

PRÁCTICA FÍSICA REGULAR Y FUNCIONAMIENTO COGNITIVO EN UNA MUESTRA ADOLESCENTE

Rafael E. Reigal¹, Jennifer L. Borrego², Rocío Juárez³ y Antonio Hernández-Mendo²

Universidad de Granada¹, España, Universidad de Málaga², España y Vithas Xanit International Hospital³, Málaga, España

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la práctica física regular en el funcionamiento cognitivo de una muestra adolescente. Participaron 38 adolescentes (niños, $n = 20$, niñas, $n = 18$) de la ciudad de Málaga (España), con edades comprendidas entre 13 y 15 años ($M = 14.16$, $DT = 0.44$). 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 Búsqueda de Símbolos de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños (WISC-IV) y el test Stroop. Asimismo, como variables de control, se analizó el consumo de oxígeno máximo y la fuerza en el tren inferior. Los resultados obtenidos indicaron efectos significativos de la práctica física regular sobre las medidas de funcionamiento cognitivo, lo que sugiere la importancia de practicar regularmente actividad física en estas edades para favorecer su desarrollo cognitivo.

PALABRAS CLAVE: Actividad física, condición física, funcionamiento cognitivo, adolescencia.

REGULAR PHYSICAL ACTIVITY AND COGNITIVE FUNCTIONING IN AN ADOLESCENT SAMPLE

ABSTRACT: The aim of this study was to analyse the effects of regular physical activity on cognitive functioning in a sample of adolescent children. The participants in the study were 38 preadolescents (boys, $n = 20$, girls, $n = 18$) from the city of Málaga (Spain), whose age ranged between 13 and 15 years old ($M = 14.16$, $SD = 0.44$). The study was based on a quasi-experimental pre-post design with two groups, control and experimental. The instruments used to evaluate the cognitive skills were Keys and Symbols Search tests of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV) and the Stroop test. Also, as control variables, maximal oxygen consumption and leg strength it was analyzed. The results showed significant effects of regular physical practice on measures of cognitive functioning assessed, suggesting the importance of practicing regular physical activity in these ages with the aim to promote his cognitive development.

KEYWORDS: Physical activity, physical condition, cognitive functioning, adolescence.

PRÁTICA FÍSICA REGULAR E FUNCIONAMENTO COGNITIVO EM UMA AMOSTRA ADOLESCENTE

RESUMO: O objetivo deste estudo foi analisar o efeito da prática física regularmente em funcionamento cognitivo de uma amostra de adolescentes. A amostra foi de 38 adolescentes (meninos, $n = 20$, meninas, $n = 18$) da cidade de Málaga (Espanha), com idade entre 13 e 15 anos ($M = 14.16$, $DP = 0.44$). Foi utilizado um desenho quase-experimental com um grupo controle e um grupo experimental. Para avaliar o funcionamento cognitivo foi utilizado o Teste Key e da Pesquisa Símbolos Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV) e o teste Stroop. Além disso, como variáveis de controle, foi analisado o consumo máximo de oxigênio e a força na parte inferior do corpo. Os resultados mostraram efeitos significativos da prática física regular em medidas de funcionamento cognitivo, sugerindo a importância da prática de atividade física regular nessa faixa etária para promover o seu desenvolvimento cognitivo.

PALAVRAS CHAVE: Atividade física, aptidão física, funcionamento cognitivo, adolescência.

Manuscrito recibido: 06/05/2015
Manuscrito aceptado: 22/10/2015

Dirección de contacto: Rafael E. Reigal Garrido. Grupo de Investigación CTS-642 (IDAFISAD), Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Carretera de Alfacar s/n, 18071, Granada (España).
Correo-e: rafareigal@gmail.com

Son numerosas las investigaciones que han señalado la repercusión positiva de la actividad física regular sobre la salud (González y Portolés, 2014; Lindsay et al., 2014; Martínez-Baena et al., 2012; Ramos, Rivera, Moreno, y Jiménez-Iglesias, 2012; Remmers et al., 2014). Específicamente, el número de estudios que han explorado las relaciones entre actividad física y

funcionamiento cognitivo se ha incrementado en los últimos años (Boucard et al., 2012; Kraft, 2012; Tomporowski, Lambourne, y Okumura, 2011; Van der Niet, Hartman, Smith, y Visscher, 2014). Al interés por analizar los efectos del ejercicio físico en personas mayores (Smith, Nielson, Woodard, Seidenberg, y Rao, 2013; Voelcker-Rehage, Godde, y Staudinger,

2011), se le ha sumado el mostrado en niños y adolescentes. De hecho, las investigaciones en estos grupos de población están presentando evidencias cada vez más consistentes (Hillman, Kamijo, y Scudder, 2011; Monti, Hillman, y Cohen, 2012; Syväoja, Tammelin, Ahonen, Kankaanpää, y Kantomaa, 2014).

