

Efectes de l'activitat física sobre el funcionament cognitiu en preadolescents

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

VICTORIA GALLEGO ZUMAQUERO

ANTONIO HERNÁNDEZ MENDO

Facultat de Psicologia
Universitat de Màlaga (Espanya)

RAFAEL ENRIQUE REIGAL GARRIDO

Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport,
Grup d'Investigació CTS-642 (IDAFISAD)
Universitat de Granada (Espanya)

ROCÍO JUÁREZ RUIZ DE MIER

Hospital Xanit Internacional, Benalmàdena, Màlaga (Espanya)

Autor per a la correspondència

Rafael Enrique Reigal Garrido

rafareigal@gmail.com

Resum

L'objectiu d'aquest treball va ser analitzar l'efecte de l'activitat física en el funcionament cognitiu d'una mostra preadolescent. Van participar-hi 62 preadolescents (nens, $n = 32$; nenes, $n = 30$) de la ciutat de Màlaga (Espanya), amb edats compreses entre 10 i 12 anys ($M = 10,48$; $DT = ,54$). Es va emprar un disseny quasi experimental amb un grup control i un altre experimental. Per avaluar el funcionament cognitiu es va emprar el Test de Claves el de recerca de símbols de l'escala d'intel·ligència de Wechsler per a nens (WISC-IV), així com les proves Interferència, Senders grisos i Senders de color de la bateria Avaluació neuropsicològica de funcions executives en nens (ENFEN). Així mateix, com a variables de control es va analitzar el temps dedicat a l'estudi i al descans, així com la condició física a través de la composició corporal, el consum d'oxigen màxim i el test de salt horitzontal. Els resultats obtinguts indiquen efectes significatius de la pràctica física regular sobre algunes mesures de funcionament cognitiu avaluades, encara que les dades han de ser interpretades amb cautela per l'absència de significació en altres mesures analitzades.

Paraules clau: activitat física, funcionament cognitiu, preadolescència, estil 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, Senders grisos and Senders 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*

Introducció

Són nombroses les investigacions que han assenyalat la repercussió positiva que té la pràctica d'activitat física regular sobre salut en la infància i l'adolescència (Chaput, 2013; Mota et al., 2012). Específicament, l'estudi dels efectes de l'exercici físic sobre el funcionament cognitiu en aquestes edats s'ha incrementat notablement en els últims anys, motivat en gran manera per les troballes en àrees de coneixement neurocientífiques que han aportat informació de gran rellevància (Chaddock et al., 2014; Hillman, Erickson, & Kramer, 2008; Tomporowski, Lambourne, & Okumura, 2011).

Entre altres factors, es considera que els efectes fisiològics de l'exercici, les exigències motores o la complexa presa de decisions present en les diverses situacions esportives podrien influir en el funcionament del cervell (Best, 2010; Chang, Tsai, Chen, & Hung, 2013). Tradicionalment s'ha utilitzat informació procedent d'estudis en animals per suggerir canvis a nivell estructural, amb processos com l'angiogènesi, la neurogènesi o la plasticitat neural, en àrees cerebrals com l'escorça motora, prefrontal o l'hipocamp (Erickson, Gildengers, & Butters, 2013; Wang & Van Praag, 2012). Encara que no es troba tan àmpliament descrit en humans, les tècniques actuals de neuroimatgeria estan permetent analitzar i confirmar aquests canvis (Chaddock et al., 2010; Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011; Hillman et al., 2008).

Diversos estudis en la infància i l'adolescència han indicat relacions positives entre la pràctica d'activitat física i el funcionament executiu (Best, 2010; Chaddock et al., 2012, 2013; Tomporowski et al., 2011), la memòria (Chaddock et al., 2010; Chaddock, Hillman, Buck, & Cohen, 2011), l'atenció (Budde, Voelcker-Rehage, Pietrażyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008; Trudeau & Shephard, 2008) o el processament del llenguatge (Scudder, Federmeier, Raine, Direito, & Boyd, 2014). Entre d'altres raons, aquest fenomen és d'una especial importància en aquestes edats atès que la capacitat cognitiva és un element que afecta el desenvolupament psicosocial de les persones i poden determinar l'èxit en els processos d'adaptació a l'entorn (Richland & Burchinal, 2013; Wenner, Bianchi, Figueredo, Rushton, & Jacobs, 2013; Castelli & Hillman, 2012).

