



Revisión

Relación entre actividad física, procesos cognitivos y rendimiento académico de escolares: revisión de la literatura actual



S. Reloba^{a,*}, L.J. Chiroso^b y R.E. Reigal^a

^a Grupo Investigación IDAFISAD, Universidad de Granada, Granada, España

^b Departamento Educación Física y Deportiva, Universidad de Granada, Granada, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 8 de septiembre de 2014

Aceptado el 19 de mayo de 2015

On-line el 6 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Actividad física

Intensidad

Cognición

Rendimiento académico

Niños

R E S U M E N

Objetivo: Si bien los beneficios de la actividad física sobre la salud en edades tempranas se encuentran ampliamente contrastados, la asociación entre actividad física y cognición no parece tan contundente. El objetivo de esta revisión fue analizar los efectos del ejercicio físico sobre los procesos cognitivos del niño/a, así como los patrones de actividad física más adecuados para alcanzarlos.

Método: Se revisaron artículos originales en inglés y español publicados en las bases de datos de MEDLINE/Pub-Med, SCOPUS, DIALNET así como en el metabuscador Google Scholar, atendiendo a los efectos de la actividad física sobre cualquier proceso cognitivo en niños de 6 a 12 años de edad, publicados entre enero de 1999 y marzo de 2014.

Resultados: Un total de 27 artículos fueron analizados. La actividad física tiene una influencia positiva sobre los procesos cognitivos del discente si bien estos no parecen ser apreciables en su rendimiento académico a corto plazo.

Conclusión: La utilización de rendimiento académico como variable usando calificaciones escolares parece poco acertada, teniendo la mayoría de los artículos consultados al respecto, resultados débiles o nulos. Por otro lado, parece existir una fuerte relación entre intensidad de actividad física y funciones ejecutivas.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Relation of physical activity, cognitive and academic performance in children: Review of current literature

A B S T R A C T

Objective: Although the benefits of physical activity on different aspects related to health in children are widely contrasted, the association between physical activity and cognition does not seem so clear. The aim of this review was to examine the effects of exercise on cognitive performance of children and to determine the kind of physical activity more suitable to get it.

Method: MEDLINE/Pub-Med, SCOPUS, DIALNET and Google Scholar were reviewed attending to effects of physical activity on cognitive process in children 6 to 12 years-old. The collecting was limited to original articles in English or Spanish language, published between January 1999 and March 2014.

Results: A total of 27 publications were analyzed. Physical activity has a positive influence on cognitive achievement although these effects were not significant in short-term academic performance.

Conclusion: The use of academic performance as variable using official marks is not advisable, most articles reviews has weak results. On the other hand there seems to be a strong relationship between intensity of physical activity and executive functions.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Physical activity

Intensity

Cognition

Cognitive performance

Children

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: reloba.s@gmail.com (S. Reloba).

Relação entre atividade física, processos cognitivos e desempenho acadêmico escolar: revisão da literatura atual

R E S U M O

Palavras-chave:

Atividade física
A intensidade
A cognição
Desempenho acadêmico
Crianças

Objetivo: Embora os benefícios da atividade física na saúde em uma idade precoce sejam amplamente contrastado, a associação entre atividade física e cognição não parece tão esmagadora. O objetivo desta revisão foi examinar os efeitos do exercício sobre os processos cognitivos da criança e os padrões de atividade física mais adequada para alcançá-los.

Método: Foram revisados artigos originais em Inglês e Espanhol publicados nas bases de dados MEDLINE/Pub-Med, Scopus, DIALNET, bem como metabuscador Google escolar, de janeiro de 1999 a março de 2014 atendendo os efeitos da atividade física sobre qualquer processo cognitivo em crianças de 6 a 12 anos de idade.

Resultados: Um total de 27 itens foram analisados. A atividade física tem uma influência positiva sobre os processos cognitivos, a aprendizagem, embora eles não pareçam ser significativos no desempenho escolar a curto prazo.

Conclusões: O uso de rendimento acadêmico como uma variável usando notas escolares parece imprudente, tendo a maioria dos artigos consultados a respeito, resultados fracos ou nulo. Por outro lado, parece haver uma forte relação entre a intensidade da atividade física e funções executivas.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Los beneficios de la actividad física (AF) sobre niños y jóvenes están ampliamente demostrados¹⁻³. En la actualidad el ejercicio físico resulta fundamental en el proceso educativo de escolares, tanto para el desarrollo de valores sociales e individuales⁴ como para el fomento de hábitos saludables que hagan frente a los actuales problemas de salud pública presentes en la infancia y adolescencia y entre los que destacan los preocupantes hábitos sedentarios y la obesidad⁵⁻⁷.

