



Revista Digital de Educación Física

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

INFLUENCIA DE PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO DE ALTA INTENSIDAD EN EL RENDIMIENTO COGNITIVO Y ACADÉMICO DE ADOLESCENTES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DESDE 2005-2019

Alberto Mezcua-Hidalgo

Profesor de Educación Física de Educación Secundaria. Andalucía, España.
Email: Alberto.mezcuahidalgo@gmail.com

Emilio J. Martínez-López

Profesor Titular de la Universidad de Jaén. Jaén, España.
Email: emilioml@ujaen.es

Sebastián López-Serrano

Profesor de la Universidad de Jaén. Jaén, España
Email: slserran@ujaen.es

Alberto Ruiz-Ariza

Profesor de la Universidad de Jaén. Jaén, España
Email: arariza@ujaen.es

RESUMEN

Antecedentes: El objetivo de esta revisión sistemática fue investigar los efectos de programas de entrenamiento de alta intensidad en el rendimiento cognitivo (RC) y académico (RA) en adolescentes. **Método:** Los estudios se identificaron en dos bases de datos (PudMed y Scopus) desde enero de 2015 hasta el 28 de febrero de 2019. Tras el filtro, y según los criterios de búsqueda, se seleccionaron 7 estudios de intervención utilizando programas de alta intensidad (HIIT) o alta intensidad cooperativa (C-HIIT). **Resultados:** Los resultados de esta revisión sugieren un efecto positivo de realizar HIIT o C-HIIT sobre variables cognitivas y académicas en adolescentes. **Conclusión:** Se sugiere la implantación de programas activos de alta intensidad, especialmente de carácter cooperativo, en el contexto escolar.

PALABRAS CLAVE:

HIIT; C-HIIT; Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad; Rendimiento Cognitivo; Educación Física.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, la evidencia científica con respecto a los beneficios de la práctica de actividad física (AF) está siendo ampliamente estudiada (Blair et al., 1989). Buena parte de estos estudios se han centrado en analizar los efectos de la AF en el rendimiento cognitivo (RC) y académico (RA) de los jóvenes (Keeley y Fox, 2009). Revisiones sistemáticas recientes sugieren que la AF tiene una relación positiva con el RC y RA (Ruiz-Ariza et al., 2017; Li et al., 2017), sin embargo, son escasos los estudios de revisión que analizan los efectos de programas de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), como medio de AF para influir en variables cognitivas y de RA. Este método cobra especial importancia por su gran capacidad para maximizar los efectos del poco tiempo disponible para la práctica de AF (Costigan et al., 2016). Dentro de la Educación Física (EF), el HIIT se propone como herramienta para, a través de programas de cortos periodos de tiempo y sin tener que renunciar a los contenidos del currículo educativo, potenciar las insuficientes horas de esta asignatura en el sistema educativo actual (Martínez-López et al., 2018).

Recientemente, el entrenamiento HIIT ha sido objeto de modificaciones y adaptaciones según su campo de aplicación. En el contexto escolar han proliferado los estudios de carácter cooperativo caracterizados por favorecer la motivación, promover el juego continuo, mejorar la autoeficacia y aumentar los comportamientos pro-sociales (Marker y Staiano, 2015). De esta forma, surge el concepto del HIIT Cooperativo (C-HIIT), en el que se proponen programas de entrenamiento en intervalos de alta intensidad trabajando en parejas o grupo para añadir el componente social al HIIT tradicional (Martínez-López et al., 2018; Mezcua-Hidalgo et al., 2019). En la última década han proliferado estudios que ponen de manifiesto la importancia de este tipo de programas para mejorar aspectos cognitivos (Martínez-López et al., 2018; Mezcua-Hidalgo et al., 2019; Ruiz-Ariza et al., 2019).

En recientes trabajos, se puede observar como el HIIT afecta tanto a corto como a largo plazo en la cognición de los jóvenes (Costigan et al., 2016; Ma et al., 2015). Del mismo modo, los estudios más actuales incorporando C-HIIT, muestran como la incorporación del estímulo cooperativo, tanto a corto (Mezcua-Hidalgo et al., 2019) como a largo plazo (12 semanas de intervención), puede también afectar positivamente a variables como la atención, concentración, cálculo matemático o la creatividad (Martínez-López et al., 2018; Ruiz-Ariza et al., 2019).

