

La actividad física, la educación física y la condición física pueden estar relacionadas con el rendimiento académico y cognitivo en jóvenes. Revisión sistemática

Miguel A. Conde, Pablo Tercedor

Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada

Recibido: 27.08.2014

Aceptado: 21.10.2014

Resumen

Objetivo: La relación existente entre actividad física y rendimiento cognitivo o académico es un fenómeno recientemente estudiado y cuyo origen es motivo de discusión. Esta revisión sistemática trata de realizar una síntesis de los estudios científicos publicados en los últimos años que evalúan la relación entre actividad física, condición física (incluyendo educación física) con el rendimiento cognitivo y/o académico en adolescentes y universitarios.

Material y método: La búsqueda incluye estudios publicados hasta julio de 2014, empleando para ello bases de datos electrónicas e inglés y español (Web of Science, Scopus, PubMed, MEDLINE, ERIC, FRANCIS, PSYCARTICLES, PSICODOC, ISOC y SPORTDiscus). Usando las siguientes palabras clave: actividad física, educación física, condición física, deporte escolar, rendimiento cognitivo, rendimiento académico, adolescentes y universitarios. Fueron excluidos aquellos artículos no escritos en Castellano o Inglés, estudios que no incluían instrumentos de medida validados con anterioridad, artículos que no mostraban texto completo, artículos de revisión, meta-análisis y estudios no publicados.

Resultados: En la primera búsqueda fueron hallados 176 artículos, de los cuales un total de 28 artículos fueron finalmente seleccionados para la revisión. Los estudios fueron clasificados según actividad física, condición física o educación física, también por el rendimiento académico medido con grade point average (GPA), rendimiento académico medido con otros instrumentos y medida de rendimiento cognitivo.

Conclusiones: Los resultados obtenidos indican que los niveles de actividad física, condición física, así como la educación física pueden estar asociados positivamente con el rendimiento académico y/o cognitivo; sin embargo más estudios son requeridos para contrastar dicha asociación, así como para explicar las causas de la misma.

Key words:

Actividad física.
Educación física.
Condición física.
Rendimiento cognitivo.
Rendimiento académico.
Adolescentes.

Physical activity, physical education and fitness could be related to academic and cognitive performance in young. A systematic review

Summary

Background: Relation between physical activity and cognitive or academic performance is being recently studied and whose origin is still thereason of extensive controversy among those who research it. This review aims to summarize scientific studies published in the recent years that evaluate the relationship between physical activity, fitness (including physical education) with cognitive and/or academic performance in teenagers and colleges.

Materials and method: The research includes studies that were published until July 2014, using English or Spanish electronic databases (Web of Science, Scopus, PubMed, MEDLINE, ERIC, FRANCIS, PsycARTICLES, PSICODOC, ISOC and SPORTDiscus). Using the following keywords: physical activity, physical education, fitness, school sport, cognitive performance, academic achievement, academic performance, adolescents and college. Excluding those items were not written in Castilian or English, studies that did not include measuring instruments previously validated, items that did not show full text, review articles, meta-analysis and unpublished studies.

Results: In our first search a totally of 176 articles were found and finally a total of 28 articles were selected for inclusion in the review. Those studies were classified according to physical activity, physical fitness and physical education and the instrument used to measure academic performance: grade point average (GPA) or academic performance measured with other test and cognitive performance or academic achievement.

Conclusions: The results indicate that levels of physical activity, fitness and physical education could be positively associated to the academic performance and/or cognitive performance; however more studies are needed to confirm this association, and to explain the causes of this relationship.

Palabras clave:

Motor activity.
Physical education. Physical
fitness. Cognition. Academic
performance. Adolescents.

Correspondencia: Miguel A. Conde

E-mail: mconde@ugr.es

Introducción

La actividad física ha sido estudiada desde hace décadas por ser una de las conductas que condicionan el estado de salud¹, dados sus efectos positivos tanto en la prevención de la morbilidad como en la mortalidad por todas las causas y en especial por problemas cardiovasculares^{2,3}. Junto con la condición física, la actividad física es un potente indicador del estado de salud cardiovascular, no sólo en adultos⁴, sino desde edades tempranas como en la infancia y adolescencia¹.

Los efectos de la actividad física sobre la salud del sistema nervioso central también han sido estudiados; durante la infancia y adolescencia el cerebro muestra notorios cambios tanto de estructura como de función⁵, y en este sentido numerosas investigaciones sugieren los efectos beneficiosos que la actividad física tiene sobre la capacidad cognitiva en niños⁶, adolescentes y jóvenes⁷. Por otro lado, sesiones diarias de Educación Física se han mostrado eficaces para incrementar la capacidad cognitiva a la vez que producen una mejora en la condición física de escolares⁸.

