

Efectos de la actividad física sobre el funcionamiento cognitivo en preadolescentes

Effects of Physical Activity on Cognitive Functioning in a Sample of Preadolescent Children

VICTORIA GALLEGO ZUMAQUERO

ANTONIO HERNÁNDEZ MENDO

Facultad de Psicología
Universidad de Málaga (España)

RAFAEL ENRIQUE REIGAL GARRIDO

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte,
Grupo de Investigación CTS-642 (IDAFISAD)
Universidad de Granada (España)

ROCÍO JUÁREZ RUIZ DE MIER

Hospital Xanit Internacional, Benalmádena, Málaga (España)

Correspondencia con autor

Rafael Enrique Reigal Garrido
rafareigal@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la actividad física en el funcionamiento cognitivo de una muestra preadolescente. Participaron 62 preadolescentes (niños, $n = 32$; niñas, $n = 30$) de la ciudad de Málaga (España), con edades comprendidas entre 10 y 12 años ($M = 10,48$; $DT = ,54$). Se empleó un diseño cuasi-experimental con un grupo control y otro experimental. Para evaluar el funcionamiento cognitivo se empleó el Test de Claves y el de Búsqueda de Símbolos de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños (WISC-IV), así como las pruebas Interferencia, Senderos grises y Senderos de color de la batería Evaluación Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN). Asimismo, como variables de control se analizó el tiempo dedicado al estudio y al descanso, así como la condición física a través de la composición corporal, el consumo de oxígeno máximo y el test de salto horizontal. Los resultados obtenidos indican efectos significativos de la práctica física regular sobre algunas medidas de funcionamiento cognitivo evaluadas, aunque los datos deben ser interpretados con cautela por la ausencia de significación en otras medidas analizadas.

Palabras clave: actividad física, funcionamiento cognitivo, preadolescencia, estilo de vida

Abstract

Effects of Physical Activity on Cognitive Functioning in a Sample of Preadolescent Children

The aim of this study was to analyse the effects of physical activity on cognitive functioning in a sample of preadolescent children. The participants in the study were 62 preadolescents (boys, $n = 32$; girls, $n = 30$) from the city of Malaga (Spain), aged between 10 and 12 years ($M = 10.48$; $SD = 0.54$). The study was based on a quasi-experimental pre-post design with one control and one experimental group. The instruments used to evaluate the cognitive skills were the Coding and Symbol Search tests of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), as well as Interferencia, Senderos grises and Senderos de color of the Neuropsychological Assessment of Executive Functions battery for children (ENFEN). Also, as control variables, the study and rest time, as well as physical condition through body composition, maximal oxygen consumption and the standing long jump test were analysed. The results indicate significant effects of practising regular physical exercise on some measures of cognitive functioning assessed, although the data should be interpreted with caution due to the lack of significance in other measures analysed.

Keywords: *physical activity, cognitive functioning, preadolescence, lifestyle*

Introducción

Son numerosas las investigaciones que han señalado la repercusión positiva que tiene la práctica de actividad física regular sobre salud en la infancia y la adolescencia (Chaput et al., 2013; Mota et al., 2012). Específicamente, el estudio de los efectos del ejercicio físico sobre el funcionamiento cognitivo en estas edades se ha incrementado notablemente en los últimos años, motivado en gran medida por los hallazgos en áreas de conocimiento neurocientíficas que han aportado información de gran relevancia (Chaddock et al., 2014; Hillman, Erickson, & Kramer, 2008; Tomporowski, Lambourne, & Okumura, 2011).

Entre otros factores, se considera que los efectos fisiológicos del ejercicio, las exigencias motoras o la compleja toma de decisiones presente en las diversas situaciones deportivas podrían influir en el funcionamiento del cerebro (Best, 2010; Chang, Tsai, Chen, & Hung, 2013). Tradicionalmente se ha utilizado información procedente de estudios en animales para sugerir cambios a nivel estructural, con procesos como la angiogénesis, la neurogénesis o la plasticidad neural, en áreas cerebrales como la corteza motora, prefrontal o el hipocampo (Erickson, Gildengers, & Butters, 2013; Wang & Van Praag, 2012). Aunque no se encuentra tan ampliamente descrito en humanos, las técnicas actuales de neuroimagen están permitiendo analizar y confirmar estos cambios (Chaddock et al., 2010; Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011; Hillman et al., 2008).