En el conjunt de capacitats cognitives, les funcions executives i la velocitat de processament tenen

un paper rellevant. Les primeres fan referència a un conjunt de capacitats implicades en el control del pensament i la conducta, així com en la correcta adaptació al medi (Wenner et al., 2013; Zelazo & Carlson, 2012), permeten organitzar i planificar una tasca, seleccionar objectius, iniciar i mantenir un pla d'acció, ser flexible en les estratègies aplicades o inhibir estímuls irrellevants (Banich, 2009; Diamond, 2006). Alguns models teòrics han suggerit que es tracta d'un constructe únic, no obstant això altres estableixen una estructura multidimensional (Burgess et al., 2006; Stelzer, Mazzoni i Cervigni, 2014). Des d'aquesta última perspectiva, Diamond (2006) va proposar que la memòria de treball, el control inhibitori i la flexibilitat cognitiva eren processos constituents de les funcions executives.

D'altra banda, la velocitat de processament cognitiu es refereix al temps emprat per una persona a percebre un estímul, processar-lo i emetre una resposta (Rios-Lago i Periañez, 2010). La velocitat de processament es troba estretament vinculada a altres aspectes de la cognició, com les funcions executives, interaccionant-hi activament i podent predir el rendiment obtingut en diferents tasques (Cepeda, Blackwell, & Munakata, 2013; Cowan, 2005). Com a exemple, s'ha observat que les millores en la velocitat de processament han estat vinculades amb una memòria de treball més eficaç, la qual cosa ha contribuït a un desenvolupament més positiu del raonament en nens i adolescents (Kail, 2007; Kail & Ferrer, 2007).

En aquesta línia, s'han posat en relleu beneficis de l'activitat física sobre el funcionament executiu, en aspectes com la capacitat de planificació o el control inhibitori (Chaddock et al., 2013; Davis et al., 2011; Hillman et al., 2009; Hillman, Snook, & Jerome, 2003). També s'han descrit relacions positives entre la condició física, fonamentalment la capacitat aeròbica, i la flexibilitat cognitiva o el control inhibitori (Buck, Hillman, & Castelli, 2007; Wu et al., 2011). Així mateix, s'han trobat associacions entre el rendiment aeròbic i la velocitat de processament en aquestes edats, que mostra que els participants amb millor condició física tenen un menor temps de resposta davant diferents tasques i una menor latència en l'activació cortical a través de registres electroencefàlics (Hillman, Castelli, & Buck, 2005; Pontifex et al., 2011).

Basant-nos en els antecedents descrits, la present investigació analitza els efectes de la pràctica física

en el funcionament cognitiu de mostra de preadolescents, concretament sobre les funcions executives i la velocitat de processament. Com a mesura de control es van avaluar els canvis produïts en diverses proves de condició física per mostrar si hi havia diferències entre els que practicaven o no activitat física de manera regular.

Mètode

Mostra

Van participar en aquesta investigació 62 preadolescents (gènere masculí, $n = 32$; gènere femení, $n = 30$) de Màlaga capital, en edats compreses entre els 10 i 12 anys ($M \pm DT$: edat = $10,52 \pm ,56$ anys; alçada = $147,70 \pm 7,79$ cm; pes = $44,77 \pm 9,40$ kg; IMC = $20,38 \pm 3,22$ kg · m⁻²). Els criteris d'exclusió van ser: problemes de salut que poguessin afectar la investigació i no presentar consentiment informat. Els participants es van organitzar en dos grups, control (no practicaven activitat física regular en horari extraescolar; $n = 29$, 13 nens i 16 nenes) i experimental (sí que en practicaven habitualment; $n = 33$, 19 nens i 14 nenes).

Instruments i mesures

a) **Avaluació cognitiva I:** velocitat de processament cognitiu. Per avaluar aquesta capacitat es van utilitzar els tests de Claves i el de recerca de símbols de l'escala d'intel·ligència de Wechsler per a nens (WISC-IV) (Wechsler, 2005). El test de Claves consisteix a copiar una sèrie de símbols que apareixen emparellats a una figura geomètrica o a un número en un temps màxim de 120 segons. El test WISC-IV consisteix a observar dos grups de símbols i determinar si algun dels presents en un grup apareix en el segon en un temps de 120 segons. Aquests tests avaluen fonamentalment la velocitat de processament cognitiu, encara que també altres capacitats com la memòria a curt termini, l'atenció i la flexibilitat cognitiva. S'han calculat les puntuacions escalars de cada prova i se n'ha obtingut l'índex de velocitat de processament.