Además, en esta fase, durante la cual el sistema nervioso central presenta una plasticidad considerable y donde se moldean importantes funciones cognitivas, la relación entre ejercicio físico y rendimiento cognitivo permanece desconocida a causa de la existencia de datos contradictorios⁹.

A pesar de que la actividad física tiene notoria implicación sobre el estado de salud, estudios recientes con adolescentes europeos muestran bajos niveles tanto de actividad física como de condición física¹⁰, siendo necesario diseñar estrategias que mejoren ambas en adolescentes desde el ámbito educativo, por las posibilidades de incidir sobre la salud pública¹¹.

Algunos estudios han indagado sobre la relación existente entre actividad física, condición física, clases de educación física y el rendimiento cognitivo o el rendimiento académico. Dicha relación ha sido objeto de un creciente cuerpo de investigación en niños, encontrando diferentes estudios observacionales y algunas revisiones sistemáticas^{7,12}. Sin embargo, los hallazgos permanecen por ser clarificados y explicados, más aún en el caso de la población adolescente, donde la asociación entre condición física y rendimiento cognitivo es contradictoria¹³.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es clarificar la asociación entre actividad física y condición física con el rendimiento cognitivo y el rendimiento académico en adolescentes y universitarios, así como sintetizar la literatura científica existente sobre la relación de dichas variables.

Material y método

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se basó en artículos publicados entre los meses de enero de 2000 y julio de 2014. La búsqueda bibliográfica se realizó en las siguientes bases de datos: Web of Science, Scopus, PubMed, MEDLINE, ERIC, FRANCIS, PSYCARTICLES, PSICODOC, ISOC (en su sección de educación), y SPORTDiscus.

Las palabras clave empleadas para realizar la revisión fueron: *physical activity, physical education, fitness, school sport, cognitive performance, academic achievement, academic performance, adolescents y college*.

La búsqueda fue realizada por primer autor. Además, se efectuó un seguimiento de la bibliografía de otras revisiones sistemáticas, con otras poblaciones objeto de estudio, para no perder información relevante no localizada en las bases de datos mediante el procedimiento descrito.

De este primer paso, surgieron un total de 899 estudios que fueron preseleccionados y exportados al gestor de bibliografía EndNote X4 (Thompson USA); se eliminaron artículos duplicados y aquellos de los que sólo se obtuvieron los resúmenes, resultando un total de 176 estudios.

Estos artículos fueron examinados para determinar su inclusión o exclusión en el estudio.

Criterios de Inclusión/Exclusión

Los artículos fueron incluidos en el estudio según los siguientes criterios: ser publicaciones realizadas entre enero del 2000 y julio de 2014, en una población entre 11 y 22 años (adolescentes y universitarios), donde se estudiase la relación existente entre actividad física y rendimiento académico y/o cognitivo; además debían ser artículos originales (tales como estudios experimentales, cuasi-experimentales u observacionales).

Fueron excluidas aquellas investigaciones que mostraban alguno de los siguientes criterios:

- artículos no escritos en idioma Castellano o Inglés;
- estudios que no incluían instrumentos de medida validados con anterioridad;
- artículos que no mostraban texto completo en su versión digital, ni estaban disponibles en las bibliotecas de la Universidad de Granada;
- artículos de revisión, meta-análisis y estudios no publicados, aunque sus referencias permitieron identificar otros estudios originales, susceptibles de ser incluidos en este artículo.

Siguiendo los criterios mencionados, fueron incluidos un total de 28 artículos científicos (Figura 1).

Nivel de evidencia científica

Todos los estudios incluidos en nuestra revisión se encuentran entre los niveles Ib y III de evidencia científica de la *Agency for Health care Research and Quality* (AHRQ, 2011).

Gestión y extracción de datos

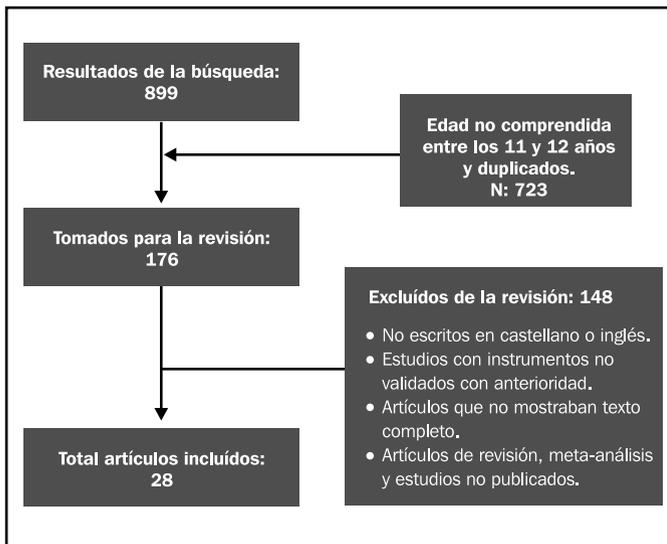
El contenido de los artículos incluidos en el estudio fue extraído y resumido en los siguientes apartados: autor, año de publicación, tipo de estudio, tamaño y características de la muestra, calidad metodológica del estudio, intervención y/o medición de las variables, instrumentos de medida de las variables, resultados más relevantes y conclusiones.