Diversos estudios en la infancia y la adolescencia han indicado relaciones positivas entre la práctica de actividad física y el funcionamiento ejecutivo (Best, 2010; Chaddock et al., 2012, 2013; Tomporowski et al., 2011), la memoria (Chaddock et al., 2010; Chaddock, Hillman, Buck, & Cohen, 2011), la atención (Budde, Voelcker-Rehage, PietraByk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008; Trudeau & Shephard, 2008) o el procesamiento del lenguaje (Scudder, Federmeier, Raine, Direito, & Boyd, 2014). Entre otras razones, este fenómeno es de una especial importancia en estas edades dado que la capacidad cognitiva es un elemento que afecta al desarrollo psicosocial de las personas y pueden determinar el éxito en los procesos de adaptación al entorno (Richland & Burchinal, 2013; Wenner, Bianchi, Figueredo, Rushton, & Jacobs, 2013; Castelli & Hillman, 2012).

En el conjunto de capacidades cognitivas, las funciones ejecutivas y la velocidad de procesamiento tie-

nen un papel relevante. Las primeras se refieren a un conjunto de capacidades implicadas en el control del pensamiento y la conducta, así como en la correcta adaptación al medio (Wenner et al., 2013; Zelazo & Carlson, 2012), permiten organizar y planificar una tarea, seleccionar objetivos, iniciar y mantener un plan de acción, ser flexible en las estrategias aplicadas o inhibir estímulos irrelevantes (Banich, 2009; Diamond, 2006). Algunos modelos teóricos han sugerido que se trata de un constructo único, sin embargo otros establecen una estructura multidimensional (Burgess et al., 2006; Stelzer, Mazzoni y Cervigni, 2014). Desde esta última perspectiva, Diamond (2006) propuso que la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva eran procesos constituyentes de las funciones ejecutivas.

Por otro lado, la velocidad de procesamiento cognitivo se refiere al tiempo empleado por una persona en percibir un estímulo, procesarlo y emitir una respuesta (Ríos-Lago y Periañez, 2010). La velocidad de procesamiento se encuentra estrechamente vinculada a otros aspectos de la cognición, como las funciones ejecutivas, interaccionando activamente con ellas y pudiendo predecir el rendimiento obtenido en diferentes tareas (Cepeda, Blackwell, & Munakata, 2013; Cowan, 2005). Como ejemplo, se ha observado que las mejoras en la velocidad de procesamiento han estado vinculadas con una memoria de trabajo más eficaz, lo que ha contribuido a un desarrollo más positivo del razonamiento en niños y adolescentes (Kail, 2007; Kail & Ferrer, 2007).

En esta línea, se han puesto de relieve beneficios de la actividad física sobre el funcionamiento ejecutivo, en aspectos como la capacidad de planificación o el control inhibitorio (Chaddock et al., 2013; Davis et al., 2011; Hillman et al., 2009; Hillman, Snook, & Jerome, 2003). También se han descrito relaciones positivas entre la condición física, fundamentalmente la capacidad aeróbica, y la flexibilidad cognitiva o el control inhibitorio (Buck, Hillman, & Castelli, 2007; Wu et al., 2011). Asimismo, se han hallado asociaciones entre el rendimiento aeróbico y la velocidad de procesamiento en estas edades, mostrando los participantes con mejor condición física un menor tiempo de respuesta ante diferentes tareas y una menor latencia en la activación cortical a través de registros electroencefálicos (Hillman, Castelli, & Buck, 2005; Pontifex et al., 2011).

En base a los antecedentes descritos, la presente investigación analiza los efectos de la práctica física en el

funcionamiento cognitivo de muestra de preadolescentes, concretamente sobre las funciones ejecutivas y la velocidad de procesamiento. Como medida de control se evaluaron los cambios producidos en diversas pruebas de condición física para mostrar si había diferencias entre los que practicaban o no actividad física de manera regular.