A pesar de lo anterior, desconocemos la existencia de trabajos de revisión que engloben ambos métodos (HIIT y C-HIIT) y sus efectos sobre el RC y el RA. En base a lo argumentado, el objetivo de la presente revisión sistemática fue analizar los efectos de estudios de intervención basados en HIIT y C-HIIT sobre el RC y RA en jóvenes. Hipotetizamos que la realización de este tipo de programas puede contribuir de forma favorable al rendimiento escolar.

1. MÉTODO

Se trata de un estudio de revisión diseñado en base a la estructura marcada por otras revisiones sistemáticas previas (Castro-Piñero et al., 2010; Esteban-Cornejo et al., 2015; Ruiz-Ariza et al., 2017) y el tratamiento utilizado por la guía PRISMA (Moher et al., 2009).

- **Límites de búsqueda**

Se llevó a cabo una búsqueda en 2 bases de datos (PubMed y Scopus) teniendo en cuenta todas las publicaciones desde el 1 de enero de 2005 hasta el 28 de febrero de 2019. Se revisaron las listas de referencias de los trabajos seleccionados. Las principales categorías de términos de búsqueda se identificaron y utilizaron en diferentes combinaciones:

Pubmed: ("HIIT" OR "C-HIIT" OR "High Intensity Interval Training") AND ("physical activity" OR "physical fitness" OR "physical education" OR "fitness") AND ("cognitive performance" OR "cognition" OR "academic performance" OR "memory" OR "attention" OR "creativity" OR "school performance") AND ("teenager" OR "adolescent" OR "child").

Los límites de búsqueda fueron:

Publication date from 2005/01/01 to 2019/02/28

Ages: child: birth-18 years; adolescent: 13-18 years

Scopus: "HIIT" OR "C-HIIT" OR "High Intensity Interval Training" AND "physical activity" OR "physical fitness" OR "physical education" OR "fitness" AND "cognitive performance" OR "cognition" OR "academic performance" OR "memory" OR "attention" OR "creativity" AND "teenager" OR "adolescent" OR "child" OR "childhood".

Los límites de búsqueda fueron:

Publication date from 2005 to 2019

Ages: child: birth-18 years

Se extrajeron de todos los estudios información sobre el autor, el título, el objetivo, el tamaño de la muestra, la edad, el año de estudio, el país, el diseño, la medida de aptitud física, la medición de CP y AP, los factores de confusión y los principales resultados / conclusiones.

El flujo de resultados de búsqueda a través del proceso de revisión sistemática se muestra en la Figura 1. Después de la eliminación de duplicados y los excluidos en el título o a nivel de resumen un total de 16 artículos fueron recuperados. Estos estudios potenciales se revisaron según los criterios de selección, sobre la base de los cuales se excluyeron un total de 8 artículos. Finalmente, se incluyeron 7 artículos en la revisión sistemática.

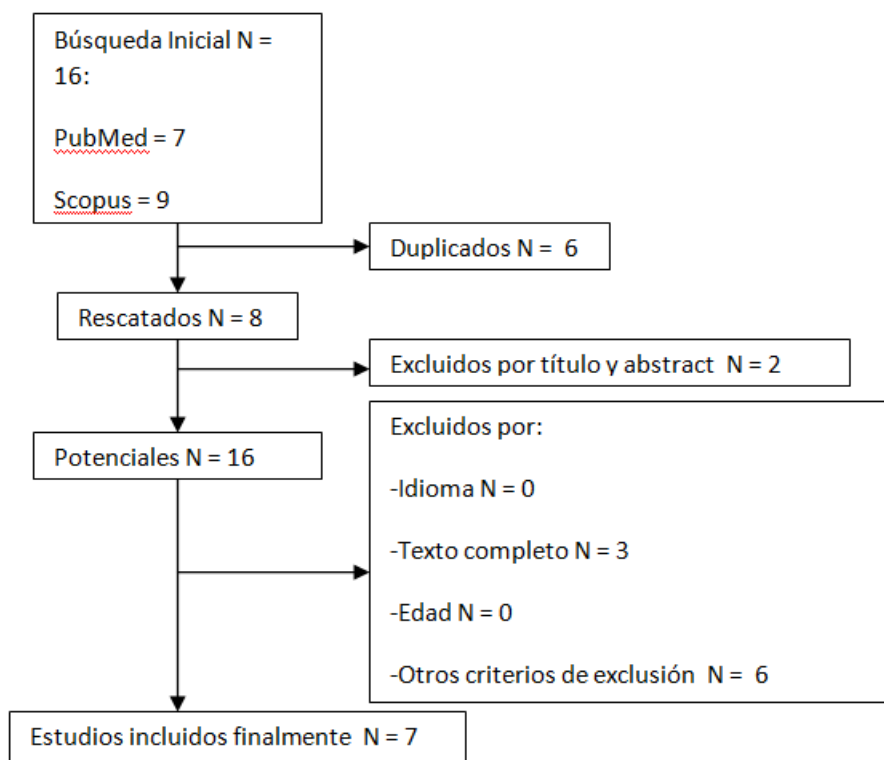


Figura 1. Flujo de artículos a partir del proceso de búsqueda.