b) **Avaluació cognitiva II:** funcions executives. Per avaluar aquestes destreses es van emprar els test d'Interferència i Senders, de la bateria Avaluació neuropsicològica de funcions executives en nens (ENFEN) (Portellano, Martínez-Árias, & Zumárraga, 2014). La

prova d'Interferència avalua el control atencional i inhibitori. Es tracta d'una tasca inspirada en l'efecte Stroop en què es presenten 39 paraules dividides en tres columnes, 13 paraules per cadascuna d'elles. Contenen els noms blaus, groc, verd i vermell, escrits amb tinta d'aquests mateixos colors però mai coincideixen amb el seu corresponent color. Els participants han de dir el color en el qual està impresa la paraula, inhibint la tendència a pronunciar la paraula. Es registra el temps que es tarda a anomenar tots els colors de totes les columnes.

D'altra banda, la prova Senders està constituïda per dues subproves, Senders grisos i Senders de color. En la tasca Senders grisos, apareix un mapa de número de l'1 al 20 distribuïts en un full, on cal unir amb una línia des del 20 a l'1 el més ràpid possible. Es comptabilitza el temps que tarda cada participant a realitzar-lo. En la tasca Senders de color, apareix un mapa de número de l'1 al 21 distribuïts en un full, on la meitat són de color groc i la resta de color rosa. S'han d'unir amb traços des de l'1 al 21 alternant colors. Es registra el temps que tarda cada participant a realitzar-lo. Aquests tests avaluen la memòria de treball, l'atenció selectiva, la percepció visuospatial i la flexibilitat cognitiva, especialment la prova de Senders de color.

Els resultats obtinguts en Interferència i Senders s'han presentat com a puntuacions tipificades (decatipus).

c) **Pràctica física,** temps de descans i temps d'estudi. Es va utilitzar un qüestionari elaborat *ad hoc* per analitzar la pràctica física realitzada, el temps de descans i el temps d'estudi. S'hi preguntava si es realitzava pràctica física en el temps lliure, la freqüència de pràctica i el tipus de pràctica. A més a més, es va preguntar pel temps dedicat regularment a l'estudi i al descans, per controlar aquesta possible variable contaminant.

d) **Condició física.** Es va avaluar de forma indirecta el $VO_{2m\grave{a}x}$ a través del test de 1000 metres, utilitzant la fórmula $VO_{2m\grave{a}x}$ (ml/kg/min) = $74,8665 - 6,5125 * t$ (temps en minuts) + (error estàndard de predicció) (Melchor, Montaña, Díaz, & Cervantes, 2013). A més a més es va efectuar el test de salt horitzontal per avaluar la força explosiva en els membres inferiors (Eurofit, 1993).

Procediment

Es va contactar amb el centre escolar i es va sol·licitar permís a la direcció del centre per efectuar

	Grup control					Grup experimental				
	M	DT	A	K	SW	M	DT	A	K	SW
Salt (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 _{2màx} (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
Descans (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
Estudi (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 = asimetria; K = Curtosis; SW = Shapiro-Wilk; VO_{2màx} = consum d'oxigen màxim.

Taula 1. Descriptius i prova de normalitat (Shapiro-Wilk) per a les mesures de condició física, temps de descans i estudi

la investigació. A més a més es va obtenir consentiment informat dels pares o tutors legals i durant el procés d'investigació es van respectar els principis ètics de la declaració d'Hèlsinki (2000). Es van fer dues avaluacions, inicial i final. Entre elles, els participants del grup experimental van estar involucrats en programes d'activitat física, entre dos i cinc dies de pràctica setmanal. Els integrants del grup control no van practicar cap tipus d'activitat física o la van fer ocasionalment. Les proves d'avaluació cognitiva les van efectuar psicòlegs especialitzats, 45 minuts per alumne. El professorat d'educació física va realitzar l'avaluació de la condició física, 20 minuts en cada participant.

Anàlisi de dades

Es van fer anàlisis descriptives i inferencials. La normalitat va ser explorada amb el test de Shapiro-Wilk. La prova de Levene va ser realitzada per analitzar l'homogeneïtat de variàncies. Es van utilitzar anàlisi de la variància (ANOVA) bifactorial per analitzar les mesures de funcionament cognitiu, el test de salt horitzontal i el consum d'oxigen. Les comparacions simples per als casos significatius es van efectuar a través de l'estadístic de Bonferroni. Per analitzar el temps de descans i estudi, per falta de distribució normal, es van aplicar tècniques no paramètriques (*U* de Mann-Whitney i Wilco-

xon). Totes les anàlisis es van fer utilitzant el programa estadístic SPSS v.20.