Método

Muestra

Participaron en esta investigación 62 preadolescentes (género masculino, $n = 32$; género femenino, $n = 30$) de Málaga capital, en edades comprendidas entre los 10 y 12 años ($M \pm DT$: edad = $10,52 \pm ,56$ años; altura = $147,70 \pm 7,79$ cm; peso = $44,77 \pm 9,40$ kg; IMC = $20,38 \pm 3,22$ kg · m⁻²). Los criterios de exclusión fueron: problemas de salud que pudieran afectar a la investigación y no presentar consentimiento informado. Los participantes se organizaron en dos grupos, control (no practicaban actividad física regular en horario extraescolar; $n = 29$, 13 niños y 16 niñas) y experimental (sí que practicaban habitualmente; $n = 33$, 19 niños y 14 niñas).

Instrumentos y medidas

a) Evaluación cognitiva I: velocidad de procesamiento cognitivo. Para evaluar esta capacidad se emplearon los test de Claves y el de Búsqueda de Símbolos de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños (WISC-IV) (Wechsler, 2005). El test de Claves consiste en copiar una serie de símbolos que aparecen emparejados a una figura geométrica o a un número en un tiempo máximo de 120 segundos. El test WISC-IV consiste en observar dos grupos de símbolos y determinar si alguno de los presentes en un grupo aparece en el segundo en un tiempo de 120 segundos. Estos test evalúan fundamentalmente velocidad de procesamiento cognitivo, aunque también otras capacidades como memoria a corto plazo, atención y flexibilidad cognitiva. Se han calculado las puntuaciones escalares de cada prueba y se ha obtenido el índice de velocidad de procesamiento a partir de ellas.

b) Evaluación cognitiva II: funciones ejecutivas. Para evaluar estas destrezas se emplearon los test de Interferencia y Senderos, de la batería Evaluación neuropsicológica de funciones ejecutivas en niños (ENFEN) (Portellano, Martínez-Arias, & Zumárraga, 2014). La prueba de Interferencia evalúa el control atencional e

inhibitorio. Se trata de una tarea inspirada en el efecto Stroop en la que se presentan 39 palabras divididas en tres columnas, 13 palabras por cada una de ellas. Contienen los nombres azul, amarillo, verde y rojo, escritos con tinta de estos mismos colores pero nunca coinciden con su correspondiente color. Los participantes deben decir el color en el cual está impresa la palabra, inhibiendo la tendencia a pronunciar la palabra. Se registra el tiempo que se tarda en nombrar todos los colores de todas las columnas.

Por otro lado, la prueba Senderos está constituida por dos subpruebas, Senderos grises y Senderos de color. En la tarea Senderos grises, aparece un mapa de número del 1 al 20 distribuidos en una hoja, debiéndose unir con una línea desde el 20 al 1 lo más rápido posible. Se contabiliza el tiempo que tarda cada participante en realizar dicho test. En la tarea Senderos de color, aparece un mapa de números del 1 al 21 distribuidos en una hoja, siendo la mitad de color amarillo y el resto de color rosa. Se deben unir con trazos desde el 1 al 21 alternando colores. Se registra el tiempo que tarda cada participante en realizar dicho test. Estos test evalúan memoria de trabajo, atención selectiva, percepción visoespacial y flexibilidad cognitiva, especialmente la prueba Senderos de color.

Los resultados obtenidos en Interferencia y Senderos se han presentado como puntuaciones tipificadas (decatipos).

c) Práctica física, tiempo de descanso y tiempo de estudio. Se utilizó un cuestionario elaborado *ad hoc* para analizar la práctica física realizada, el tiempo de descanso y el tiempo de estudio. En él, se preguntaba si se realizaba práctica física en el tiempo libre, la frecuencia de práctica y el tipo de práctica realizada. Además, se preguntó por el tiempo dedicado regularmente al estudio y al descanso, para controlar esta posible variable contaminante.

d) Condición física. Se evaluó de forma indirecta el $VO_{2m\acute{a}x}$ a través del test de 1000 metros, utilizando la fórmula $VO_{2m\acute{a}x}$ (ml/kg/min) = $74,8665 - 6,5125 * t$ (tiempo en minutos) + E (error estándar de predicción) (Melchor, Montaña, Díaz, & Cervantes, 2013). Además se efectuó el test de salto horizontal para evaluar la fuerza explosiva en los miembros inferiores (Eurofit, 1993).