Entre otros motivos, los hallazgos obtenidos en diversas áreas de conocimiento neurocientífico han aportado información de gran relevancia para poder seguir profundizando en este fenómeno (Chaddock et al., 2014; Chaddock, Hillman, Buck, y Cohen, 2011; Hillman, Erickson, y Kramer, 2008). Así, a los datos procedentes de las pruebas clásicas que evalúan la atención, la memoria o el funcionamiento ejecutivo, se les han sumado los resultados obtenidos a través de técnicas como la encefalografía, los potenciales evocados o la resonancia magnética estructural y funcional (Chaddock et al., 2010; Chaddock et al., 2013; Hillman et al., 2009; Hillman et al., 2011). De este modo, se han podido analizar en el ser humano algunos de los hallazgos que se habían relatado anteriormente en estudios con animales y en los que se sugerían que la práctica regular de actividad física podía potenciar procesos como la angiogénesis, la neurogénesis o la plasticidad neural, en áreas cerebrales como la corteza motora, prefrontal o el hipocampo (Erickson, Gildengers, y Butters, 2013; Kramer y Erickson, 2007; Wang y van Praag, 2012).

Como muestra, diversas investigaciones en la infancia y la adolescencia han mostrado relaciones positivas entre la práctica de actividad física y el funcionamiento ejecutivo (Best, 2010, Davis et al., 2011; Hillman, Snook, y Jerome, 2003; Tomporowski et al., 2011), la memoria (Chaddock et al., 2010; Chaddock, Hillman, Buck, y Cohen, 2011), la atención (Budde, Voelcker-Rehage, PietraByk-Kendziorra, Ribeiro, y Tidow, 2008; Trudeau y Shephard, 2008), la velocidad de procesamiento cognitivo (Hillman, Castelli, y Buck, 2005; Pontifex et al., 2011) o el procesamiento del lenguaje (Scudder, Federmeier, Raine, Direito, y Boyd, 2014).

Entre ellos, en una investigación desarrollada por Hillman et al. (2009) con niños preadolescentes, con una edad media de 9.5 años, se observaron efectos del ejercicio físico aeróbico sobre el control inhibitorio. En otro realizado por Kubesch et al. (2009), con 81 adolescentes entre 13 y 14 años, hallaron también efectos del ejercicio aeróbico sobre la inhibición y la memoria de trabajo. En otras investigaciones, como las de Buck, Hillman y Castelli (2008), Pontifex et al. (2011) o Hillman, Buck, Themanson, Pontifex y Castelli (2009), realizada con niños y adolescentes, se observó que la actividad física regular y la mejora de la condición física estaba relacionada con un mayor rendimiento en procesos que requerían atención selectiva, control cognitivo y velocidad de respuesta.

En el conjunto de capacidades cognitivas que pueden ser examinadas, las funciones ejecutivas y la velocidad de procesamiento poseen una gran importancia en estas edades. Las primeras están implicadas en el control del pensamiento, la conducta y en las posibilidades de adaptación al medio (Wenner, Bianchi, Figueredo, Rushton, y Jacobs, 2013; Zelazo y Carlson, 2012). Entre otros aspectos, dotan a las personas de la habilidad para 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). 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). Esta capacidad está vinculada a otras destrezas, entre las que destacan las propias funciones ejecutivas, con las que interaccionan activamente (Cepeda, Blackwell, y Munakata, 2013; Kail, 2007; Kail y Ferrer, 2007).

Este fenómeno es de especial valor en estas edades debido a la repercusión que las habilidades cognitivas pueden tener en el desarrollo psicosocial, pudiendo condicionar el éxito en los procesos de adaptación al entorno (Castelli y Hillman, 2012; Richland y Burchinal, 2013; Wenner et al., 2013). Entre otros aspectos, se ha puesto de manifiesto la repercusión positiva que puede tener la actividad física regular sobre el rendimiento académico, observándose una mayor capacidad para afrontar tareas relacionadas con la lectura o las matemáticas (Bass, Brown, Laurson, y Coleman, 2013; Coe, Peterson, Blair, Schutten, y Peddie, 2013; Sardinha, Marques, Martins, Palmeira, y Minderico, 2014).

