSS.0000000000000901
- Gapin, J.I., Labban, J.D., y Etnier, J.L. (2011). The effects of physical activity on attention deficit hyperactivity disorder symptoms: The evidence. *Preventive Medicine*, 52, 70-74. doi:10.1016/j.yjmed.2011.01.022
- Herring, M.P., Monroe, D.C., Kline, C. E., O’connor, P.J., y MacDonncha, C. (2018). Sleep quality moderates the association between physical activity frequency and feelings of energy and fatigue in adolescents. *European Child y Adolescent Psychiatry*, 27(11), 1425-1432. doi:10.1249/01.mss.0000535426.06733.4c
- Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. BOE, núm. 159.
- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE, núm. 298.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOE), BOE, núm. 295.
- National Geographic (2017). *Atlantis Rising*. Canadá: National Geographic Channel.
- Papadopoulos, N., Stavropoulos, V., McGinley, J., Bellgrove, M., Tonge, B., Murphy, A.,... Rinehart, N. (2018). Moderating Effect of Motor Proficiency on the Relationship Between ADHD Symptoms and Sleep Problems in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder–Combined Type. *Behavioral Sleep Medicine*, 1-11. doi:10.1080/15402002.2018.1443455
- Quevedo-Blasco. V.J., y 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.
- Real Academia Española [RAE] (2019). *Diccionario de la lengua española*. (23.1. Ed.). Recuperado de: <https://www.rae.es/>
- Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S., y 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. doi:10.1177/1356336X17739271
- Sayal, K., Prasad, V., Daley, D., Ford, T., y Coghill, D. (2018). ADHD in children and young people: prevalence, care pathways, and service provision. *The Lancet Psychiatry*, 5(2), 175-186. doi:10.1016/S2215-0366(17)30167-0

Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C.M., y Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: a group-randomized controlled trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(6), 575-591. doi:10.1123/jsep.2015-0069

Seisdedos, N. (2012). *Adaptación española D2, test de atención de Brickenkamp (4ª Edición revisada)*. Madrid: TEA Ediciones.

Spruyt, K. (2018). A review of developmental consequences of poor sleep in childhood. *Sleep Medicine Journal*, 60, 3-12. doi: 10.1016/j.sleep.2018.11.021

Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M., y Martínez-López, E.J. (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. doi:10.1016/j.ridd.2018.03.015

Thomas, S., Lycett, K., Papadopoulos, N., Sciberras, E., y 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

Wittchen, H.U., Jacobi, F., Rehm, J., Gustavsson, A., Svensson, M., Jönsson, B.,... Faravelli, C. (2011). The size and burden of mental disorders and other disorders of the brain in Europe 2010. *European Neuropsychopharmacology*, 21(9), 655-679. doi: 10.1016/j.euroneuro.2011.07.018

Wolraich, M.L., Wibbelsman, C.J., Brown, T.E., Evans, S.W., Gotlieb, E.M., Knight, J. R.,... Wilens, T. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder among adolescents: a review of the diagnosis, treatment, and clinical implications. *Pediatrics*, 115(6), 1734-1746. doi:10.1542/peds.2004-1959

Recibido: 22 de mayo de 2019

Recepción Modificaciones: 7 de junio de 2019

Aceptado: 21 de junio de 2019