Procedimiento

Se contactó con el centro escolar y se solicitó permiso a la dirección del centro para efectuar la

	Grupo control					Grupo experimental				
	M	DT	A	K	SW	M	DT	A	K	SW
Salto (cm)										
Pre	130,29	17,97	-,82	,07	,93	128,91	18,52	,34	,50	,97
Post	134,03	17,78	-,68	,19	,95	135,12	16,77	,43	,51	,98
VO _{2máx} (ml/kg/min)										
Pre	41,75	3,65	-,70	-,07	,95	41,17	3,34	-,27	,21	,98
Post	42,51	3,71	-,81	-,33	,94	42,45	3,28	-,41	,17	,97
Descanso (min)										
Pre	553,62	46,37	-,83	1,24	,94	558,44	58,22	-,78	,08	,91*
Post	549,21	39,98	-,80	,36	,92*	568,78	48,80	-,56	,95	,94
Estudio (min)										
Pre	138,62	61,80	,32	-,76	,92*	110,63	57,25	,48	-,76	,92*
Post	142,17	71,60	,68	-,12	,93	117,47	54,33	,46	-,14	,93

A = asimetría; K = Curtosis; SW = Shapiro-Wilk; VO_{2máx} = consumo de oxígeno máximo.

Tabla 1. Descriptivos y prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para las medidas de condición física, tiempo de descanso y estudio

investigación. Además se obtuvo consentimiento informado de los padres o tutores legales y durante el proceso de investigación se respetaron los principios éticos de la declaración de Helsinki (2000). Se realizaron dos evaluaciones, inicial y final. Entre ellas, los participantes del grupo experimental estuvieron involucrados en programas de actividad física, entre dos y cinco días de práctica semanal. Los integrantes del grupo control no realizaron ningún tipo de actividad física o la hicieron ocasionalmente. Las pruebas de evaluación cognitiva las efectuaron psicólogos especializados, empleándose 45 minutos por alumno. El profesorado de educación física realizó la evaluación de la condición física, empleándose 20 minutos en cada participante.

Análisis de datos

Se realizaron análisis descriptivos e inferenciales. La normalidad fue explorada con el test de Shapiro-Wilk. La prueba de Levene fue realizada para analizar la homogeneidad de varianzas. Se utilizaron análisis de la varianza (ANOVA) bifactorial para analizar las medidas de funcionamiento cognitivo, el test de salto horizontal y el consumo de oxígeno. Las comparaciones simples para los casos significativos se efectuaron a través del estadístico de Bonferroni. Para analizar el tiempo de descanso y estudio, por falta de distribución normal, se aplicaron técnicas no paramétricas (*U* de Mann-Whitney y Wilcoxon). Todos los

análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS v.20.

Resultados

Análisis de la condición física y tiempo dedicado al estudio y al descanso

En la *tabla 1* se muestran los análisis descriptivos y de normalidad para las medidas de condición física, tiempo de descanso y estudio. Los resultados de la prueba Shapiro-Wilk indicaron que los datos presentaban una distribución normal en los casos del salto horizontal y el consumo de oxígeno, aunque no en el tiempo de descanso y estudio.

Los ANOVA factoriales mixtos realizados para las medidas de salto y consumo de oxígeno indicaron valores significativos en los efectos principales de la variable *pre-post* para las medidas salto horizontal ($F_{[1,60]} = 103,21$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,62$; $1-\beta = ,99$) y consumo de oxígeno ($F_{[1,60]} = 67,57$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,52$; $1-\beta = ,99$), aunque no en los efectos principales de la variable *grupo*. Asimismo, se observaron efectos de interacción significativos los valores del salto horizontal ($F_{[1,60]} = 6,33$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,09$; $1-\beta = ,70$) y consumo máximo de oxígeno ($F_{[1,60]} = 4,55$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$; $1-\beta = ,56$). La prueba de Levene indicó que existía homogeneidad de varianza en cada medida y evaluación ($p > ,05$).