Si bien la influencia de la AF en la salud cardiovascular, la condición física o en aspectos como la socialización, el autoconcepto y el bienestar general del alumno está profundamente contrastada, cada vez son más las investigaciones que además la señalan como un elemento determinante en los procesos cognitivos de niños y jóvenes⁸.

Se aprecian en la literatura, por un lado, estudios que sostienen que niveles adecuados de AF están asociados a un enriquecimiento del rendimiento académico (RA), estructuras cognitivas y funciones cerebrales^{2,9-11}, frente a los que no encuentran evidencias en la relación entre variables como AF y RA^{12,13}, atención¹⁴ o rendimiento cognitivo general¹⁵.

En este sentido, Keeley et al.¹⁵ afirman que aunque existen numerosas evidencias de corte transversal entre AF y RA, estas son débiles siendo demasiados los factores que pueden influir en la relación entre ambas variables (influencia del ambiente familiar y de estudio, extramotivación física de niños/as más exitosos académicamente, relación entre inactividad, enfermedad, y ausencias a centros educativos, etc.). Hillman et al.¹⁶ señalan que la fuerte asociación evidenciada en diferentes estudios entre AF y salud cerebral influye ampliamente sobre el RA del discente. Coe et al.¹⁷ por su parte, realizan un estudio de intervención donde a pesar de que el RA no se relacionó significativamente con los niveles de AF, las calificaciones más altas fueron asociadas con el ejercicio físico vigoroso.

Se hace complicado en definitiva, discernir cuáles son los aspectos cognitivos sobre los que la AF puede llegar a influir de manera más contundente, siendo el objetivo de esta revisión realizar un análisis de la producción científica actual sobre AF y cognición, con el fin de analizar los efectos del ejercicio físico sobre los procesos cognitivos del niño/a según autores, así como las pautas de AF más adecuadas para alcanzarlos, de manera que el documento pueda

servir como guía para plantear programas de AF en las escuelas que consigan que los jóvenes mejoren académicamente al mismo tiempo que incrementan su condición física y salud general.

Método

Se revisaron artículos originales en inglés y español principalmente publicados en las bases de datos de MEDLINE/Pub-Med, SCOPUS, DIALNET así como en el metabuscador Google Scholar, de enero de 1999 a marzo de 2014, de estudios descriptivos y de intervención así como de revisiones literarias, sistemáticas y metaanálisis con relación a los efectos de la AF sobre cualquier proceso cognitivo en niños de 6 a 12 años de edad.

Las palabras clave utilizadas para la revisión fueron combinadas de manera que la búsqueda abarcara por un lado a la población objeto de estudio, siendo las siguientes: «preteens, children, childhood, prepubescent»; y por otro lado, los siguientes términos específicos «cognitive control, executive attention, mental function, academic performance, academic achievement» enlazados con «physical activity».

La selección de los estudios científicos estuvo basada en los siguientes criterios de inclusión: a) estudios de revisión; b) estudios descriptivos; c) estudios de intervención). Dichos estudios debían estar enfocados al análisis de los efectos de la AF sobre la cognición de niños de entre 6 y 12 años de edad. Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios científicos publicados en forma de resumen y/o comunicaciones cortas; b) artículos redactados en idioma distinto al inglés o español; c) estudios anteriores a 1999; d) población con problemas físicos o cognitivos asociados. Otros criterios de exclusión fueron las limitaciones serias en lo que a diseño se refiere (muestreo, características de la población, etc.).

Resultados

La estrategia de búsqueda permitió obtener un total de 27 publicaciones bajo los criterios de inclusión establecidos: 10 artículos descriptivos, seis intervenciones (cinco intervenciones y un protocolo de intervención), seis revisiones sistemáticas y cinco artículos teóricos/revisiones narrativas.