Son diversas las hipótesis que intentan argumentar este fenómeno, siendo el incremento de la condición física alcanzada una de las variables que se consideran cruciales para explicar los efectos de la práctica física sobre el funcionamiento cognitivo. Aunque existe la necesidad de incrementar el conocimiento sobre estos aspectos, está bien establecido que la capacidad aeróbica es una de las que mejor explica los cambios producidos en el cerebro a causa de la actividad física (Buck et al., 2008; Chaddock et al., 2012; Chaddock, Pontifex, Hillman, y Kramer, 2011; Pontifex et al., 2011; Wu et al., 2011). Para ello, el ejercicio físico, entendido como la realización sistemática y estructurada de actividad física, es fundamental para alcanzar tales objetivos.

La literatura existente ha descrito este fenómeno, aunque existe la necesidad de seguir aportando datos lo consoliden. Por ello, y en base a los antecedentes descritos, la presente investigación analiza los efectos de la práctica física regular en el funcionamiento cognitivo de muestra adolescente. Asimismo, como medida de control, se evaluaron los cambios producidos en diversos parámetros de condición física.

MÉTODO

Participantes

Participaron en esta investigación 38 adolescentes (género masculino, $n = 20$; género femenino, $n = 18$) de Málaga capital, en edades comprendidas entre los 13 y 15 años ($M \pm DT$: edad = 14.16 ± 0.44 años, altura = 162.05 ± 8.68 cm, peso = 57.10 ± 12.40 kg, IMC = 21.59 ± 3.44 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, considerándose actividad física regular la práctica sistemática y continuada de actividad física entre dos y cinco días a la semana, en horario extraescolar, $n = 17$, siete niños y 10 niñas) y experimental (estuvieron involucrados en programas de actividad física extraescolar, $n = 21$, 13 niños y ocho niñas).

Instrumentos

a) Evaluación cognitiva I: Velocidad de procesamiento cognitivo. Para evaluar esta capacidad se emplearon los Test de Claves y 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 de Símbolos consiste en observar dos grupos de símbolos y determinar si alguno de los presentes en un grupo aparece en el segundo, también en un tiempo máximo 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: Control Inhibitorio. Para evaluar estas destrezas se empleó el Test Stroop (Stroop, 1935; Golden, 1994). Esta prueba trata de evaluar la capacidad para seleccionar información, inhibiendo respuestas automáticas y formulando la respuesta correcta (Soprano, 2003). Consta de tres partes, palabras (P), colores (C) y palabras/colores (PC). En la primera, se presenta una lista de 100 palabras, en la que el ejecutante debe decir el mayor número de ellas en 45 segundos, empezando de nuevo si no se ha consumido el tiempo aun cuando llega a la última. De igual forma, en la segunda lámina se presenta el texto XXXX escrito en un color determinado, en otra lista de 100 elementos. Hay que resolverlo indicando, en este caso, el color en que está escrito y siguiendo el procedimiento anterior. En la tercera hoja, se presentan 100 palabras que indican un color, pero escritas en otro diferente, debiéndose decir el color en el que están impresas. En esta tercera lámina, el efecto interferencia que genera el color que indica la palabra con el que está escrito debe ser solventado por el que ejecuta la prueba para resolverla con éxito. Asimismo, se calculó el índice de interferencia mediante la fórmula: $\text{Interferencia} = \text{PC} - ((\text{P} * \text{C}) / \text{P} + \text{C})$.

c) Condición física. Se evaluó de forma indirecta el VO₂máx a través del test de Cooper mediante la fórmula de Howald: $\text{metros recorridos} * .02 - 5.4$ (Martínez-López, 2004). 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 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 (World Medical Association, 2013).

Se realizaron dos evaluaciones, inicial y final. Entre ellas, los participantes del grupo experimental estuvieron involucrados en programas de actividad física extraescolar, entre dos y cinco días de práctica semanal. Principalmente, las actividades físicas realizadas correspondieron a la práctica de deportes colectivos (fútbol, fútbol sala y baloncesto), generalmente entre 180 y 270 minutos semanales. Los integrantes del grupo control no realizaron ningún tipo de actividad física o la hicieron ocasionalmente, máximo un día a la semana y de manera no sistemática. Las pruebas de evaluación cognitiva las efectuaron psicólogos especializados, empleándose 45 minutos por alumno. El profesor de educación física realizó la evaluación de la condición física, empleándose 20 minutos en cada participante. El intervalo total del estudio fue de siete meses, desde la evaluación pre-test realizada en noviembre de 2013 hasta la evaluación post-test en mayo 2014.