En la *tabla 2* se observan las comparaciones simples entregrupos e intragrupos (Bonferroni). Como muestra,

no hubo diferencias entre los grupos en las medidas *pre* y *post*. Asimismo, ambos grupos mejoraron las puntuaciones en la evaluación final, aunque el grupo experimental presentó mayores diferencias.

	Grupo		Factor	
	Control Pre vs Post	Experimental Pre vs Post	Pretest C vs E	Posttest C vs E
Salto	-3,74***	-6,21***	1,38	-1,09
Resistencia	-,75***	-1,28***	,58	,06

C = grupo control; E= grupo experimental.
*** $p < ,001$.

Tabla 2. Comparaciones simples para cada prueba de condición física

	Grupo		Factor	
	Control Pre vs Post	Experimental Pre vs Post	Pretest C vs E	Posttest C vs E
Tiempo de descanso	-,66	-1,10	-,75	-1,76
Tiempo de estudio	-,27	-1,21	-1,78	-1,22

C = grupo control; E= grupo experimental.

Tabla 3. Comparaciones simples para tiempo de descanso y estudio

	Grupo control					Grupo experimental				
	M	DT	A	K	SW	M	DT	A	K	SW
Símbolos										
Pre	11,21	2,14	,11	-,06	,96	10,82	2,46	-,01	-,64	,96
Post	12,72	2,53	,14	-,93	,95	12,55	2,71	,43	,02	,96
Claves										
Pre	10,97	2,83	-,45	-,24	,95	10,09	1,81	,23	,84	,96
Post	11,83	2,25	-,55	,59	,94	11,97	2,14	,63	,58	,95
VP										
Pre	107,14	10,56	-,32	-,39	,96	103,97	9,10	,18	,07	,97
Post	113,17	10,18	-,50	-,34	,95	113,09	11,29	,52	1,14	,96
Interferencia										
Pre	6,21	1,61	-,25	-,48	,95	6,20	2,00	-,21	-,36	,96
Post	6,97	1,66	-,65	-,15	,94	6,73	1,18	-,16	-,14	,94
Senderos grises										
Pre	4,31	1,69	,04	-,21	,95	4,24	1,97	,63	-,08	,94
Post	5,72	2,07	-,64	,19	,95	6,64	1,67	-,15	-,80	,94
Senderos de color										
Pre	4,62	1,80	,38	-,09	,94	4,30	2,08	,67	,37	,94
Post	5,69	1,98	-,42	-,63	,94	5,73	2,04	-,20	-,70	,94

VP = índice velocidad de procesamiento; A = asimetría; K = Curtosis; SW = Shapiro-Wilk.

Tabla 4. Medias, desviaciones típicas y prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) de los valores de evaluación cognitiva

La *tabla 3* muestra las comparaciones entre grupos (*U* de Mann-Whitney) e intragrupos (*Wilcoxon*) para las variables tiempo de descanso y estudio. Como se puede observar, no hubo diferencias significativas en ningún caso ($p > ,05$).

Análisis del funcionamiento cognitivo

En la *tabla 4* se muestran los análisis descriptivos y de normalidad para las medidas de funcionamiento cognitivo. Los resultados indicaron que los datos presentaban una distribución normal.