Resultados

Para analizar los resultados los estudios se clasificaron en función de los instrumentos empleados para medir la variable dependiente (rendimiento cognitivo y/o rendimiento académico).

Por un lado, encontramos un primer grupo (Tabla 1) que incluye aquellos artículos que miden el rendimiento académico con *Grade*

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección.



Point Average (GPA), puntuaciones medias obtenidas durante el curso académico.

Por otro lado, diferenciamos un segundo grupo (Tabla 2) con aquellos estudios que miden el rendimiento académico con instrumentos diferentes a GPA (por ejemplo: *Terra Nova standard test*).

Y finalmente, un tercer grupo (Tabla 3) que engloba los estudios que miden el rendimiento cognitivo con varios instrumentos (por ejemplo: Test de Inteligencia General y Factorial en población adolescente).

Estudios que miden Rendimiento Académico con GPA

A lo largo de nuestra revisión se han incluido un total de 13 artículos que miden la variable dependiente con la puntuación media obtenida durante el curso académico (GPA). Este instrumento de evaluación de la variable dependiente es empleado para medir única y exclusivamente el rendimiento académico.

Los estudios han sido divididos en función de la asociación encontrada; por un lado estudios que obtienen una asociación positiva ($n = 11$); estudios que no encuentran relación o asociación alguna entre las variables ($n = 1$); y finalmente estudios que encuentran una asociación negativa ($n = 1$).

Estudios de asociación positiva

Un estudio¹⁴ realizó una intervención durante 16 semanas, con 67 sujetos españoles de 13 años, quienes fueron aleatoriamente asignados a tres grupos. Un grupo control recibió sesiones (2 sesiones/semana) de educación física normales; un grupo de intervención I aumentó el número de sesiones (4 sesiones/semana); y un grupo de intervención II, en el cual los sujetos recibieron más sesiones de educación física (4 sesiones/semana), y con un aumento de la intensidad. Este ensayo controlado aleatorio mostró que los sujetos de los grupos de intervención, mejoraron su rendimiento académico, no existiendo diferencias significativas ($0,1 > p > 0,05$) en función de la intensidad de las sesiones de educación física.

Un ensayo con control aleatorizado, realizado con 134 sujetos eslovenos, de 15 años, estudió el efecto de diferentes programas de intervención en clases de educación física sobre el rendimiento académico. Los sujetos asistieron durante 8 años (desde los 7 a los 15) a clases de educación física, divididos en un grupo control ($n = 66$) que efectuó el programa escolar con normalidad, y en un grupo experimental ($n = 68$) que atendió a un mayor número de horas semanales de educación física, así como a actividades deportivas de forma extracurricular. Los resultados obtenidos mostraron con claridad que los sujetos del grupo experimental obtuvieron mejores resultados académicos ($p < 0,05$), siendo la puntuación del grupo experimental un 7% superior respecto a la del grupo control¹⁵.

Otro estudio observacional efectuó mediciones de los niveles de condición física y las notas obtenidas en la asignatura de educación física, en 476 sujetos de China, con una edad comprendida entre los 11 y los 12 años, comparando estos con su rendimiento académico; se observó ($p < 0,001$) que los alumnos con buenas notas en educación física obtenían mejores resultados en rendimiento académico¹⁶.

La investigación llevada a cabo con 214 sujetos estadounidenses de 11 años, trató de establecer si existía relación entre el volumen y la intensidad de actividad física realizada, con un auto-recordatorio de actividad física de 3 días (3DPAR), y el rendimiento académico. Los resultados mostraron ($p < 0,05$) que aquellos sujetos que cumplían con las recomendaciones de la *Healthy People 2010 guidelines* presentaron un mejor rendimiento académico¹⁷.