Se observa una amplia heterogeneidad en cuanto a los instrumentos de evaluación utilizados, para medir tanto el nivel de AF o

Tabla 1
Mediciones utilizadas y métodos de evaluación de las mismas en los diez estudios descriptivos y seis estudios de intervención revisados tanto de las medidas físicas realizadas a los participantes como de las medidas cognitivas llevadas a cabo

Actividad observada	Medición	Método	Estudios descriptivos		Estudios de intervención		
			n.º	%	n.º	%	
MF	Hábitos de vida activos	Cuestionarios	3	30	2	33.33	
		Entrevistas	0		1	16.66	
		Instrumentos evaluación objetiva AF*	4	40	0	0.00	
	Capacidad aeróbica	Fitnessgram (PACER)	2	20	1	16.66	
		Otros	2	20	3	50.00	
	Capacidad muscular	Fitnessgram	2	20	0	0.00	
		Otros	0	0	0	0.00	
	Composición corporal	IMC	3	30	2	33.33	
		% grasa	1	10	0	0.00	
		Otros	0	0	1	16.66	
MC	Rendimiento académico	Test estandarizados	3	30	3	50.00	
		Calificaciones curriculares	1	10	2	33.33	
		Electroencefalograma	2	20	1	16.66	
	Función cerebral	Resonancia magnética	0	0	1	16.66	
		Test de inteligencia	0	0	1	16.66	
		Atención	4	40	0	0.00	
		Memoria de trabajo	3	30	1	16.66	
		Inhibición	3	30	0	0.00	

AF: actividad física; IMC: índice de masa corporal; MC: medidas cognitivas; MF: medidas físicas.

El % responde al número de trabajos que utilizan un método determinado, siendo calculado en función de estudios descriptivos y de intervención revisados (10 y 6 respectivamente). Los estudios son susceptibles a la utilización de uno o más métodos de medición.

* Medición de la AF mediante podómetros, acelerómetros, etc.

condición física como el rendimiento cognitivo y/o académico de la muestra. Tanto las mediciones físicas como las relativas a cognición son muy diferentes en los artículos descriptivos y de intervención revisados.

En cuanto a mediciones físicas, en estudios descriptivos destaca la utilización de hábitos de vida activos como variable dependiente, principalmente a través de la utilización de acelerómetros y podómetros en mayor medida. En estudios de intervención la valoración de la capacidad aeróbica es utilizada en la gran mayoría de las investigaciones, destacando el uso del consumo máximo de oxígeno como parámetro de medición más recurrido.

El Fitnessgram, programa estandarizado para la evaluación de la condición física de niños en edad escolar¹⁸ es utilizado en varios estudios tanto descriptivos^{10,19} como de intervención²⁰ (tabla 1). Consta de varios test (PACER; 1-Mile run; Walk Test; Pull-ups; 90 Push-ups; Curl-ups; Trunk lift; Back-Saver Sit and Reach; Shoulder Stretch; Body mass index; Skinfold Measurements; Bioelectric Impedance Analyzers) los cuales determinan capacidad aeróbica, composición corporal, fuerza y resistencia muscular, y flexibilidad de los participantes.

En lo referido a mediciones relativas a cognición, la valoración del RA es la más frecuente con diferencia en estudios de intervención, si bien en artículos observacionales las funciones ejecutivas también suelen ser estudiadas. Se observa cómo una amplia proporción de estudios centran sus objetivos en comparar las relaciones establecidas entre RA y el tiempo regular de AF.

Destaca la utilización de *Eriksen flanker task*²¹, prueba que incluye un conjunto de actividades de inhibición de respuesta, evaluando la capacidad de suprimir estas que no son apropiadas. El conjunto de tareas miden el procesamiento de la información y la atención selectiva.

Artículos descriptivos

Entre todos los estudios analizados, los observacionales son los más frecuentes en las bases de datos consultadas. En la tabla 2 se ofrecen los rasgos principales de los artículos que cumplieron los criterios de inclusión de esta revisión.

De los diez artículos descriptivos analizados, cuatro de ellos relacionan la AF con el RA. Tan solo el trabajo de Syväoja et al.²²

establece una asociación positiva entre estas dos variables cuando la medición de los niveles de AF se lleva a cabo de manera subjetiva a través de autoinformes. El mismo artículo señala una falta de efecto cuando el control del ejercicio se estima de manera objetiva mediante acelerómetros. Tanto el estudio de LeBlanc et al.¹³ como el de Tremblay et al.²³ señalan una débil relación entre el RA e incremento de AF. Wang et al.²⁴ por su parte, también analizan AF y RA pero centrandolo en la influencia del gasto energético diario en esta. El grupo con gasto intermedio fue el que consiguió mejores resultados en RA.

El resto de los trabajos relacionan la AF con diferentes aspectos cognitivos, destacando el análisis de la función ejecutiva. Todas las investigaciones hallan efectos positivos significativos entre las variables observadas. Destacan las publicaciones de Booth et al.²⁵, Hillman et al.¹⁹ y Pirrie et al.¹⁴, las cuales analizan la influencia de la intensidad del ejercicio sobre las funciones ejecutivas coincidiendo en la fuerte asociación entre dichas funciones y la AF moderada-vigorosa (AFMV).