Tabla 1

Descriptivos y prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) de los valores obtenidos en las pruebas de evaluación cognitiva

	Grupo control					Grupo experimental				
	M	DT	A	K	S-W	M	DT	A	K	S-W
Símbolos										
Pre	10.47	2.18	.25	-.12	.95	10.35	2.54	.31	-.59	.95
Post	11.18	2.30	-.45	-1.21	.90	12.25	2.59	.16	-.02	.95
Claves										
Pre	9.11	3.17	-.07	-1.24	.91	9.75	2.47	.15	-.63	.92
Post	10.12	2.69	.34	1.91	.90	11.98	3.06	.37	-1.24	.91
VP										
Pre	100.06	12.01	.26	-.26	.95	101.20	11.38	.60	-.26	.93
Post	105.12	11.57	.24	.53	.97	111.85	10.65	.45	.33	.97
Stroop P										
Pre	92.69	12.72	-.56	.35	.95	94.71	11.92	-.69	.69	.95
Post	101.06	14.66	-.14	-.88	.97	104.33	12.23	-.30	-.12	.97
Stroop C										
Pre	64.81	10.56	.00	-.59	.98	64.76	13.36	-.27	-.47	.97
Post	69.13	12.72	-.24	-1.25	.93	71.33	13.28	-.30	-.84	.96
Stroop PC										
Pre	40.56	9.11	-.02	-.34	.98	42.19	8.49	-.11	.39	.99
Post	41.75	9.21	.28	.05	.97	47.90	11.15	-.15	-1.03	.95
INTER										
Pre	2.55	6.30	.70	-.36	.93	3.92	6.54	-.19	.98	.96
Post	.87	5.69	1.61	1.87	.90	6.36	8.19	.48	-.54	.95

Notas: A = Asimetría; K = Curtosis; S-W = Shapiro Wilk; VP = Velocidad de procesamiento; P = Palabras; C = Color; PC = Palabras/Color; INTER = Interferencia.

Análisis de datos

Para valorar el propósito principal del estudio, se realizó un ANOVA factorial mixto para cada medida cognitiva, definidas como variables dependientes. Como variables independientes se definieron el grupo con dos niveles (control y experimental) manipulados intersujeto y la variable pre-post con dos niveles y manipulados intrasujeto. Se estudiaron los efectos principales y la interacción entre variables. La significación de cada efecto se analizó mediante comparaciones de Bonferroni. También se analizó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianza de los diferentes valores mediante la prueba de Levene. El programa estadístico utilizado fue el SPSS en su versión 20.

RESULTADOS

Evaluación cognitiva

En la tabla 1 se muestran los análisis descriptivos y de normalidad de las pruebas de funcionamiento cognitivo analizadas.

En la tabla 2 se muestran los resultados de los ANOVAs factoriales mixtos realizados para las medidas de funcionamiento cognitivo. Como se aprecia, hubo significación en los efectos principales de la variable pre-post para todas las medidas menos para la variable Interferencia. Sin embargo, no hubo significación para los efectos de la variable grupo. Asimismo, hubo significación en los efectos de interacción en los valores de las pruebas Símbolos y Stroop Palabras-Colores, e indicios de significación para las variables Velocidad de Procesamiento e Interferencia. La prueba de Levene indicó que existía homogeneidad de varianza en cada medida y grupo ($p > .05$).

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran las comparaciones simples para cada una de las pruebas de evaluación cognitiva. Como se puede observar, el grupo experimental mejoró las puntuaciones en todas las pruebas tras la intervención. El grupo control mejoró los resultados, aunque sólo fue significativo en Velocidad

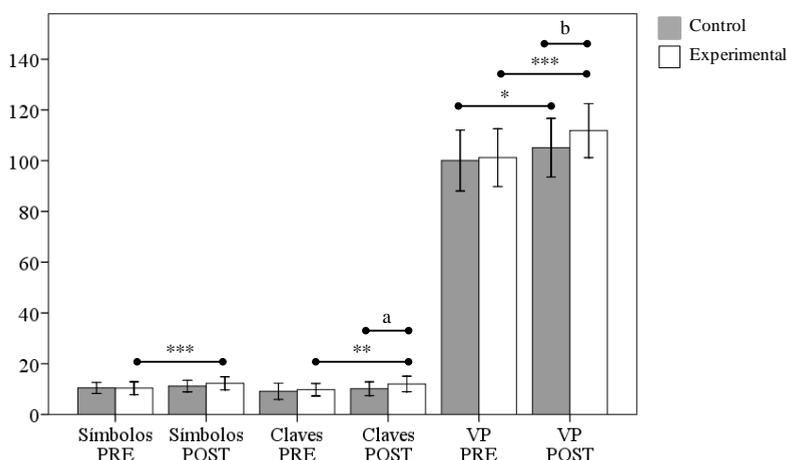
de Procesamiento, Stroop Palabras y Stroop Colores. Asimismo, en los valores pretest y postest sólo hubo diferencias significativas entre los grupos control y experimental entre los valores postest de la variable Interferencia, e indicios de significación entre los valores postest en Claves, Velocidad de Procesamiento y Stroop Palabras-Colores.