En una muestra de 4.746 sujetos escolares de Estados Unidos, con una edad entre los 11 y los 18 años, se midió por un lado la actividad física moderada-vigorosa, con el *Youth Risk Behaviour Survey Questionnaire*, la participación en deportes de equipo, y finalmente el rendimiento académico. Los datos obtenidos mostraron que aquellos sujetos con una alta participación en deportes de equipo puntuaban más en GPA que los que no participaban ($p < 0,001$); además, los sujetos que realizaban más de 7 horas/semana de actividad física moderada-vigorosa, incrementaron la puntuación en GPA en 0,20 puntos sobre 4 ($p = 0,004$ para alumnos *high-school* y $p = 0,048$ para alumnos de *middle-school*), respecto a aquellos que realizaban menos de 7 horas semanales¹⁸.

La investigación realizada¹⁹ en España con 421 sujetos de 16 y 17 años, midió si los sujetos realizaban o no actividad física al menos una vez a la semana, y rendimiento académico. Los resultados comprueban que los adolescentes que practican actividad física obtienen un mejor rendimiento académico en Lengua ($p < 0,05$).

Un estudio llevado a cabo en Finlandia²⁰ midió los niveles de actividad física moderada-vigorosa, con el *Youth Self-Reported Questionnaire* y el rendimiento académico, se mostró que los sujetos físicamente activos, que realizaban más de 4 horas/semana de actividad física moderada-vigorosa, tenían una probabilidad 2,19 veces superior de obtener mejor rendimiento académico que aquellos sujetos con un comportamiento sedentario (*Odds*: 2,19).

Otro estudio realizado con 6.346 sujetos de Islandia, entre 14 y 15 años, midió el nivel de actividad física (cuestionario con 2 ítems) y el rendimiento académico, estableciendo que aquellos sujetos más activos, resultaban ($p < 0,01$) con un mayor rendimiento académico²¹.

En China, una investigación llevada a cabo con 1.447 escolares, de edad comprendida entre los 13 y los 17 años, trató de establecer

Tabla 1. Resumen de estudios que miden rendimiento académico mediante *Grade Point Average*.

Autor	Diseño	E. Científica	Muestra (n y edad)	Intervención/ Medición	Instrumento de medida VD	Resultados
Ardoy <i>et al.</i> 2010	Estudio de control aleatorizado	Ib	67 sujetos de España, 13 años	16 semanas. GC: 2 sesiones/semana de EF. GI I: 4 sesiones/semana de media intensidad. GI II: 4 sesiones/semana de alta intensidad	Test de Inteligencia General y Factorial (IGF-M) y GPA	GI I y GI II (sujetos adheridos al programa) mejoran RC y RE. (Diferencia no significativa: 0,1 > p>0,05)
Chang Hung <i>et al.</i> 2011	Estudio observacional	III	476 sujetos de China, 11-12 años	Medición CF, notas de EF y RA	GPA	Sujetos con buenas notas de EF, obtienen mejores resultados en RA (p <0,001)
Coe <i>et al.</i> 2006	Estudio observacional	III	214 sujetos de EE.UU, 11 años	Medición de AFMV en EF, recordatorio de 3 días de AF y RA	GPA y <i>Terra Nova Standard Test</i>	Sujetos que cumplen en el recordatorio con las recomendaciones de "Healthy People 2010 guidelines, muestran un mejor RA (p <0,05)
Fox <i>et al.</i> 2010	Estudio observacional	III	4.746 sujetos de EE.UU, 11-18 años	Medición de AFMV, participación en deportes de equipo y RA	GPA	Sujetos de <i>high school</i> que participan en deportes de equipo obtienen mejor GPA (p <0,001) y a mayor participación mayor GPA (p <0,001); sujetos con más de 7 h. de AFMV obtuvieron un incremento de 0,20 (sobre 4) en GPA (p = 0,004). Sujetos de <i>middle school</i> con más de 7 h/semana de AFMV, obtuvieron un incremento de 0,20 (sobre 4) en GPA (p = 0,048)
González <i>et al.</i> 2013.	Estudios observacional	III	421 sujetos de España, 16-17 años	Medición AF y RA	GPA	Sujetos que practican AF tienen un mayor RA en lengua (p<0,05) y EF (p <0,00)
Kantomaa <i>et al.</i> 2010	Estudio observacional	III	7.002 sujetos de Finlandia, 15-16 años	Medición de AFMV y RA	GPA en Lengua, Matemáticas y Ciencias Naturales	Sujetos físicamente activos (más de 4h/semana de AFMV) tienen dos veces más probabilidad de obtener mejores resultados en GPA (<i>Odds</i> : 2,19)
Kristjánsson <i>et al.</i> 2010	Estudio observacional	III	6.346 sujetos de Islandia, 14-15 años	Medición de AF y RA	<i>Self-reported</i> GPA	Sujetos físicamente activos obtienen mejores resultados en GPA (p<0,01)
Lindner, 2002	Estudio observacional	III	1.447 sujetos de China, 13-17 años	Medición de AF y RA	GPA	Sujetos que participan en AF, obtienen un mayor RA (no específica p)
Peternej <i>et al.</i> 2009	Estudio de control aleatorizado (longitudinal)	Ib	134 sujetos de Eslovenia, a los 7 y a los 15 años	8 años de intervención. GC y GI	GPA	Sujetos de GI obtuvieron mejores resultados a los 15 años en RA, que los sujetos de GC (p <0,05). Sujetos de GE puntuaban un 7% más que sujetos de GC
Sigfúsdóttir <i>et al.</i> 2007	Estudio observacional	III	5.810 sujetos de Islandia, 14-15 años	Medición de AF y RA	<i>Self-reported</i> GPA	AF se relaciona positivamente con RA (p <0,01), pero sólo con moderada fuerza
Todd <i>et al.</i> 2009.	Estudio observacional	III	1.034 sujetos de EE.UU, 18-22 años	Medición de AF y RA	GPA	Sujetos con altos niveles de AF, tienen mejor RA que aquellos con moderada AF y baja AF (Baja = 3,07, Moderada = 3,14, Alta = 3,35) (p<0,05)
Tremblay <i>et al.</i> 2000	Estudio observacional	III	6.923 sujetos de Canadá, 11 años	Medición de AF y RA	GPA en Matemáticas y Lectura	Sujetos con mayor AF tienen una puntuación menor en RA en matemáticas y lectura (relación débil y no significativa)
Yu <i>et al.</i> 2006	Estudio observacional	III	333 sujetos de China, 8-12 años	Medición de AF y RA	GPA	AF no se relacionó significativamente con RA (r = -0,067), además los estudiantes con altos niveles de AF obtuvieron peor RA (r = -0,124, en chicos; r = -0,282 en chicas)