Artículos de intervención

En la tabla 3 pueden observarse las principales características de los programas de intervención propuestos por las diferentes publicaciones analizadas.

La mayoría de las intervenciones son de larga duración abarcando al menos un curso escolar, a excepción de la propuesta de Tompkins et al.²⁶ de duración menor. El tiempo dedicado a la sesión de AF, tanto de manera diaria como semanal, difiere entre los programas aunque ninguno sobrepasa las 2 h diarias y todos estipulan una frecuencia semanal mínima de tres días.

De los seis artículos, tres incluyen en sus programas AFMV. Solo Chaddock-Heyman et al.⁹ y Ahamed et al.¹² utilizan programas de AF estandarizados (Fit kid CATCH; Action Schools! BC respectivamente). En la tabla 4 se ofrecen los rasgos principales de las intervenciones que cumplieron los criterios de inclusión de esta revisión.

Tres de los cinco artículos de intervención analizan los efectos de la AF sobre el RA. Tan solo Hansen et al.²⁰ obtienen una asociación positiva en RA en lo relativo a ortografía y matemáticas después de la realización de la prueba *Weschler individual achievement test* (No

Tabla 2
Principales características de los artículos descriptivos analizados en la revisión

Primer autor	Año	Objetivo principal	Medidas	División de la muestra	n	Edad (años)	Principales conclusiones
Drollete	2014	Evaluar el efecto del ejercicio aeróbico de moderada intensidad sobre dos niveles de forma física diferentes (alto vs. bajo)	MF: VO ₂ máx; IMC; FCmáx; media de pasos por minuto MC: Electroencefalogramas; <i>Eriksen flanker task</i>	Según niveles de forma física de los sujetos	40	9-10	- El ejercicio aeróbico moderado mejora la función cerebral y la cognición en niños con el nivel de forma física más bajo con relación a los de mejor nivel de forma física
LeBlanc	2012	Analizar la hipótesis según la cual en niños la adiposidad y los niveles de AF están asociados a un RA positivo	MF: IMC; % grasa; acelerómetro MC: RA a través de resultados de asignaturas	x	1963	11-12	- Los resultados no soportan la hipótesis de que la adiposidad y la AF están relacionadas con el RA
Tremblay	2000	Examinar la relación entre niveles de AF, IMC y autoconcepto con resultados en lectura y matemáticas	MF: IMC; cuestionario sobre participación en AF semanal MC: test en matemáticas, lectura, ciencias y escritura Otros: cuestionario autoconcepto, cuestionarios para analizar estructura familiar y estatus socioeconómico	x	6923	11-12	- Los niveles de AF estuvieron relacionados significativamente con el autoconcepto - El incremento de AF vigorosa estuvo asociado a una mejora progresiva del autoconcepto - El incremento de AF tuvo una relación muy débil con el RA - Los incrementos de AF estuvieron asociados con un bajo IMC
Booth	2013	Explorar si el volumen de AF, medida objetivamente, está relacionado con la atención y la función ejecutiva	MF: acelerómetros MC: <i>Test of everyday attention for children</i>	x	4755	11-13	- El aumento de AF moderada-vigorosa, se asoció con unos mejores resultados de función ejecutiva/atención en adolescentes varones - Los resultados fueron menos convincentes en mujeres
Hillman	2009	Analizar la relación entre AF y control ejecutivo	MF: <i>Fitnessgram</i> . MC: <i>Eriksen flanker task</i> ; <i>Kaufman Brief Intelligence Test</i> (KBIT); electroencefalogramas (actividad cerebral [<i>Event-related potencial-ERP</i>])	Se tuvo en cuenta la capacidad aeróbica de los sujetos (bajo vs. alto nivel de capacidad aeróbica)	38	8-11	- La alta capacidad aeróbica se relacionó con una mejor función cognitiva - Los datos neuroeléctricos apoyan las diferencias en la ejecución de la tarea
Best	2012	Analizar si el uso de videojuegos activos (<i>exergaming</i>) influye en la función ejecutiva de niños	MC: función ejecutiva a través de <i>Flanker task</i> modificado (Rueda et al., 2004)	Se realizaron 2 grupos, uno de ellos practicó con videojuegos físicamente activos y otro con videojuegos normales (sedentarios)	33	6-10	- La participación cognitiva en juegos no tuvo efecto alguno sobre la ejecución de la tarea, sin embargo hubo mejoras sustanciales en el grupo de videojuegos físicamente activos
Chomitz	2009	Determinar la relación entre AF y RA en colegios públicos urbanos	MF: <i>Fitnessgram</i> MC: test de RA de puntuación <i>Massachusetts Comprehensive assessment system</i> con test en matemáticas e inglés	x	1478	10-12	- Hubo diferencias estadísticas significativas en la relación entre AF y RA tanto en matemáticas como en inglés
Pirrie	2013	Investigar la influencia de la AF moderada-vigorosa en los procesos cognitivos de planificación y atención	MF: monitor de frecuencia cardíaca para medir la intensidad MC: <i>Test Cognitive Assessment System</i> (CAS) (Das y Naglieri, 1997)	x	40	9-10	- Hubo mejoras significativas en los test de planificación después de la realización de AF. No se observaron mejoras en atención