La evaluación de la calidad se realizó sobre la base de otras listas de evaluación estandarizadas (Castro-Piñero et al., 2010, Ruiz et al., 2010) y sobre nuestros criterios de selección. La lista incluyó 6 ítems (A-F) en revistas revisadas por pares, población, medidas, diseño, factores de confusión e informe de los resultados. Cada ítem fue calificado como '2' (informado íntegramente), '1' (informado moderadamente) o '0' (no informado o poco claro). Para todos los estudios, se calculó un puntaje de calidad total contando el número de ítems positivos (una puntuación total entre 0 y 12). Se construyeron tres niveles de evidencia. Los estudios se definieron como de alta calidad (AC) si tenían una puntuación total de 9 o superior. Una puntuación total de 5 a 8 fue definida como de calidad media (MC), y una puntuación de menos de 5 se definió como de baja calidad (BC) (ver tabla 1).

Tabla 1:
Artículos seleccionados con su puntuación de calidad.

Autores y Variables Cognitivas	A	B	C	D	E	F	Puntuación Total	Nivel de Calidad
Mezcua-Hidalgo et al. (2019). Mem, AS, Con	2	2	2	2	2	2	12	AC
Costigan et al. (2016). FE, BP, EP, ACF	2	2	2	2	2	2	12	AC
Martínez-López et al. (2018). Mem, AS, Con, CM, RL	2	2	2	2	2	2	12	AC
Mebler et al. (2016). AE, At	1	2	1	1	2	2	9	AC
Stenman et al. (2017). VR, Mem, At	2	2	2	1	2	2	11	AC
Ardoy et al. (2014). RAbs, CM, RL, CE	2	2	2	2	2	2	12	AC
Ruiz-Ariza et al. (2019). Mem, AS, Con	2	2	2	2	2	2	12	AC

Mem = memoria, AS = Atención Selectiva, Con = Concentración, FE = Función Ejecutiva, BP = Bienestar Psicológico, EP = Estrés Psicológico, ACF = Autoconcepto Físico, CM = Cálculo Matemático, At = Atención RL = Razonamiento Lingüístico, VR =

Velocidad de Razonamiento, CE = Capacidad Espacial, RABs = Razonamiento Abstracto.

A = El estudio fue un informe de texto completo publicado en una revista por pares,

B = La población de estudio fue sana,

C = Los resultados seleccionados de aptitud física, cognitiva y rendimiento académico se describieron claramente,

D = La población era adolescentes de secundaria entre 12-16 años,

E = El estudio tuvo un diseño transversal, longitudinal o intervencionista,

F = Los datos se ajustaron por factores de confusión.

2. RESULTADOS

En la tabla 2, se pueden observar los estudios seleccionados para esta revisión sistemática. Todos los artículos analizados tienen en común la implantación de programas de entrenamiento utilizando HIIT o C-HIIT en jóvenes. Los resultados atienden a distintas mejoras en variables cognitivas tras la intervención de cada trabajo.

Los 7 artículos seleccionados en esta revisión sistemática son de carácter longitudinal (Mezcua-Hidalgo et al., 2019; Costigan et al., 2016; Martínez-López et al., 2018; Mebler et al., 2016; Stenman et al., 2017; Ardoy et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2019). De entre todos los estudios, 5 de ellos (71,43%) (Mezcua-Hidalgo et al., 2019; Costigan et al., 2016; Martínez-López et al., 2018; Ardoy et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2019) tienen una muestra controlada aleatorizada compuesta por adolescentes de entre 12-16 años, que es la que comprende por norma general la edad de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en España. En el trabajo de Meber et al. (2016), empleó una muestra que comprende preadolescentes en edades entre 8-13 años, mientras que el estudio de Stenman et al. (2017) incluyó a jóvenes adultos de edades comprendidas entre 17-20 años.