GC: grupo control; EF: educación física; GI: grupo intervención; GPA: calificaciones curriculares (*grade point average*); RC: rendimiento cognitivo; RE: rendimiento escolar; CF: condición física; RA: rendimiento académico; AFMV: actividad física moderada-vigorosa.

Tabla 2. Resumen de estudios que miden rendimiento académico con otro instrumento.

Autor	Diseño	E. Científica	Muestra (n y edad)	Intervención/ Medición	Instrumento de medida VD	Resultados
Blom et al. 2011	Estudio observacional	III	2.992 sujetos de EE. UU. 11-13 años	Medición de CF (FITNESSGRAM) y RA	Missisipi Curriculum Test (MCT2). Test in language arts y mathematics	Sujetos con CF saludable mostraban un mejor RA ($p < 0,0001$). Odds: sujetos CF saludable 3/4 veces más probable de buen RA
Chomitz et al. 2009	Estudio observacional (longitudinal)	III	1.841 sujetos de EE.UU., a los 11 y 13 años	Medición de CF y RA	Massachusetts Comprehensive Assessments en Lengua y Matemáticas	Sujetos que han aumentado CF saludable mostraban un mejor RA en Lengua ($p < 0,05$) y Matemáticas ($p < 0,001$)
Dwyer et al. 2001	Estudio observacional	III	7.961 sujetos de Australia, 7-15 años	Medición de CF y RA	Ad hoc (escala de 5 puntos)	AF mejora RA (no específica p)
Edwards et al. 2011	Estudio observacional	III	800 sujetos de EE.UU, 11 años	Medición de AF, CF y RA	Measures of Academic Performance	Sujetos con mayor AF vigorosa obtuvieron mejores resultados en RA ($R^2 = 0,111$)
London et al. 2011	Estudio observacional (longitudinal)	III	2.735 sujetos de EE.UU, a los 11 y a los 14 años	Medición de CF y RA	California Standardized Test de Matemáticas y Lengua, diseñado por CDE	Sujetos que pasan los test de CF en ambas mediciones obtienen mejores resultados en RA ($p < 0,01$)
Marsh et al. 2003	Estudio observacional	III	4.225 sujetos de EE.UU, 15-17 años	Medición de Participación Atlética Total y RA	Standardized Test Scores (no específica)	Sujetos que tienen una participación atlética obtienen mejor RA ($p < 0,01$) Participación en deportes de equipo, tiene mayor efecto que en deportes individuales ($p < 0,05$)
Martin et al. 2007	Estudio observacional	III	5.847 sujetos de EE.UU, de 8 a 13 años	Medición de CF y RA	Iowa Test of Basic Skills	Sujetos con una buena CF obtienen mejores resultados en RA ($p < 0,05$) Correlación pequeña, sólo el 3,7% de la variabilidad en RA, puede ser explicado por la variación de CF; no existe una completa relación
Themane et al. 2006.	Estudio observacional	III	212 sujetos de Sudáfrica (en población rural), 7-14 años	Medición de AF, CF y RA	Educational Achievement Test in Mathematics and English (test estandarizado para Sudáfrica)	Los resultados no apoyan la hipótesis de que AF y CF están positivamente asociados a RA (6 asociaciones fueron encontradas y otras 6 fueron inesperadas)
Welk et al. 2010	Estudio observacional	III	2.157 sujetos de EE.UU, 8-17 años	Medición de CFRS y RA	Texas Assessment of Knowledge and Skills	Resultados muestran de baja a moderada correlación entre buena CF y RA ($r = 0,41$) (No se dan valores de p)