Tabla 2 (continuación)

Primer autor	Año	Objetivo principal	Medidas	División de la muestra	n	Edad (años)	Principales conclusiones
Syväoja	2013	Determinar la relación entre medidas objetivas y subjetivas de AF, comportamiento sedentario y RA en niños finlandeses	MF: medidas objetivas de AF: acelerómetros; medidas subjetivas Cuestionario <i>Who health behavior in school-aged children</i> (HBSC) MC: RA: promedio de calificaciones proporcionadas por los servicios de educación de la ciudad de Jyväskylä	x	277	11-13	- Las medidas subjetivas de AF/Autoinformes fueron directamente proporcionales al RA - El comportamiento sedentario tuvo una asociación negativa - Medidas objetivas de AF no se relacionaron con RA
Wang	2014	Investigar el efecto del gasto energético diario en el RA	MF: gasto energético: 3 <i>Day physical activity recall</i> (3-DPAR), la intensidad de las actividades fue categorizada en baja intensidad, media y alta MC: RA a través de calificaciones obtenidas en centros	x	1065	9-12	- Los estudiantes con un gasto energético moderado fueron los que mayores efectos consiguieron en RA - Los chicos con mejor RA estaban dentro de intensidad intermedia - Las chicas, con mayores resultados académicos en intensidad baja

AF: actividad física; IMC: índice de masa corporal; FCmáx: frecuencia cardíaca máxima; MC: medidas cognitivas; MF: medidas físicas; RA: rendimiento académico; VO₂máx: consumo máximo de oxígeno.

Tabla 3

Descripción de los programas de intervención llevados a cabo en los seis estudios experimentales revisados

Autor	Año	Descripción del programa de intervención	Tiempo sesión (min)	Frecuencia semanal (días)	Duración intervención (meses)
Ahamed	2007	AF con el programa <i>Action Schools! BC</i> dentro de clase impartida por propios tutores incluyendo actividades de danza, skipping, etc.	15	5	16
Coe	2006	Control y observación sistemática de la AF realizada (tiempo e intensidad), para analizar los efectos de esta en el RA	Libre	Libre	9
Chaddock	2013	Se llevó a cabo un programa para mejorar la salud cardiovascular, concretamente <i>Fit kid CATCH</i>	120	5	9
Kamijo	2011	Un día a la semana se realizaba AF moderada-vigorosa controlando FC y otro AF normal (clase tradicional de educación física). En el fin de semana se motivaba al grupo experimental a seguir practicando AF con sus familias	120	5	9
Hansen	2014	La impartían los propios tutores, instruidos para impartir AF moderada-vigorosa	100	Más de 3	36
Tompkins	2012	Los participantes del programa elegían la AF que querían realizar (caminar, trotar, correr, fútbol, saltar la cuerda o baloncesto). Todos los participantes portaban un monitor de FC y se pedía que mantuvieran su FC dentro de los rangos de AF moderada-vigorosa (entre 120-180 lpm)	45	3	3

AF: actividad física; FC: frecuencia cardíaca; lpm: latidos por minuto; RA: rendimiento académico.

hubo relación significativa en la prueba de lectura). Ahamed et al.¹² y Coe et al.¹⁷ no obtienen resultados estadísticos significativos entre AF y RA, coincidiendo con los resultados relativos a los artículos descriptivos anteriormente analizados.

Los dos artículos restantes, de Chaddock-Heyman et al.⁹ y Kamijo et al.²⁷, estudian activación cerebral y memoria de trabajo, hallando ambas investigaciones efectos cognitivos positivos.

Revisiones

En cuanto a las revisiones halladas en la literatura, es destacable el amplio número de estas frente a artículos descriptivos y de intervención. Encontramos seis revisiones sistemáticas, entendiendo estas como aquellas que utilizan un protocolo de búsqueda, incluyendo solo una de ellas¹¹ metaanálisis y cinco revisiones narrativas.