▪ Efectos sobre el rendimiento cognitivo y rendimiento académico

Mezcua-Hidalgo et al. (2019), Martínez-López et al. (2018) y Ruiz-Ariza et al. (2019) utilizaron como variables cognitivas la memoria a través de la prueba ad hoc de un minuto basada en otras ideas originales. La atención selectiva y la capacidad de concentración se evaluaron bajo estrés inducido por un tiempo de finalización utilizando la prueba d2 de Brickenkamp en la versión en español (Seisdedos, 2012). Costigan et al. (2016) valoraron la función ejecutiva mediante el "Trail Make Test" (TMT). Dentro de la función ejecutiva, se incluían las variables cognitivas como la atención visual, velocidad de procesamiento de información o la creatividad. El bienestar psicológico, se comprobó mediante la escala floreciente, resumida a partir de ocho ítems del éxito autopercebido del encuestado en áreas tales como relaciones, autoestima, propósito y optimismo. El estrés psicológico se midió con el test "The Kessler Psychological Distress Scale (K10)". Este cuestionario está destinado a medir la angustia basada en preguntas sobre ansiedad y síntomas depresivos que una persona ha sufrido durante las últimas 4 semanas. Finalmente, para el autoconcepto físico se utilizó el cuestionario de autodescripción física validado para adolescentes (Marsh, 1996).

Martínez-López et al. (2018) y Ruiz-Ariza et al. (2019), además de las variables anteriores, también analizaron el cálculo matemático y el razonamiento lingüístico a través de diversos tests ad hoc (Ruiz-Ariza et al., 2018). Mebler et al. (2016) utilizó como instrumentos de medida la versión alemana del cuestionario de trastorno hiperactivo para evaluación externa por parte de los supervisores (FBB-HKS), la versión alemana del cuestionario del trastorno hiperactivo para la autoevaluación de los niños (SBB-HKS) y el KINDL-R, este último basado en cuestionarios de salud mental y calidad de vida relacionada con la salud. Stenman et al. (2017), utilizó la batería de CogState computerizada para evaluar la cognición. Concretamente, las variables cognitivas valoradas fueron: 1) la velocidad de razonamiento, medida con la tarea de Detección (DET), 2) la atención, se empleó la tarea de Identificación (IDT), 3) La memoria de trabajo, se evaluó usando las tareas "One Back" (OBT) y la tarea "Two Back" (TBT) y 4) El aprendizaje visual y la memoria, que se evaluaron mediante la tarea de aprendizaje continuo de asociación emparejada (CPAL). Finalmente, el trabajo de Ardoy et al. (2014) midió el RC (habilidad no verbal y verbal, razonamiento abstracto, habilidad espacial, razonamiento verbal y habilidad numérica), que se evaluó mediante la Prueba de Inteligencia Global y Factorial en español, así como el RA a través de las calificaciones escolares.

Tabla 2.
Características de los estudios analizados N=7

Autores y Título	Objetivo	Muestra/ Edad/ País	Diseño del estudio y duración	Variable Independiente	Variabes Dependientes	Resultados
Mezcua-Hidalgo, Ruiz-Ariza, Suárez-Manzano, Martínez-López (2019). 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning.	Analizar el efecto de 16 minutos de entrenamiento interválico cooperativo de alta intensidad monitorizado (C-HIIT o) implementado al comienzo del día escolar, en variables cognitivas durante todo el día escolar y las siguientes 24-48 horas.	158 participantes clasificados de forma aleatoria en un GC (n = 81) y un GE (n = 77). Adolescentes rango 12-16 años	Estudio cuantitativo aleatorizado y longitudinal con GC que lleva a cabo estiramientos estáticos, y GE que realiza 16 minutos de C-HIIT al comienzo del día escolar durante	Programa de entrenamiento C-HIIT.	Memoria; atención selectiva; concentración	Los adolescentes que realizaron C-HIIT al inicio del día escolar aumentaron significativamente en atención selectiva en un 17.39% durante la siguiente hora, en concentración en un 20.31 y un 15.26% durante la primera y segunda horas siguientes, respectivamente.
Costigan, Eather, Plotnikoff, Hillman, Lubans (2016). High intensity interval	Evaluar la eficacia de dos protocolos de entrenamiento en intervalos de alta	Participantes (n = 65; edad media = 15.8 ± 0.6 años)	Se asignaron al azar tres condiciones: programa de ejercicio aeróbico (AEP; n = 21), programa de	Programa de entrenamiento HIIT.	Función ejecutiva; bienestar psicológico; estrés psicológico;	Si bien los resultados no fueron significativos, pequeñas mejoras en la función ejecutiva y bienestar