CF: condición física; RA: rendimiento académico; AF: actividad física; CFRS: condición física relacionada con la salud.

si existía o no relación entre la participación en actividad física y el rendimiento académico; aunque sus resultados no son concluyentes, encontraron indicios ($p < 0,01$) de que aquellos sujetos que participaban en actividades físicas mostraban un mejor rendimiento académico²².

Otra investigación efectuada en Islandia con un tamaño de muestra de 5.810 sujetos, con edades entre 14 y 15 años midió el nivel de actividad física, sin contar con las horas de educación física. Los resultados sugieren que la actividad física se relaciona, positiva pero moderadamente ($p < 0,01$), con el rendimiento académico²³.

En Estados Unidos, se efectuó una observación sobre 1.034 sujetos universitarios (entre 18 y 22 años), donde se trató de establecer relacio-

nes entre el nivel de actividad física (medido con IPAQ), y el rendimiento académico. Los datos reportaron que los sujetos con niveles altos de actividad física tenían mejor rendimiento académico que aquellos con niveles moderados y bajos de actividad física respectivamente ($p < 0,05$). Los sujetos con nivel bajo de actividad física puntuaron en GPA: 3,07; los de moderada: 3,14; y los de alta: 3,35²⁴.

Estudios que no encuentran asociación

Un estudio realizado sobre 333 sujetos de China, con una edad comprendida entre los 11 y los 12 años, midió el nivel de actividad física con IPAQ for children y el rendimiento académico con GPA. Los resultados

Tabla 3. Resumen de estudios que miden rendimiento cognitivo.

Autor	Diseño Científica	E. (n y edad)	Muestra Medición	Intervención/ de medida VD	Instrumento	Resultados
Aberg <i>et al.</i> 2009	Estudio de cohorte	IIb	273.075 sujetos hermanos o gemelos de Suecia, 18 años	Medición de CF y RC	4 test para medir inteligencia global	No se encontró asociación entre fuerza muscular y RC. Los sujetos con mayor capacidad cardiovascular puntuaron mejor en los 4 test de RC ($p < 0,0001$)
Arday <i>et al.</i> 2010	Estudio de control aleatorizado	Ib	67 sujetos de España, 13 años	16 semanas. GC: 2 sesiones/semana de EF. GI I: 4 sesiones/semana de media intensidad. GI II: 4 sesiones/semana de alta intensidad	Test de Inteligencia General y Factorial (IGF-M) y GPA	GI I y GI II (sujetos adheridos al programa) mejoran en RC y RE. (Aunque diferencia no significativa: $0,1 > p > 0,05$)
Chang <i>et al.</i> 2014	Estudio observacional	III	36 sujetos de Taiwán, 21 años	Medición de CF y RC.	Test cognitivo, Stroop Test	Sujetos con nivel moderado de CF, obtienen los mejores resultados en RC ($p < 0,02$)
Hogan <i>et al.</i> 2013	Estudio observacional	III	30 sujetos de Alemania, 13 y 14 años	Medición de CF y RC	Electroencefalograma (EEG) y tarea "Go/NoGo"	Sujetos con baja CF efectuaron un mayor número de errores en la tarea "Go/NoGo" ($p < 0,005$), que los sujetos con buena CF
Martinez-Gómez <i>et al.</i> 2010	Estudio observacional	III	1.700 sujetos de España, 13-18,5 años	ACS y RC	Versión española de SRA-Test of Educational Ability	Chicas con ACS obtienen un mejor rendimiento cognitivo ($p < 0,05$); chicas que emplean más de 15 minutos en ACS obtienen mejor RC, que las chicas que emplean menos de 15 minutos en ACS ($p < 0,05$) y no ACS ($p < 0,001$). Evidencia de que AF contribuye en RC
Pluncevic-Gligoroska <i>et al.</i> 2001	Estudio observacional	III	100 sujetos de Macedonia, 20 años	Medición de AF y RC	Método Electrofisiológico (Electroespectrograma-EXG)	Sujetos físicamente activos tuvieron una mayor actividad en el espectrograma (EXG), un mayor nº de ciclos (sujetos sedentarios = 2,7; sujetos con moderada AF = 2,73; sujetos con alta AF = 3,8) ($p < 0,05$)
Ruiz <i>et al.</i> 2010	Estudio observacional	III	1.820 sujetos de España, 13-18.5 años	Medición de AF durante tiempo libre, CF y RC	Versión española de SRA-Test of Educational Ability	AF durante tiempo libre se asocia positivamente con RC ($p < 0,001$), tamaño del efecto 0,32 (medio). No asociación entre CF y RC