Tabla 2

Resultados de los ANOVAs factoriales mixtos para cada prueba de evaluación cognitiva. Se muestran los valores de la F, el valor p, el tamaño del efecto (η^2) y la potencia del contraste (1- β).

		Pre-post	Grupo	Interacción
Símbolos	F	20.74***	.41	4.35*
	η^2	.37	.01	.11
	1- β	.99	.10	.53
Claves	F	12.23**	2.35	1.81
	η^2	.26	.06	.05
	1- β	.93	.32	.26
Velocidad Procesamiento	F	27.41***	1.31	3.47 ^a
	η^2	.44	.04	.09
	1- β	.99	.19	.44
Test Stroop Palabras	F	36.05***	.44	.17
	η^2	.51	.01	.01
	1- β	.99	.10	.07
Test Stroop Colores	F	17.39***	.07	.75
	η^2	.33	.01	.02
	1- β	.98	.06	.14
Test Stroop Palabras / Colores	F	9.66**	1.69	4.16*
	η^2	.22	.05	.11
	1- β	.86	.25	.51
Interferencia	F	.11	3.11	3.10 ^b
	η^2	.01	.08	.08
	1- β	.06	.40	.40

Nota: * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; ^a $p = .071$; ^b $p = .087$



Nota: * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; ^a $p = .057$; ^b $p = .074$

Figura 1. Comparaciones simples para los valores de la prueba Símbolos, Claves y la medida Velocidad de Procesamiento

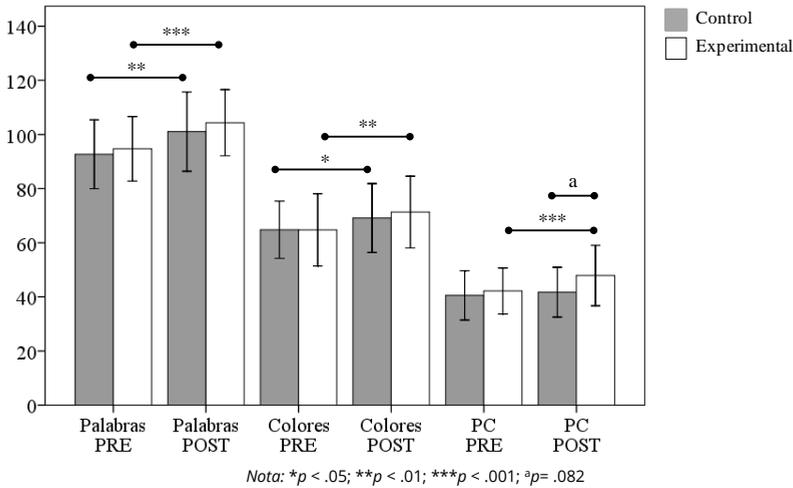


Figura 2. Comparaciones simples para los valores de la prueba Stroop Palabras, Stroop Colores y Stroop Palabras-Colores

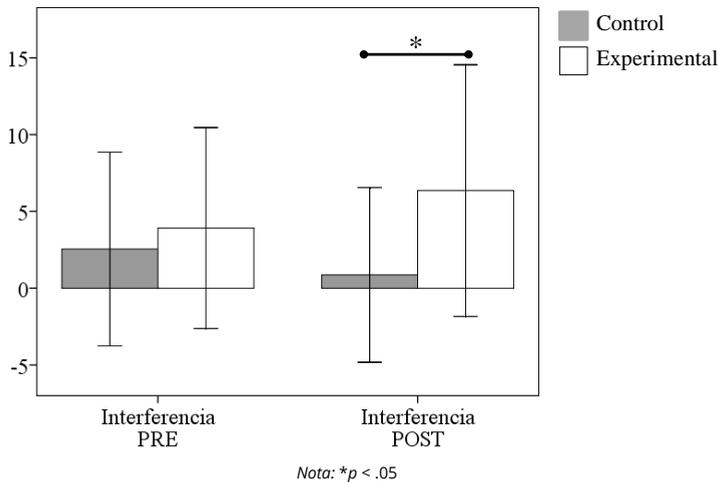


Figura 3. Comparaciones simples para los valores de Interferencia

Tabla 3

Descriptivos y prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) de los valores de salto horizontal y consumo máximo de oxígeno

	Grupo control					Grupo experimental				
	M	DT	A	K	S-W	M	DT	A	K	S-W
Salto										
Pre	161.71	24.28	.17	-.39	.98	168.29	25.30	-.09	-1.35	.94
Post	165.29	23.70	.18	-.61	.97	174.01	27.63	-.13	-1.17	.96
VO2máx										
Pre	39.69	7.84	.54	.75	.96	40.54	7.58	.21	-1.05	.97
Post	40.97	7.38	.37	-.35	.97	43.46	6.84	-.12	-.84	.97

Notas: A = Asimetría; K = Curtosis; Z = Kolmogorov-Smirnov; VO2máx = Consumo máximo de oxígeno

Evaluación de la condición física

En la tabla 3 se muestran los datos de las pruebas de condición física llevadas a cabo, así como los análisis de normalidad de los datos.