Los ANOVA factoriales mixtos realizados indicaron valores significativos en los efectos principales de la variable *pre-post* para las pruebas WISC-IV ($F_{[1,60]} = 34,85$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,37$; $1-\beta = ,99$), Claves ($F_{[1,60]} = 30,12$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,33$; $1-\beta = ,99$), Velocidad de Procesamiento ($F_{[1,60]} = 53,98$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,47$; $1-\beta = ,99$), Interferencias ($F_{[1,60]} = 8,65$; $p < ,01$; $\eta^2 = ,13$; $1-\beta = ,83$), Senderos grises ($F_{[1,60]} = 69,61$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,54$; $1-\beta = ,99$) y Senderos de color ($F_{[1,60]} = 15,82$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,21$; $1-\beta = ,98$), aunque no en los efectos principales de la variable *grupo*. Asimismo, se observaron efectos de interacción significativos los valores la prueba Claves ($F_{[1,60]} = 4,15$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$; $1-\beta = ,52$) y Senderos grises ($F_{[1,60]} = 4,61$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$; $1-\beta = ,56$). La prueba

de Levene indicó homogeneidad de varianza en cada medida y evaluación ($p > ,05$).

En la *figura 1* se observan las comparaciones simples de los factores con interacción significativa. No hubo diferencias entre las medidas *pre*, aunque sí indicios de significación en la medida *post* ($p = ,60$) de Senderos grises. Además, en todos los casos hubo diferencias entre las medidas *pre* y *post*, en ambos grupos ($p < ,001$), aunque las diferencias fueron más amplias en el grupo experimental.

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue analizar los efectos de la práctica física regular sobre el funcionamiento cognitivo en niños, específicamente en la velocidad de procesamiento de la información y funciones ejecutivas. Los resultados han mostrado efectos positivos sobre algunas de las pruebas analizadas. Esto sitúa a esta investigación en línea con otros estudios que habían analizado los efectos positivos de la práctica física sobre el funcionamiento cognitivo en niños y preadolescentes (Hillman, Kamijo, & Scudder, 2011; Tomporowski et al., 2011; Trudeau & Shephard, 2008).

No obstante, aunque los resultados encontrados sugieren efectos similares a los hallados en otras investigaciones en las que exploraban el funcionamiento ejecutivo y la velocidad de procesamiento (Best, 2010; Chaddock et al., 2010, 2012, 2013; Davis et al., 2011; Tomporowski et al., 2011), en este caso han mostrado menor consistencia de la esperada. De hecho, se han producido efectos positivos en las puntuaciones del test Claves pero no en las del test WISC-IV, los cuales analizan fundamentalmente la velocidad de procesamiento cognitivo. En cualquier caso, a pesar de que la medida compuesta de velocidad de procesamiento tampoco ha indicado efectos significativos, sí presenta una mejora mayor en el grupo experimental, lo que podría sugerir que un seguimiento más prolongado podría revelar cambios más apreciables. De igual forma, se han observado cambios más notables en Senderos grises que en Senderos de color, lo que sugiere que ha podido existir un mayor desarrollo de la capacidad atencional y de la memoria de trabajo que de la flexibilidad cognitiva, la cual tiene mayor peso en Senderos de color.

Por ello, los datos encontrados incitan a pensar que el periodo de investigación ha sido breve y que se podrían haber hallado resultados más sólidos con un mayor tiempo de estudio. A pesar de ello, se ha mejorado el rendimiento en varias de las pruebas ejecutadas, lo que permite considerar la existencia de efectos positivos de la práctica

de actividad física regular. Además, menos en la prueba Interferencia se aprecia una tendencia general a favor de los integrantes del grupo experimental, siendo coherente con los trabajos existentes en la materia y que señalan los beneficios de la práctica regular de ejercicio físico.

En este trabajo se ha efectuado un control de algunos aspectos de la condición física de los participantes, hallándose que aquellos que practicaban actividad física frecuentemente mejoraban también su condición física. Esto se encuentran en consonancia con aquellos trabajos que habían puesto de relieve relaciones significativas entre la condición física y un mejor funcionamiento cognitivo en estas edades en aspectos como la atención, la velocidad de procesamiento cognitivo o las funciones ejecutivas (Buck et al., 2007; Hillman et al., 2005; Pontifex et al., 2011; Wu et al., 2011).