CF: condición física; RC: rendimiento cognitivo; GC: grupo control; GI: grupo intervención; RE: rendimiento escolar; ACS: *active commuting school*.

no muestran relación entre actividad física y rendimiento académico ($r = -0,067$); los autores indican que en caso de que esta existiese (para chicos: $r = -0,124$; y para chicas: $r = -0,282$) sería negativa²⁵.

Estudios que encuentran indicios de asociación negativa

Una observación efectuada sobre 6.923 sujetos de Canadá, de 11 años, permitió obtener datos sobre niveles de actividad física, mediante un cuestionario de 4 preguntas sobre participación regular en actividad física y rendimiento académico con GPA. A la luz de los resultados se encontró que los sujetos con mayores niveles de actividad física puntuaron menos en rendimiento académico (en matemáticas y lectura); en todo caso, esta asociación fue débil y no significativa²⁶.

Estudios que miden Rendimiento Académico con otros instrumentos

Un total de 9 estudios emplearon un instrumento de evaluación diferente a GPA para medir rendimiento académico.

Los estudios han sido divididos en función de la relación entre variables reportada; por un lado estudios que obtienen una asociación positiva ($n = 8$); y estudios que no encuentran relación o asociación alguna entre las variables ($n = 1$).

Estudios de asociación positiva

Todos los estudios encontrados se llevaron a cabo en Estados Unidos, excepto uno en Australia. A continuación mostramos los hallazgos encontrados en estudios realizados en Estados Unidos.

Una investigación observacional llevada a cabo con 2.992 sujetos, midió la condición física de estos con *FITNESSGRAM*, y el rendimiento académico mediante el test estandarizado *Mississippi Curriculum Test*, para establecer posibles relaciones entre ambos. A la luz de los resultados, los autores concluyeron que aquellos sujetos con mayores niveles de condición física saludable, mostraron mayor rendimiento académico (*Odds*: de 2,09 a 3,31), que aquellos otros que no alcanzaban los niveles de condición física saludable ($p < 0,0001$)²⁷.

En un estudio longitudinal, donde se comparó la condición física, mediante *FITNESSGRAM*, y el rendimiento académico, a través del *Massachusetts Comprehensive Assessment*, sobre un total de 1.841 sujetos, primero a los 11 años y posteriormente a los 13 años, se concluyó que aquellos sujetos que tras los dos años habían mejorado o aumentado su condición física saludable también obtuvieron mejores resultados en el rendimiento académico²⁸.

Sobre un total de 800 sujetos, de 11 años de edad, se obtuvieron los niveles tanto de condición física mediante *FITNESSGRAM*, de actividad física mediante *Youth Risk Behaviour Surveillance Survey*, y de rendimiento académico por medio de *Measures of Academic Performance*. Los resultados concluyeron que los alumnos con un nivel de actividad física vigorosa obtuvieron mejores resultados en su rendimiento académico, afirmando que un 11% ($r_2 = 0,111$) de la variabilidad del rendimiento académico fue causado por la variable independiente²⁹.

Un estudio longitudinal, con 2.735 sujetos, tomó medidas de la condición física de los sujetos mediante *FITNESSGRAM* y *Physical Fitness Test*, así como de rendimiento académico, mediante *California Standardized Test*, en dos momentos diferentes, tanto a los 11 años de edad de los sujetos como a los 14. Los resultados mostraron que aquellos estudiantes que mantenían la condición física obtuvieron mejores resultados en rendimiento académico ($p < 0,01$). Además, se mostró una cierta evidencia, aunque no significativa, de que al mejorar la condición física también se mejoraba el rendimiento académico³⁰.

Tras la observación realizada en 4.225 sujetos, de entre 15 y 17 años, donde se midió el número total de actividades atléticas por cada sujeto, así como el rendimiento académico mediante test de puntuación estandarizados, se concluyó que la participación en actividades físicas mejoraba los resultados académicos ($p < 0,01$). En suma, se informó que la participación en deportes de equipo ($p < 0,05$) tenía mayor efecto sobre el rendimiento académico, que en deportes individuales³¹.