En la tabla 4 se muestran los resultados de los ANOVAs factoriales mixtos realizados para las medidas de condición física. Como se aprecia, existieron diferencias significativas en los efectos principales de la variable pre-post para salto y

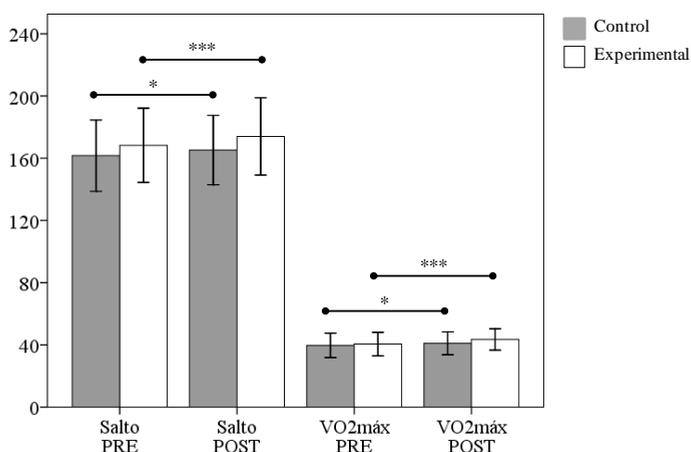
VO2máx, aunque no para la variable grupo. Sí se observaron efectos de interacción significativos para ambas variables. La prueba de Levene indicó que existía homogeneidad de varianza en cada medida y grupo ($p > .05$).

En la figura 4 se muestran las comparaciones simples para las medidas de condición física. Como se puede observar, tanto el grupo experimental como el control mejoraron las puntuaciones en todas las pruebas tras la intervención, aunque el grupo experimental mostró cambios más significativos. Asimismo, en los valores pretest y postest no hubo diferencias significativas entre los grupos control y experimental.

Tabla 4
Resultados de los ANOVAs factoriales mixtos para los valores de salto horizontal y consumo máximo de oxígeno. Se muestran los valores de la F, el valor p, el tamaño del efecto (η^2) y la potencia del contraste ($1-\beta$).

		Pre-post	Grupo	Interacción
Salto	F	89.79***	.80	4.65*
	η^2	.74	.02	.12
	1- β	.99	.14	.55
VO2máx	F	28.38***	.49	4.31*
	η^2	.44	.01	.11
	1- β	.99	.11	.52

Nota: * $p < .05$; *** $p < .001$; VO2máx= Consumo máximo de oxígeno



Nota: * $p < .05$; *** $p < .001$

Figura 4. Comparaciones simples para los valores de las pruebas de salto (cm) y consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min)

DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la práctica física regular en el funcionamiento cognitivo de una muestra adolescente, concretamente sobre la velocidad de procesamiento y el control inhibitorio. Los resultados encontrados han puesto de manifiesto efectos positivos de la actividad física sobre algunas variables de funcionamiento cognitivo en la muestra estudiada, lo cual se aproxima a los datos procedentes de otros estudios que habían señalado este fenómeno con anterioridad en población infantil y adolescente (Chaddock et al., 2012; Monti et al., 2012; Pontifex et al., 2011). Además, se sitúa cercano a otros trabajos que habían señalado específicamente efectos positivos sobre las capacidades analizadas este trabajo (Best, 2010; Chaddock et al., 2010, 2013; Davis et al., 2011; Tomporowski et al., 2011).

En primer lugar, se han observado cambios en las pruebas que evalúan la velocidad de procesamiento. En ambos grupos han existido mejoras en la evaluación postest, lo cual podría estar condicionada por factores como el efecto aprendizaje del instrumento y el desarrollo natural de los adolescentes. Sin embargo, se aprecian cambios más importantes en el grupo experimental, lo cual podría reflejar un efecto positivo de la

actividad física regular sobre la velocidad para procesar información. En cualquier caso, hay que contemplar los resultados con cautela debido a que en el test de Claves no se han observado diferencias significativas entre los grupos, lo que podría deberse a la moderada duración de la investigación.