training for cognitive and mental health in adolescents	intensidad (HIIT) para mejorar los resultados cognitivos y de salud mental (función ejecutiva, bienestar psicológico, estrés psicológico y autoconcepto físico) en adolescentes.	resistencia y aeróbico (RAP; n = 22) y control (n= 22). Las sesiones HIIT (de 8 a 10 minutos por sesión) se impartieron durante las clases de Educación Física o al mediodía tres veces por semana durante 8 semanas.	autoconcepto físico	psicológico fueron evidentes en el grupo AEP. También se observaron mejoras moderadas en la función ejecutiva y pequeñas mejoras en el bienestar y la apariencia percibida en el grupo RAP. Las puntuaciones medias del estado de sensación mejoraron desde el entrenamiento previo al post-entrenamiento en ambas condiciones HIIT, con resultados significativos para el AEP ($p = 0.001$).	
Martínez-López, De la Torre-Cruz, Suárez-Manzano, Ruiz-Ariza (2018). 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school.	Analizar el efecto del entrenamiento cooperativo a intervalos de alta intensidad (C-HIIT) sobre la creatividad y la Inteligencia Emocional en adolescentes de 12 a 16 años, y si los efectos de mejora son diferentes según el nivel de Actividad Física semanal.	El GE realizó un C-HIIT monitorizado, cuyas sesiones comenzaron con una actividad de calentamiento de 4 minutos, que incluye correr y estiramientos dinámicos a intensidad media. El programa estuvo compuesto por sesiones de 16 minutos de C-HIIT monitoreado, 2 sesiones por semana, durante 12 semanas (24 sesiones en total).	Programa de entrenamiento C-HIIT.	Memoria; Atención Selectiva; concentración; cálculo matemático; razonamiento lingüístico	El GE incrementó los factores de bienestar y sociabilidad y después del programa C-HIIT (ambos $p < 0,001$). Más específicamente, los adolescentes inactivos en el GE mostraron mejoras significativas en comparación con el GC en creatividad, bienestar y sociabilidad ($p = 0.028$, $p < 0.001$, y $p < 0,003$, respectivamente). Sin embargo, no se encontraron cambios entre los adolescentes activos.

<p>Mebler, Holmberg, Sperlich (2016). Multimodal Therapy Involving High-Intensity Interval Training Improves the Physical Fitness, Motor Skills, Social Behavior, and Quality of Life of Boys With ADHD: A Randomized Controlled Study.</p>	<p>Comparar los efectos de la terapia multimodal, incluido el entrenamiento supervisado por intervalos de alta intensidad (HIIT) con los de la terapia multimodal estándar (TRAD) en relación con las variables clave de la aptitud física (potencia máxima y consumo de oxígeno), habilidades motoras, comportamiento social y calidad de la vida en niños con TDAH.</p>	<p>Diseño controlado de centro único, aleatorizado de dos brazos, con 28 niños (8-13 años de edad, IQ = 83-136)</p>	<p>HIIT multimodal (tres sesiones / semana, 4 × 4 minutos a intervalos al 95% de la frecuencia cardíaca máxima) o TRAD.</p>	<p>Programa de entrenamiento HIIT.</p>	<p>Consumo de oxígeno; condición física; habilidades motoras (destreza manual y habilidades con el balón); autoestima; competencia; atención.</p>	<p>El HIIT fue más efectivo que el TRAD en mejorar la puntuación total para las habilidades motoras (incluidas la destreza manual y las habilidades con el balón; $p < .05$), autoestima, amigos y competencia ($p < .05$) y, además, mejores calificaciones subjetivas de atención.</p>
<p>Stenman, Pesola, Laukkanen, Haapala (2017). Effects of Two-Week High-Intensity Interval Training on Cognition in Adolescents - A Randomized Controlled Pilot Study.</p>	<p>Investigar los efectos de un entrenamiento de intervalo de alta intensidad (HIIT) de dos semanas sobre la cognición en adolescentes.</p>	<p>El total de 25 individuos de 17 a 20 años de edad participaron en las mediciones de referencia y se asignaron al azar a los grupos de intervención (n = 12) y control (n = 13);</p>	<p>El grupo HIT participó en 4 sesiones de carrera de intervalos de alta intensidad y 2 sesiones de entrenamiento en circuito. El grupo control (CG) continuó con sus hábitos habituales. El tiempo de reacción, la elección del tiempo de reacción, la memoria de trabajo, la memoria</p>	<p>Programa de entrenamiento HIIT.</p>	<p>Velocidad de procesamiento; atención; memoria.</p>	<p>Tiempo de reacción (cambio promedio [SD] = 0.02 [0.03] vs. -0.05 [0.08], p por tiempo * interacción grupal = 0.025, $d_{ppc2} = -0.297$) y tiempo de reacción de elección (0.03 [0.03] vs. -0.01 [0.04], p para la interacción del grupo de tiempo * = 0.017, $d_{ppc2} = -0.874$) mejoró más en el GC que en el grupo HIT. Si bien no encontramos otras interacciones de grupos de tiempo * estadísticamente</p>