Se considera que la asociación entre la práctica física y el funcionamiento cognitivo puede tener una mejor interpretación cuando se evalúa el rendimiento físico de las muestras estudiadas. Varios trabajos han indicado que diversos aspectos de la condición física, como el rendimiento cardiovascular, son variables capaces de predecir diversos parámetros del funcionamiento cognitivo en niños y adolescentes (Buck et al., 2008; Fedewa & Ahn, 2011; Pontifex et al., 2011). Aunque en esta investigación no se han relacionado estadísticamente dichas variables, parece coherente pensar que la evolución paralela de la condición física y el rendimiento cognitivo podrían estar relacionados.

Este estudio presenta una serie de limitaciones que implican analizar con cautela los datos que se han hallado. En primer lugar, han existido cambios en algunas medidas pero no en otras, lo que requiere tomar con cautela los resultados. En segundo lugar, el tiempo de estudio no ha sido muy extenso lo que requiere prolongar el periodo de análisis. En futuras investigaciones se sugiere emplear diseños longitudinales que generen resultados a largo plazo y que posibiliten extraer conclusiones más fiables sobre esta cuestión. No obstante, con las precauciones señaladas, los datos expuestos en esta investigación sugieren el beneficio que puede tener la práctica física en el desarrollo de los niños y adolescentes, poniéndose en valor la importancia de la promoción y consolidación de hábitos de vida activos para mejorar su salud y bienestar.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Banich, M. T. (2009). Executive Function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94. doi:10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331-351. doi:10.1016/j.dr.2010.08.001
- Buck, S. M., Hillman, C. H., & Castelli, D. M. (2008). The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(1), 166-172. doi:10.1249/mss.0b013e318159b035
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrafytk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., % Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441(2), 219-223. doi:10.1016/j.neulet.2008.06.024
- Burgess, P. W., Alderman, N., Forbes, C., Costello, A., Coates, L. M., Dawson, D. R., ... Channon, S. (2006). The case for the development and use of "ecologically valid" measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(2), 194-209. doi:10.1017/S1355617706060310
- Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2012). Physical activity, cognition, and school performance: From neurons to neighborhoods. En A. L. Meyer & T.P. Gullotta (Eds.), *Physical Activity Across the Lifespan* (pp. 41-63). New York: Springer.
- Cepeda, N. J., Blackwell, K. A., & Munakata, Y. (2013). Speed isn't everything: complex processing speed measures mask individual differences and developmental changes in executive control. *Developmental science*, 16(2), 269-286. doi:10.1111/desc.12024
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Holtrop, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., ... Kramer, A. F. (2014). Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(584), 1-7.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., ... Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172-83. doi:10.1016/j.brainres.2010.08.049
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, ... Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(72), 1-13.
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Cohen, N. J. (2011). Aerobic fitness and executive control of relational memory in preadolescent children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(2), 344-349. doi:10.1249/MSS.0b013e3181e9af48
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Jonhson, C. R., Raine, L. B., & Kramer, A.F. (2012). Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *Journal of Sport Sciences*, 30(5), 421-430. doi:10.1080/02640414.2011.647706
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(6), 1-11. doi:10.1017/S1355617711000567
- Chang, Y., Tsai, Y., Chen, T., & Hung, T. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187-196. doi:10.1007/s00221-012-3360-9
- Chaput, J. P., Saunders, T. J., Mathieu, M. È., Henderson, M., Tremblay, M. S., O'Loughlin, J., & Tremblay, A. (2013). Combined associations between moderate to vigorous physical activity and sedentary behaviour with cardiometabolic risk factors in children. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(5), 477-483. doi:10.1139/apnm-2012-0382
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity: Essays in cognitive psychology*. New York, NY: Psychology Press. doi:10.4324/9780203342398
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., ... Naglieri, J.A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 30(1), 91-98. doi:10.1037/a0021766
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. En E. Bialystok & F. I. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 70-95). Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195169539.003.0006
- Erickson, K. I., Gildengers, A. G., & Butters, M. A. (2013). Physical activity and brain plasticity in late adulthood. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 15(1), 99-108.
- Eurofit (1993). *Eurofit Tests of Physical Fitness* (2.^a ed.). Strasbourg: Committee of Experts on Sports Research.
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research Quarterly For Exercise and Sport*, 82(3), 521-535. doi:10.1080/02701367.2011.10599785
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1967-1974. doi:10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. doi:10.1038/nrn2298
- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Scudder, M. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine*, 52, S21-S28. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.024
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A.F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control of academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054. doi:10.1016/j.neuroscience.2009.01.057
- Hillman, C. H., Snook, E. M., & Jerome, G. J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International Journal of Psychophysiology*, 48(3), 307-314. doi:10.1016/S0167-8760(03)00080-1
- Kail, R. V. (2007). Longitudinal evidence that increases in processing speed and working memory enhance children's reasoning. *Psychological Science*, 18, 312-313. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01895.x
- Kail, R. V., & Ferrer, E. (2007). Processing speed in childhood and adolescence: Longitudinal models for examining developmental change. *Child Development*, 78(6), 1760-1770. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01088.x
- Melchor, M. T., Montaña, J. G., Díaz, F. J., & Cervantes, F. (2013). Desarrollo y validación de una ecuación para estimar el consumo máximo de oxígeno en niños de Secundaria en una prueba de un kilómetro. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 401, 11-17.
- Mota, J., Santos, R. M., Silva, P., Aires, L., Martins, C., & Vale, S. (2012). Associations between self-rated health with cardiorespiratory fitness and obesity status among adolescent girls. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(3), 378-381.