Tanto los resultados de cinco de las revisiones sistemáticas como las conclusiones de la totalidad de los artículos narrativos consultados apoyan los efectos positivos de la AF sobre la cognición de los

niños y sostienen que esta desempeña un importante papel en el RA de los más jóvenes. Únicamente la revisión de Keeley y Fox¹⁵, con 18 artículos analizados, apunta a una débil asociación entre AF, condición física y RA y cognitivo.

Discusión

La presente revisión fue realizada con el objeto de analizar los efectos del ejercicio físico sobre los procesos cognitivos del niño/a, así como las pautas de AF más adecuadas para alcanzarlos. Los resultados de la revisión muestran cómo la AF tiene una influencia positiva sobre el control cognitivo en general, si bien los resultados difieren en lo referido a RA donde parece existir una débil asociación teniendo en cuenta las investigaciones sometidas a revisión.

Los beneficios de la AF sobre la salud cerebral son contundentes. Según Khan y Hillman²⁸ la infancia es un periodo crítico en el desarrollo del cerebro caracterizado por la maduración prolongada de circuitos destinados a apoyar las operaciones cerebrales,

Tabla 4
Principales características de los artículos de intervención analizados en la revisión

Primer autor	Año	Objetivo principal	Medidas	División de la muestra	n	Edad (años)	Principales Conclusiones
Ahamed	2007	Analizar efectividad del programa <i>Action Schools! BC</i> sobre el RA	MF: <i>Physical Activity Questionnaire for Children</i> (PAQ-C). MC: <i>Canadian Achievement Test</i> (CAT-3) (TotScore) para medir RA	Aleatorizada	288	10-12	- No hay diferencias entre los grupos en lo que a RA se refiere - El programa consigue mejorar la forma física de los sujetos sin influir de manera negativa en el RA
Coe	2006	Determinar los efectos de las clases de educación física y la AF sobre el RA	MF: SOFIT, 3DPAR MC: Resultados en las asignaturas de matemáticas, ciencias, inglés, sociales con el test (Terra Nova percentiles)	Se utilizó 3-D <i>physical activity recall</i> (3DPAR) para determinar la AF realizada, dividiendo al grupo en 1 (Nada AF) 2 (Algo AF) 3 (AF dentro de niveles recomendados)	214	11-12	- Aunque no hubo diferencias significativas en relación con el RA entre los grupos, las puntuaciones más altas fueron asociadas al grupo 3
Chaddock	2013	Evaluar la influencia de un programa de AF de 9 meses de duración en la activación cerebral en la infancia	MF: VO ₂ máx, IMC MC: Imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI), <i>Kaufman Brief Intelligence Test</i> (KBIT)	Aleatorizada	32	8-9	- La disminución de la activación frontal cerebral está asociada a un mejor control cognitivo. El grupo de intervención sufre dicha disminución - La AF en la infancia desarrolla elementos específicos involucrados en la función del córtex cerebral
Kamijo	2011	Examinar los efectos de 9 meses de trabajo de AF sobre salud cardiovascular y memoria de trabajo	MF: VO ₂ máx utilizando protocolo de Balke modificado (American College of Sports Medicine, 2006) MC: <i>Sternberg task</i> modificado; <i>Event-related brain</i> utilizando electrodos para medir función neurocognitiva	Aleatorizada	43	7-9	- El incremento de la salud cardiovascular está asociado a un mejor control cognitivo de la memoria de trabajo en niños
Hansen	2014	Analizar asociación lineal y no lineal de la AF, la condición física y el RA	MF: PACER MC: <i>Weschler individual achievement test</i> (3.ª edición) para medir RA. (La prueba mide lectura, ortografía y matemáticas)	Diecisiete escuelas aleatorizadas (9 intervención y 8 control)	687	7-9	- La condición física tuvo una asociación positiva con ortografía y con matemáticas

AF: actividad física; IMC: índice de masa corporal; MC: medidas cognitivas; MF: medidas físicas; RA: rendimiento académico; VO₂máx: consumo máximo de oxígeno.

permitiendo este desarrollo oportunidades únicas para optimizar las funciones cognitivas a través de la AF. En este sentido, Chaddock-Heyman et al.⁹, en su intervención para analizar la influencia de un programa de AF, sobre la activación cerebral en la infancia, consiguen disminuir la activación frontal del grupo experimental, mejorando su control cognitivo. Revisiones como las de Haapala²⁹ o Hillman et al.¹⁶ evidencian los efectos positivos de la AF sobre la salud cerebral o sobre aspectos más específicos como la atención, concentración o memoria de trabajo. Kamijo et al.²⁷ observan efectos sobre la memoria de trabajo en niños de 7 a 9 años tras un programa de nueve meses de duración. Investigaciones como las de Liang et al.³⁰ o Chaddock et al.³¹ por su parte, aprecian una relación negativa entre una baja condición física y niveles de atención y control cognitivo respectivamente.