En segundo lugar, los resultados han indicado efectos positivos sobre el funcionamiento ejecutivo, específicamente sobre el control inhibitorio. El valor de interferencia ha estado próximo a la significación, pero se ha observado efectos significativos de la actividad física sobre el valor de la prueba Palabras/Colores del test *Stroop*, lo que permite considerar interesante los cambios producidos en el grupo experimental. Tal y como ocurría en la velocidad de procesamiento, se considera que una evaluación durante periodos más prolongados podría haber generado diferencias más amplias entre los grupos. Estos datos se aproximan a aquellos que habían puesto de relieve los efectos de la actividad física sobre el funcionamiento ejecutivo en niños, y específicamente sobre el control inhibitorio (Davis et al., 2011; Hillman et al., 2009; Hillman et al., 2003; Kubesch et al., 2009).

Por otro lado, en el presente trabajo se ha efectuado un control de algunos parámetros de condición física como la

fuerza en el tren inferior y el consumo de oxígeno. A través de los test de salto horizontal y el test de Cooper, se ha podido comprobar una mayor evolución de la condición física en el grupo experimental. Esto contribuye a contextualizar los resultados encontrados dado que existen múltiples estudios que habían señalado que los efectos de la práctica física sobre el funcionamiento cognitivo estarían modulados por el nivel de condición física. Entre otras variables, la capacidad aeróbica es uno de los factores que mejor ha explicado este fenómeno, lo que podría estar relacionado con los datos encontrados (Buck et al., 2008; Chaddock, Neider, Lutz, Hillman, y Kramer, 2012; Fedewa y Ahn, 2011; Kempermann et al., 2010).

El presente investigación posee una serie de limitaciones. El periodo de investigación no ha sido muy amplio. Posiblemente, si se aumentara se podrían apreciar cambios más sólidos y tener una mejor perspectiva del fenómeno. Además, tanto los cambios en parámetros de condición física como los de funcionamiento cognitivo podrían estar condicionados por factores no controlados o por la propia variabilidad individual, por lo que su interpretación debería tomarse con cautela. Por otro lado, el tamaño de la muestra ha sido pequeño, el cual debería incrementarse para permitir una mayor generalización de los resultados. Además, se podrían incorporar un número mayor de pruebas, con el objetivo de contrastar las puntuaciones halladas en ellas.

En cualquier caso, y a pesar de las necesidades de mejora que plantea el trabajo, los resultados obtenidos contribuye a aumentar las evidencias existentes sobre los efectos positivos de la práctica física regular sobre el funcionamiento cognitivo de los adolescentes. Este tipo de trabajos sugieren la necesidad de promover la práctica de actividad física en estas edades, dada su importancia en el desarrollo integral de la persona y por su importancia específica en ciertos aspectos esenciales como la maduración del funcionamiento cerebral.