- Pontifex, M. B., Raine, L. B., Johnson, C. R., Chaddock, L., Voss, M. W., Cohen, ... Hillman, C. H. (2011). Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(6), 1332-1345. doi:10.1162/jocn.2010.21528
- Portellano, J. A., Martínez-Arias, R., & Zumárraga, L. (2009). *Evaluación de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Richland, L. E., & Burchinal, M. R. (2013). Early executive function predicts reasoning development. *Psychological Science*, 24(1), 87-92. doi:10.1177/0956797612450883
- Ríos-Lago, M., & Periañez, J. A. (2010). Attention and Speed of information processing. En G. Koob, R.F. Thompson & M. Le Moal (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*. Boston: Elsevier. doi:10.1016/b978-0-08-045396-5.00208-6
- Scudder, M. R., Federmeier, K. D., Raine, L. B., Direito, A., & Boyd, J. K. (2014). The association between aerobic fitness and language processing in children: Implications for academic achievement. *Brain and Cognition*, 87, 140-152. doi:10.1016/j.bandc.2014.03.016
- Soprano, A. M. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.
- Stelzer, F., Mazzoni, C. C., & Cervigni, M. A. (2014). Cognitive models of executive functions development. Methodological limitations and theoretical challenges. *Anales de psicología*, 30(1), 329-336.
- Tomporowski, P. D., Lambourne, K., & Okumura, M. S. (2011). Physical activity interventions and children's mental function: An introduction and overview. *Preventive Medicine*, 52(Suppl 1), S3-S9. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.028
- Trudeau, F., & Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5, 10. doi:10.1186/1479-5868-5-10
- Wang, Z., & Van Praag, H. (2012). Exercise and the Brain: Neurogenesis, Synaptic Plasticity, Spine Density, and Angiogenesis. En H. Boecker, C. H. Hillman, L. Scheef & H. K. Strüder (Eds.), *Functional Neuroimaging in Exercise and Sport Sciences* (pp. 3-24). Springer New York. doi:10.1007/978-1-4614-3293-7_1
- Wechsler, D. (2005). *Escala de Inteligencia de Wechsler para niños (WISC-IV)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Wenner, C. J., Bianchi, J., Figueredo, A. J., Rushton, J., & Jacobs, W. J. (2013). Life History theory and social deviance: The mediating role of executive function. *Intelligence*, 41(2), 102-113. doi:10.1016/j.intell.2012.11.004
- Wu, C. T., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Chaddock, L., Voss, M. W., Kramer, A. F., & Hillman, C. H. (2011). Aerobic fitness and response variability in preadolescent children performing a cognitive control task. *Neuropsychology*, 25(3), 333-341. doi:10.1037/a0022167
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. (2012). Hot and Cool Executive Function in Childhood and Adolescence: Development and Plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4) 354-360. doi:10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x