Resultats

Anàlisi de la condició física i temps dedicat a l'estudi i al descans

A la *taula 1* es mostren les anàlisis descriptives i de normalitat per a les mesures de condició física, temps de descans i estudi. Els resultats de la prova Shapiro-Wilk van indicar que les dades presentaven una distribució normal en els casos del salt horitzontal i el consum d'oxigen, encara que no en el temps de descans i estudi.

Els ANOVA factorials mixtos realitzats per a les mesures de salt i consum d'oxigen van indicar valors significatius en els efectes principals de la variable *prepost* per a les mesures salt horitzontal ($F_{[1,60]} = 103,21$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,62$; $1-\beta = ,99$) i consum d'oxigen ($F_{[1,60]} = 67,57$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,52$; $1-\beta = ,99$), encara que no en els efectes principals de la variable *grup*. Així mateix, es van observar efectes d'interacció significatius en els valors del salt horitzontal ($F_{[1,60]} = 6,33$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,09$; $1-\beta = ,70$) i consum màxim d'oxigen ($F_{[1,60]} = 4,55$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$; $1-\beta = ,56$). La prova de Levene va indicar que existia homogeneïtat de variància en cada mesura i avaluació ($p > ,05$).

A la *taula 2* s'observen les comparacions simples entregrups i intragrupos (Bonferroni). Com a mostra,

no va haver-hi diferències entre els grups en les mesures *pre* i *post*. Així mateix, ambdós grups van millorar les puntuacions en l'avaluació final, encara que el grup experimental va presentar diferències més grans.

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

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

▲
Taula 2. Comparacions simples per a cada prova de condició física

	Grup		Factor	
	Control Pre vs Post	Experimental Pre vs Post	Pretest C vs E	Posttest C vs E
Temps de descans	-,66	-1,10	-,75	-1,76
Temps d'estudi	-,27	-1,21	-1,78	-1,22

C = grup control; E = grup experimental.

▲
Taula 3. Comparacions simples per a temps de descans i estudi

	Grup control					Grup experimental				
	M	DT	A	K	SW	M	DT	A	K	SW
Símbols										
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
Interferència										
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
Senders grisos										
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
Senders 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 = index velocitat de processament; A = asimetria; K = Curtosis; SO = Shapiro-Wilk.

▲
Taula 4. Mitjanes, desviacions típiques i prova de normalitat (Shapiro-Wilk) dels valors d'avaluació cognitiva

La *taula 3* mostra les comparacions entre grups (*U* de *Mann-Whitney*) i intragrups (*Wilcoxon*) per a les variables temps de descans i estudi. Com es pot observar, no va haver-hi diferències significatives en cap cas ($p > ,05$).

Anàlisi del funcionament cognitiu

A la *taula 4* es mostren les anàlisis descriptives i de normalitat per a les mesures de funcionament cognitiu. Els resultats van indicar que les dades presentaven una distribució normal.

Els ANOVA factorials mixtos realitzats van indicar valors significatius en els efectes principals de la variable *prepost* per a les proves WISC-IV ($F_{[1,60]} = 34,85$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,37$; $1-\beta = ,99$), Claves ($F_{[1,60]} = 30,12$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,33$; $1-\beta = ,99$), Velocitat de Processament ($F_{[1,60]} = 53,98$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,47$; $1-\beta = ,99$), Interferències ($F_{[1,60]} = 8,65$; $p < ,01$; $\eta^2 = ,13$; $1-\beta = ,83$), Senders grisos ($F_{[1,60]} = 69,61$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,54$; $1-\beta = ,99$) i Senders de color ($F_{[1,60]} = 15,82$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,21$; $1-\beta = ,98$), encara que no en els efectes principals de la variable *grup*. Així mateix, es van observar efectes d'interacció significatius en els valors de la prova Claves ($F_{[1,60]} = 4,15$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$; $1-\beta = ,52$) i Senders grisos ($F_{[1,60]} = 4,61$; $p < ,05$; $\eta^2 = ,07$;

$1-\beta = ,56$). La prova de Levene va indicar homogeneïtat de variància en cada mesura i avaluació ($p > ,05$).

A la *figura 1* s'observen les comparacions simples dels factors amb interacció significativa. No va haver-hi diferències entre les mesures *pre*, encara que sí indicis de significació en la mesura *post* ($p = ,60$) de Senders grisos. A més a més, en tots els casos va haver-hi diferències entre les mesures *pre* i *post*, en ambdós grups ($p < ,001$), encara que les diferències van ser més àmplies en el grup experimental.