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
- Bass, R. W., Brown, D. D., Laurson, K. R., y Coleman, M. M. (2013). Physical fitness and academic performance in middle school students. *Acta Paediatrica*, 102, 832-837. doi:10.1111/apa.12278
- 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
- Boucard, G. K., Albinet, C.T., Bugajska, A., Bouquet, C. A., Clarys, D., y Audiffren, M. (2012). Impact of physical activity on executive functions in aging: A selective effect on inhibition among old adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 808-827.
- Buck, S. M., Hillman, C. H., y 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., Pietraŕyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., y 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
- Castelli, D. M., y Hillman, C.H. (2012). Physical activity, cognition, and school performance: From neurons to neighborhoods. En A.L. Meyer y T.P. Gullotta (Eds.), *Physical Activity Across the Lifespan* (pp. 41-63). New York: Springer.
- Cepeda, N. J., Blackwell, K.A., y 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, D. M., ... 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, 1-13.
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Buck, S. M., y 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., y 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., Neider, M. B., Lutz, A., Hillman, C. H., y Kramer, A. F. (2012). Role of childhood aerobic fitness in successful street crossing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 749-753. doi:10.1249/MSS.0b013e31823a90cb
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., y 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
- Coe, D. P., Peterson, T., Blair, C., Schutten, M. C., y Peddie, H. (2013). Physical fitness, academic achievement, and socioeconomic status in school-aged youth. *Journal of School Health*, 83, 500-507. doi:10.1111/josh.12058
- 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 y 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., y 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* (2ª ed.). Strasbourg: Committee of Experts on Sports Research.
- Fedewa, A. L., y 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
- Golden, C. J. (1994). *Stroop: Test de colores y palabras*. Madrid: TEA Ediciones.
- González, J., y Portolés, A. (2014). Actividad física extraescolar: relaciones con la motivación educativa, rendimiento académico y conductas asociadas a la salud. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 9(1), 51-65.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., y Castelli, D. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, 45, 14-129. doi:10.1037/a0014437
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., y 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., y 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., y 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., y 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., y 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., y 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
- Kempermann, G., Fabel, K., Ehninger, D., Babu, H., Leal-Galicia, P., Garthe, A., ... Wolf, S. A. (2010). Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity. *Frontiers in Neuroscience*, 4(189), 1-9. doi:10.3389/fnins.2010.00189
- Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: Possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19(1-2), 248-263. doi:10.1080/13825585.2011.645010
- Kramer, A. F., y Erickson, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 342-348. doi:10.1016/j.tics.2007.06.009
- Kubesch, S., Walk, S., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., ... Hille, K. (2009). A 30-minute physical education program improves students' executive attention. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 235-242. doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01076.x
- Lindsay, A. R., Hongu, N., Spears, K., Idris, R., Dyrek, A., y Manore, M. M. (2014). Field assessments for obesity prevention in children and adults: physical activity, fitness, and body composition. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 46(1), 43-53. doi:10.1016/j.jneb.2013.03.013
- Martínez-Baena, A. C., Chillón, P., Martín-Matillas, M., Pérez-López, I., Castillo, R., Zapatera, B., ... y Delgado-Fernández, M. (2012). Motivos de abandono y no práctica de actividad físico-deportiva en adolescentes españoles: estudio Avena. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 45-54.
- Martínez-López, E. J. (2004). Aplicación de la prueba de Cooper, Course Navette y test de Ruffier. Resultados y análisis estadístico en Educación Secundaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(15), 163-182.
- Monti, J. M., Hillman, C. H., y Cohen, N. J. (2012). Aerobic fitness enhances relational memory in preadolescent children: The FITKids randomized control trial. *Hippocampus*, 22, 1876-1882. doi:10.1002/hipo.22023
- Pontifex, M. B., Raine, L. B., Johnson, C. R., Chaddock, L., Voss, M. W., Cohen, N. J., ... 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
- Ramos, P., Rivera, F., Moreno, C., y Jiménez-Iglesias, A. (2012). Análisis de clúster de la actividad física y las conductas sedentarias de los adolescentes españoles, correlación con la salud biopsicosocial. *Revista de Psicología del Deporte*, 21(1), 99-106.
- Remmers, T., Sleddens, E. F., Gubbels, J. S., de Vries, S. I., Mommers, M., Penders, J., ... Thijs, C. (2014). Relationship between physical activity and the development of body mass index in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(1), 177-184. doi:10.1249/MSS.0b013e3182a36709
- Richland, L. E., y Burchinal, M. R. (2013). Early executive function predicts reasoning development. *Psychological Science*, 24(1), 87-92. doi:10.1177/0956797612450883

- Ríos-Lago, M., y Perriñez, J. A. (2010). Attention and Speed of information processing. En G. Koob, R. F. Thompson y M. Le Moal (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*. Boston: Elsevier. doi:10.1016/b978-0-08-045396-5.00208-6
- Sardinha, L. B., Marques, A., Martins, S., Palmeira, A., y Minderico, C. (2014). Fitness, fatness, and academic performance in seventh-grade elementary school students. *BMC pediatrics*, 14, 176. doi:10.1186/1471-2431-14-176
- Scudder, M. R., Federmeier, K. D., Raine, L. B., Direito, A., y 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
- Smith, J. C., Nielson, K. A., Woodard, J. L., Seidenberg, M., y Rao, S. M. (2013). Physical activity and brain function in older adults at increased risk for alzheimer's disease. *Brain Sciences*, 3(1), 54-83. doi:10.3390/brainsci3010054
- Soprano, A. M. (2003) Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.
- Syvöja, H. J., Tammelin, T. H., Ahonen, T., Kankaanpää, A., y Kantomaa, M. T. (2014). The Associations of Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time with Cognitive Functions in School-Aged Children. *PLoS one*, 9(7), e103559. doi:10.1371/journal.pone.0103559
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Tomprowski, P. D., Lambourne, K., y 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., y 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
- Van der Niet, A. G., Hartman, E., Smith, J., y Visscher, C. (2014). Modeling relationships between physical fitness, executive functioning, and academic achievement in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(4), 319-325. doi:10.1016/j.psychsport.2014.02.010
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., y Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 26. doi:10.3389/fnhum.2011.00026
- Wang, Z., y van Praag, H. (2012). Exercise and the Brain: Neurogenesis, Synaptic Plasticity, Spine Density, and Angiogenesis. En H. Boecker, C. H. Hillman, L. Scheef, y H. K. Strüder (Eds.), *Functional Neuroimaging in Exercise and Sport Sciences* (pp. 3-24). New York, NY: Springer. 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., y 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
- World Medical Association. Declaration of Helsinki (2013). Disponible en <http://www.wma.net/en/20activities/10ethics/10helsinki/>.
- 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., y 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