En cuanto al tipo de ejercicio físico analizado por los diferentes artículos objeto de estudio, la práctica de AFMV parece perfilarse como la que produce mejores resultados. Autores como Booth et al.²⁵ con un estudio observacional donde analizan los efectos del volumen de AF y en el que participaron 4755 niños/as de 11

a 13 años de edad, asocian la AFMV a mejores resultados de función ejecutiva/atención. Pirrie y Lodewyk¹⁴ tras una sesión en la que se incluyeron 20 min de AFMV, y Kamijo et al.²⁷ con una sesión semanal de AFMV incluida en su programa de intervención, consiguen efectos sobre planificación y control cognitivo. Hillman et al.¹⁹ asocian la alta capacidad aeróbica a una mejor función ejecutiva. Coe et al.¹⁷ observan de igual manera mejor RA en los sujetos que registraron los niveles más altos en cuanto a intensidad de AF, aunque en dicha investigación no llegaron a establecerse diferencias significativas entre grupos.

En lo referido finalmente a los resultados de RA, la totalidad de las investigaciones consultadas, a excepción de las correspondientes a Hansen et al.²⁰ y Syväoja et al.²², señalan una débil asociación con la práctica de ejercicio físico. Hansen et al.²⁰ obtienen resultados en ortografía y matemáticas a través del *Weschler individual achievement test* (3.ª edición). Syväoja et al.²² solo relacionan el RA con la AF medida subjetivamente, sin embargo, a través de acelerómetros, no hallan diferencia alguna entre grupos. El resto de los estudios consultados coinciden en la ausencia de efecto de la

AF en el RA. Estos resultados contradictorios pueden guardar una importante conexión con el método de medición utilizado. Así, se diferencian dos tipos de investigaciones; por un lado, las que tienen en cuenta calificaciones curriculares oficiales, y por otro, las que utilizan test específicos en diferentes áreas de trabajo (lectura, matemáticas, ortografía, idiomas, etc.). Una importante proporción de estudios consultados tiene en cuenta las notas de los centros escolares donde las calificaciones quedan sujetas a multitud de variables extrañas como actitud del alumno en clase, trabajo diario del mismo, exigencia del tutor, clima de estudio en casa, motivación y orientación tutorial, etc. En cuanto a los artículos que utilizan pruebas de habilidades en las diferentes áreas, aunque el método de medición resulta mucho más objetivo, este obvia la habilidad del alumno a la hora de enfrentarse ante las características del test, los procesos de aprendizaje previos del discente, etc. Teniendo en cuenta estos factores, a nuestro juicio la utilización de variables de RA resulta delicada ya que, a pesar de que la AF puede tener efectos sobre este, los resultados sobre el rendimiento del alumno podrían ser apreciables a largo plazo y difícilmente cuantificables.