Discussió

L'objectiu d'aquest treball va ser analitzar els efectes de la pràctica física regular sobre el funcionament cognitiu en nens, específicament en la velocitat de processament de la informació i funcions executives. Els resultats han mostrat efectes positius sobre algunes de les proves analitzades. Això situa a aquesta investigació en línia amb altres estudis que havien analitzat els efectes positius de la pràctica física sobre el funcionament cognitiu en nens i preadolescents (Hillman, Kamijo, & Scudder, 2011; Tomporowski et al., 2011; Trudeau & Shephard, 2008).

Tanmateix, encara que els resultats suggereixen efectes similars als trobats en altres investigacions en què exploraven el funcionament executiu i la velocitat de processament (Best, 2010; Chaddock et al., 2010, 2012, 2013; Davis et al., 2011; Tomporowski et al., 2011), en aquest cas han mostrat menor consistència de l'esperada. De fet, s'han produït efectes positius en les puntuacions del test Claves però no en les del test WISC-IV, els quals analitzen fonamentalment la velocitat de processament cognitiu. En tot cas, malgrat que la mesura composta de velocitat de processament tampoc ha indicat efectes significatius, sí que presenta una millora més gran en el grup experimental, la qual cosa podria suggerir que un seguiment més prolongat podria revelar canvis més apreciables. De la mateixa manera, s'han observat canvis més notables en Senders grisos que en Senders de color, la qual cosa suggereix que hi ha pogut haver un desenvolupament superior de la capacitat atencional i de la memòria de treball que de la flexibilitat cognitiva, la qual té un pes més gran en Senders de color.

Per això, les dades trobades inciten a pensar que el període d'investigació ha estat breu i que es podrien haver trobat resultats més sòlids amb més temps d'estudi. Malgrat això, s'ha millorat el rendiment en diverses de les proves executades, la qual cosa permet considerar

l'existència d'efectes positius de la pràctica d'activitat física regular. A més a més, menys en la prova Interferència s'aprecia una tendència general a favor dels integrants del grup experimental que és coherent amb els treballs existents en la matèria i que assenyalen els beneficis de la pràctica regular d'exercici físic.

En aquest treball s'ha efectuat un control d'alguns aspectes de la condició física dels participants, i s'ha trobat que aquells que practicaven activitat física sovint milloraven també la seva condició física. Això està d'acord amb aquells treballs que havien posat en relleu relacions significatives entre la condició física i un millor funcionament cognitiu en aquestes edats en aspectes com l'atenció, la velocitat de processament cognitiu o les funcions executives (Buck et al., 2007; Hillman et al., 2005; Pontifex et al., 2011; Wu et al., 2011).

Es considera que l'associació entre la pràctica física i el funcionament cognitiu pot tenir una millor interpretació quan s'avalua el rendiment físic de les mostres estudiades. Alguns treballs han indicat que diversos aspectes de la condició física, com el rendiment cardiovascular, són variables capaces de predir diversos paràmetres del funcionament cognitiu en nens i adolescents (Buck et al., 2008; Fedewa & Ahn, 2011; Pontifex et al., 2011). Encara que en aquesta investigació no s'han relacionat estadísticament aquestes variables, sembla coherent pensar que l'evolució paral·lela de la condició física i el rendiment cognitiu podrien estar relacionats.

Aquest estudi presenta una sèrie de limitacions que impliquen analitzar amb cautela les dades que s'han trobat. En primer lloc, han existit canvis en algunes mesures però no en altres, la qual cosa requereix prendre amb cautela els resultats. En segon lloc, el temps d'estudi no ha estat gaire extens fet que requereix prolongar el període d'anàlisi. En futures investigacions se suggereix utilitzar dissenys longitudinals que generin resultats a llarg termini i que possibilitin extreure conclusions més fiables sobre aquesta qüestió. No obstant això, amb les precaucions assenyalades, les dades exposades en aquesta investigació suggereixen el benefici que pot tenir la pràctica física en el desenvolupament dels nens i adolescents, i es dona valor a la importància de la promoció i consolidació d'hàbits de vida actius per millorar la seva salut i benestar.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- 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., Pietraßyk-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. A. A. L. Meyer & T.P. Gullotta (Eds.), *Physical Activity Across the Lifespan* (pàg. 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. A E. Bialystok & F. I. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pàg. 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* (2a 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. A 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. A H. Boecker, C. H. Hillman, L. Scheef & H. K. Strüder (Eds.), *Functional Neuroimaging in Exercise and Sport Sciences* (pàg. 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