<p>Ardoy, Fernández-Rodríguez, Jiménez-Pavón, Castillo, Ruiz & Ortega (2014). A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement : The EDUFIT study.</p>	<p>Analizar los efectos de una intervención centrada en aumentar el tiempo y la intensidad de la Educación Física (EF), en el rendimiento cognitivo y el rendimiento académico de los adolescentes.</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado grupal de 4 meses en 67 adolescentes del sureste de España, 2007.</p>	<p>9 personas en el grupo HIT y 10 en el GC también participaron en las evaluaciones de seguimiento visual y el aprendizaje se evaluaron mediante la batería de prueba computarizada CogState. El efecto de la intervención se investigó con medidas repetidas ANOVA y el tamaño del efecto por Morris dppc2.</p>	<p>significativos, la intervención resultó tener un pequeño efecto negativo en la memoria de trabajo (dppc2 = -0.470) y un pequeño efecto positivo en la memoria visual y el aprendizaje (dppc2 = 0.419)</p>
<p>Programa de entrenamiento HIIT.</p>	<p>Rendimiento cognitivo (capacidad no verbal y verbal; razonamiento abstracto; capacidad espacial; razonamiento verbal; capacidad numérica); Rendimiento Académico.</p>	<p>En general, EG2 mejoró más que EG1, sin diferencias entre EG1 y CG. El aumento de la educación física puede beneficiar el rendimiento cognitivo y el rendimiento académico. Este estudio contribuye al conocimiento actual al sugerir que la intensidad de las sesiones de educación física podría desempeñar un papel en el efecto positivo de la actividad física en la cognición y el éxito académico.</p>	<p>Se asignaron al azar tres clases en el GC, el GE1 y el GE2. GC recibió EF habitual (dos sesiones / semana), GE1 recibió cuatro sesiones de PE / semana y GE2 recibió cuatro sesiones de EF / semana de alta intensidad. El rendimiento cognitivo (capacidad no verbal y verbal, razonamiento abstracto, capacidad espacial, razonamiento verbal y capacidad numérica) se evaluó mediante la Prueba de inteligencia factorial y general de español, y el rendimiento académico por grados escolares.</p>	

<p>Ruiz-Ariza, Suárez-Manzano, López-Serrano & Martínez-López, (2019). The effect of cooperative high-intensity interval training on creativity and emotional intelligence in secondary school: A randomized controlled trial.</p>	<p>Analizar el efecto del entrenamiento cooperativo a intervalos de alta intensidad (C-HIIT) sobre la creatividad y la IE en adolescentes de 12 a 16 años, y si los efectos de mejora son diferentes según el nivel de AF semanal.</p>	<p>184 adolescentes de entre 12-16 años.</p>	<p>Se realizó un ensayo controlado aleatorio con un GC (n = 94), que hizo estiramiento estático, y un GE (n= 90), que realizó C-HIIT. Ambos grupos realizaron la actividad durante 16 minutos al comienzo de las clases de educación física (EF). La creatividad se evaluó con un factor y la IE a través de cuatro factores (bienestar, autocontrol, emocionalidad y sociabilidad). La edad y el índice de masa corporal (IMC) se utilizaron como factores de confusión. Fueron medidos dos veces (línea de base y después de 12 semanas).</p>	<p>Programa de entrenamiento C-HIIT.</p>	<p>Memoria; atención selectiva; concentración</p>	<p>El EG incrementó los factores de bienestar y sociabilidad después del programa C-HIIT (ambos $p < 0,001$). Más específicamente, los adolescentes inactivos en el EG mostraron mejoras significativas en comparación con el GC en creatividad, bienestar y sociabilidad ($p = 0,028$, $p < 0,001$, y $p < 0,003$, respectivamente). Sin embargo, no encontramos cambios entre los adolescentes activos.</p>
--	--	--	---	--	---	--

AF = Actividad Física, IMC = Índice de Masa Corporal, GC = Grupo Control, GE = Grupo Experimental, TDAH = Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad, TRAD = Terapia Multimodal Estándar, EF = Educación Física, IE = Inteligencia Emocional, AEP = Programa de Ejercicio Aeróbico, RAP = Programa de Resistencia Aeróbica, HIIT = Programa de Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad, C-HIIT = Programa de Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad y Cooperativo.

3. DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática ha investigado los efectos de programas de HIIT y C-HIIT en el RC y RA de los jóvenes. Se han tenido en cuenta estudios realizados desde 2005 hasta 2019. El análisis general de resultados ha mostrado un efecto positivo de realizar HIIT o C-HIIT sobre variables cognitivas y académicas de los adolescentes. Por tanto, se sugiere la implantación de programas de AF de alta intensidad, especialmente de carácter cooperativo, en el contexto escolar.

Los adolescentes que realizaron C-HIIT al inicio del día escolar aumentaron significativamente en atención selectiva en un 17.39% durante la siguiente hora, en concentración en un 20.31% y un 15.26% durante la primera y segunda horas siguientes, respectivamente (Mezcua-Hidalgo et al., 2019). No obstante, Costigan et al. (2016), no encuentran diferencias significativas, aunque sí muestran pequeñas mejoras tanto en la función ejecutiva como en bienestar psicológico. Martínez-López et al. (2018) y Ruiz-Ariza et al. (2019) van un paso más allá atribuyendo al C-HIIT datos objetivos sobre su influencia en el desarrollo social y de bienestar psicológico de los participantes, con intervenciones a largo plazo. Además, resaltan que los efectos de estos programas de entrenamiento son más sensibles en participantes no activos físicamente. Estos últimos resultados son similares a los obtenidos por Mebler et al. (2016), mostrando que el HIIT desarrolla mejor las habilidades motoras que el TRAD y también mejora valores de autoestima y atención. Hay algunas evidencias que muestran que el trabajo de HIIT podría tener pequeños efectos negativos en la memoria de trabajo, pero mejora la memoria visual y en el aprendizaje (Stenman et al., 2017). Ardoy et al. (2014) asociaron también el HIIT como medio para aumentar la intensidad en las clases de EF a mejoras en el RC así como el RA de los alumnos. Estos autores proponen el HIIT como herramienta para las clases de EF, justificando que se asocia a un mayor número de horas semanales de EF podría mejorar el RC y RA.

Como posibles razonamientos que puedan explicar esta relación entre el HIIT y/o C-HIIT y una mejora del RC-RA, los estudios apuntan a que los estímulos basados en AF de intensidad vigorosa pueden producir fenómenos como la angiogénesis, neurogénesis y sinaptogénesis, promovidos por el entrenamiento de la capacidad cardiorrespiratoria, que mejoraría la vascularización cerebral o el número de neuronas, afectando a la cognición (Ruiz-Ariza et al., 2017). Otros autores señalan que una mejor forma física, medida a través de Vo_2 máx., puede provocar la acumulación de D-bhidroxibutirato en el hipocampo, que sirve como fuente de energía e inductor del factor neurotrófico derivado del cerebro y del factor de crecimiento (IGF-1) que son clave para la capacidad memorística y el funcionamiento cerebral (Sleiman et al., 2016; Gillen et al., 2016).

▪ Limitaciones y fortalezas

EL proceso de diseño y búsqueda de la presente revisión sistemática ha sido muy minucioso. Como principal limitación se hace constar que el tema en el que se pretendía trabajar era muy concreto y eso ha reducido en gran medida el volumen de artículos potencialmente revisables. Una fortaleza de este estudio consiste en la novedad de las aportaciones. De hecho, la asociación de programas HIIT y C-HIIT con variables cognitivas es relativamente reciente, provocando que en la selección de los artículos encontrados ninguno tenga más de 7 años de antigüedad. La realización de una tabla con ítems de calidad (tabla 2) ayuda al lector a

comprobar la relación de cada estudio con el tema tratado. Además, estos resultados pueden contribuir a la creación de propuestas basadas en programas C-HIIT y su aplicación en el ámbito educativo como herramienta potenciadora del RC y RA.