En conclusión, la AF tiene una influencia positiva sobre los procesos cognitivos del discente si bien estos efectos no parecen ser apreciables en su RA a corto plazo. La utilización del RA como variable utilizando calificaciones escolares parece poco acertada, teniendo la mayoría de los artículos consultados al respecto resultados débiles o nulos. Por otro lado parece existir una fuerte relación entre intensidad de AF y funciones ejecutivas, por lo que más investigación resultaría de gran interés para la comunidad científica.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Lanigan J. Physical activity for young children: A quantitative study of child care providers' knowledge, attitudes, and health promotion practices. *Early Childhood Educ J.* 2014;42(1):11–8.
2. Pontifex MB, Raine LB, Johnson CR, Chaddock L, Voss MW, Cohen NJ, et al. Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *J Cogn Neurosci.* 2011;23(6):1332–45.
3. Howie EK, Pate RR. Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *J Sport Health Sci.* 2012;1(3):160–9.
4. Ruiz Llamas G, Cabrera Suárez D. Los valores en el deporte. *Rev Educ.* 2004;335:9–19.
5. Colín-Ramírez E, Castillo-Martínez L, Orea-Tejeda A, Vergara-Castañeda A, Keirns-Davis C, Villa-Romero A. Outcomes of a school-based intervention (RES-CATE) to improve physical activity patterns in Mexican children aged 8–10 years. *Health Educ Res.* 2010;25(6):1042–9.
6. Escalante Y, Saavedra JM, García-Hermoso A, Domínguez A. Improvement of the lipid profile with exercise in obese children: A systematic review. *Prev Med.* 2012;54(5):293–301.
7. Taverno Ross SE, Byun W, Dowda M, McIver KL, Saunders RP, Pate RR. Sedentary behaviors in fifth-grade boys and girls: Where, with whom, and why? *Child Obes.* 2013;9(6):532–9.
8. González J, Portolés A. Actividad física extraescolar: relaciones con la motivación educativa, rendimiento académico y conductas asociadas a la salud. *Rev Iberoam Psicol Ejerc Dep.* 2014;1(9):51–65.
9. Chaddock-Heyman L, Erickson KI, Voss MW, Knecht AM, Pontifex MB, Castelli DM, et al. The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: A randomized controlled intervention. *Front Hum Neurosci.* 2013;7(7):1–13.
10. Chomitz VR, Slining MM, McGowan RJ, Mitchell SE, Dawson GF, Hacker KA. Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *J Sch Health.* 2009;79(1):30–7.
11. Fedewa AL, Ahn S. The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: A meta-analysis. *Res Q Exerc and Sport.* 2011;82(3):521–35.
12. Ahamed Y, Macdonald H, Reed K, Naylor PJ, Liu-Ambrosed T, McKay H. School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;39(2):371–6.
13. LeBlanc MM, Martin CK, Han H, Newton R Jr, Sothorn M, Webber LS, et al. Adiposity and physical activity are not related to academic achievement in school-aged children. *J Dev Behav Pediatr.* 2012;33(6):486–94.
14. Pirrie AM, Lodewyk KR. Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. *Ment Health Phys Act.* 2012;5(1):93–8.
15. Keeley T, Fox K. The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children. *Int Rev Sport and Exerc Psychol.* 2009;2(2):198–214.
16. Hillman CH, Kamijo K, Scudder M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev Med.* 2011;52 Suppl 1:S21–8.
17. Coe DP, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(8):1515–9.
18. Welk GJ, Morrow JRJ, Falls HB. *FITNESSGRAM reference guide.* Dallas: Cooper Institute; 2002.
19. Hillman CH, Buck SM, Themanson JR, Pontifex MB, Castelli DM. Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Dev Psychol.* 2009;45(1):114–29.
20. Hansen DM, Herrmann SD, Lambourne K, Lee J, Donnelly JE. Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(12):2279–85.
21. Eriksen CW, Eriksen BA. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept Psychophys.* 1974;16(1):143–9.
22. Syväoja HJ, Kantomaa MT, Ahonen T, Hakonen H, Kankaanpää A, Tammelin TH. Physical activity, sedentary behavior, and academic performance in Finnish children. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(11):2098–104.
23. Tremblay MS, Inman JW, Willms JD. The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement in 12-year-old children. *Pediatr Exerc Sci.* 2000;12:312–23.
24. Wang PS, Huang YC, Wu SF, Wang KM. Effects of daily energy expenditure on academic performance of elementary students in Taiwan. *Jpn J Nurs Sci.* 2014;11(1):1–9.
25. Booth JN, Tomporowski PD, Boyle JM, Ness AR, Joinson C, Leary SD, et al. Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Ment Health Phys Act.* 2013;6(3):212–9.
26. Tompkins CL, Hopkins J, Goddard L, Brock DW. The effect of an unstructured, moderate to vigorous, before-school physical activity program in elementary school children on academics, behavior, and health. *BMC Public Health.* 2012;12:300.
27. Kamijo K, Pontifex MB, O'Leary KC, Scudder MR, Wu CT, Castelli DM, et al. The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Dev Sci.* 2011;14(5):1046–58.
28. Khan NA, Hillman CH. The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatr Exerc Sci.* 2014;26(2):138–46.
29. Haapala EA. Physical activity, academic performance and cognition in children and adolescents. A systematic review. *Balt J Health Phys Act.* 2012;4(1):147–55.
30. Liang J, Matheson BE, Kaye WH, Boutelle KN. Neurocognitive correlates of obesity and obesity-related behaviors in children and adolescents. *Int J Obes (Lond).* 2014;38(4):494–506.
31. Chaddock L, Pontifex MB, Hillman CH, Kramer AF. A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *J Int Neuropsychol Soc.* 2011;17(6):975–85.