- **Aplicaciones prácticas**

Los resultados de este estudio son de gran interés, especialmente para los docentes de EF de Educación Primaria y Secundaria. Se propone el HIIT y el C-HIIT como herramienta para trabajar en clase, a intensidades mayores de las acostumbradas en las sesiones a través de programas cortos. Lo anterior hace que su integración en las sesiones no suponga un impedimento para poder seguir desarrollando las Unidades Didácticas establecidas en las Programaciones Didácticas y al mismo tiempo favorecer el RC y RA de los jóvenes.

4. CONCLUSIÓN

Esta revisión sistemática ha arrojado 7 estudios que engloban los efectos de utilizar HIIT o C-HIIT sobre variables de RC y RA en jóvenes. Los resultados obtenidos muestran en general un efecto positivo. Estos hallazgos son de gran utilidad para incentivar a la inclusión de programas activos con estas características del HIIT o C-HIIT en contexto escolar. Futuras investigaciones deberían ir enfocadas a la implantación de programas escolares, en las clases de EF o fuera de ellas, para potenciar al máximo los efectos cognitivos y académicos de la AF.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J.M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F.B. (2014). A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: The EDUFIT study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), 52–61. DOI:10.1111/sms.12093
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262(17), 2395–2401. DOI: 10.1001 / jama.262.17.2395
- Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 934–943. DOI:10.1136/bjism.2009.058321
- Costigan, S.A., Eather, N., Plotnikoff, R.C., Hillman, C. H., & Lubans, D.R. (2016). High-intensity interval training for cognitive and mental health in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(10), 1985–1993. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000993
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Sallis, J. F., & Veiga, O. L. (2015a). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 534–539. DOI:10.1016/j.jsams.2014.07.007

- Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala M. (2013). Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity*, 21:2249-2255. DOI: 10.1002 / oby.20379
- Keeley, T. J. H., & Fox, K. R. (2009). The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2(2), 198–214. DOI:10.1080/17509840903233822
- Li, J. W., O'Connor, H., O'Dwyer, N., & Orr, R. (2017). The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(9), 841–848. DOI: 10.1016/ j.jsams.2016.11.025
- Ma, J. K., Mare, L. Le, & 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:10.1139/apnm-2014-0309
- Marker, A. M., & Staiano, A. E. (2015). Better together: Outcomes of cooperation versus competition in social exergaming. *Games for Health Journal*, 4(1), 25–30. DOI:10.1089/g4h.2014.0066
- Martínez-López, E.J., De la Torre-Cruz, M.J., Suárez-Manzano, S., & Ruiz-Ariza, A. (2018). 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school. *Journal of Physical Education and Sport*, 18 (3), 1572-1582. DOI: 10.7752/jpes.2018.03232
- Mebler, CF., Holmberg, H, Sperlich, B. (2016). Multimodal Therapy Involving High-Intensity Interval Training Improves the Physical Fitness, Motor Skills, Social Behavior, and Quality of Life of Boys With ADHD: A Randomized Controlled Study. *Journal of Attention Disorders*. DOI: 10.1177/1087054716636936
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E.J. (2019). 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. *Perceptual and Motor Skills*, 0 (0), 1-21. DOI: 10.1177/0031512518825197
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., & The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(6), e1000097. DOI:10.1371/journal.pmed1000097
- Ruiz-Ariza, A., Casuso, R. A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2018). Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Computers & Education*, 116, 49–63. DOI:10.1016/j.compedu.2017.09.002
- Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N. E. M., & Martínez-López, E. J. (2017). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10(1), 108–133. DOI: 10.1080/1750984X.2016.1184699

- 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, 355-373. DOI: 10.1177/1356336X17739271
- Ruiz, J.R., Ortega, F.B., Castillo, R., Martín-Matillas, M., Kwak, L., Vicente-Rodríguez, G., Moreno, L.A. (2010). Physical activity, fitness, weight status, and cognitive performance in adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 157(6), 917-922.e1-5. DOI: 10.1016/j.jpeds.2010.06.026
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., AbouHaidar, E., Stringer, T., ... Chao, M. V. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body β -hydroxybutyrate. *ELife*, 5, e15092. DOI: 10.7554/eLife.15092
- Stenman, M., Pesola, A.J., Laukkanen, A., Haapala, EA. (2017). Effects of Two-Week High-Intensity Interval Training on Cognition in Adolescents - A Randomized Controlled Pilot Study. *Human Movement*, 18 (2), 15-20. DOI: 10.1515/humo-2017-0019

Fecha de recepción: 13/2/2020
Fecha de aceptación: 10/3/2020