En 2007, un estudio observó los datos obtenidos de 5.847 sujetos, de entre 8 y 13 años, a quienes se les había recopilado información sobre su condición física empleando *President's Challenge Youth Fitness Test*, y sobre su rendimiento académico, mediante *Iowa Test of Basic Skills*. La evidencia mostró que los sujetos con una buena condición física obtuvieron mejores resultados en su rendimiento académico ($p < 0,05$); aunque esta correlación es baja, ya que se concluyó que únicamente el 3,7% ($r_2 = 0,037$) de la variabilidad del rendimiento académico podía ser explicado por la variable independiente³².

Finalmente, un estudio analizó la relación entre condición física relacionada con la salud mediante *FITNESSGRAM* y rendimiento académico medido con *Texas Assessment of Knowledge and Skills*, en un total de 2.157 sujetos de entre 8 y 17 años. Los resultados muestran una relación positiva, pero de moderada a baja ($r = 0,41$) entre variables³³.

Por otro lado, en un estudio realizado en Australia se evaluó la condición física y el rendimiento académico de 7.961 sujetos de entre 7 y 15 años de edad. Se concluyó que los alumnos con un buen nivel de condición física, tenían un mejor rendimiento académico³⁴.

Estudios que no encuentran asociación

Sobre una muestra de 212 sujetos de entre 7 y 14 años de una población rural de Sudáfrica se recopilaron datos acerca de sus niveles de actividad física y condición física, empleando *EUROFIT* y *AAHPERD*, así como de su rendimiento académico, mediante *Educational Achievement Test in Mathematics and English*. Los resultados no encontraron fuerte evidencia significativa entre las variables³⁵.

Estudios que miden Rendimiento Cognitivo

En este grupo tenemos un total de 7 artículos. En todos ellos se estudió la relación entre actividad física, condición física o sesiones de educación física y el rendimiento cognitivo.

Todas las investigaciones incluidas encuentran asociación positiva entre variables.

En primer lugar, un estudio de cohorte, realizado en Suecia con 273.075 sujetos hermanos y/o gemelos de 18 años, midió por un lado la condición cardiovascular con cicloergómetro y la fuerza muscular con dinamómetro y por otro lado, el rendimiento cognitivo, con 4 diferentes test validados. Los resultados mostraron que la condición cardiovascular ($p < 0,0001$) está asociada a la inteligencia global (inteligencia lógica, verbal, óptico-visual y técnica). No se encontró asociación entre fuerza muscular y rendimiento cognitivo⁹.

En segundo lugar, un estudio de control aleatorizado llevado a cabo en España, con una muestra de 67 sujetos de 13 años, asignó a estos a tres grupos diferentes de forma aleatoria. Un grupo control que recibió sesiones (2 sesiones/semana) de educación física normales; un grupo de intervención I que aumentó el número de sesiones (4 sesiones/semana); y un grupo de intervención II donde los sujetos recibieron las mismas sesiones de educación física (4 sesiones/semana) pero con un aumento de la intensidad. Para medir el rendimiento cognitivo los autores emplearon el *Test de Inteligencia General y Factorial* (IGF-M). Los autores reportaron que los sujetos de los grupos de intervención mejoraron su rendimiento cognitivo ($0,1 > p > 0,05$), aunque no de forma significativa¹⁴.

Una investigación observacional³⁶ realizada en Taiwán con 36 sujetos de 21 años, clasificó a los sujetos en función del nivel de condición física y evaluó el rendimiento cognitivo (mediante Stroop test), concluyendo que niveles moderados de condición física están asociados a un mejor rendimiento cognitivo ($p < 0,02$).

En un estudio³⁷ realizado en Alemania con 30 sujetos de 13 y 14 años, los participantes fueron clasificados según adecuada o inadecuada condición física. Los sujetos con una adecuada condición física mostraron un mejor rendimiento en la tarea cognitiva ("Go/NoGo") ($p < 0,005$).

En el estudio AVENA, llevado a cabo en España, con 1700 sujetos de entre 13 y 18,5 años, se evaluó el desplazamiento activo al colegio, para establecer relaciones causales con el rendimiento cognitivo, medido con la versión española de *SRA-Test of Educational Ability*. Los resultados mostraron que el desplazamiento activo al colegio está positivamente asociado con el rendimiento cognitivo en chicas ($p < 0,05$); es más, aque-

llas chicas que emplearon más de 15 minutos en este desplazamiento obtuvieron mejores resultados en rendimiento cognitivo que aquellas otras que empleaban menos de 15 minutos ($p < 0,05$) o que no tenían un desplazamiento activo ($p < 0,001$)⁵.

Un estudio observacional efectuado en 1.820 sujetos españoles de entre 13 y 18.5 años, midió los niveles de actividad física durante el tiempo libre y condición física mediante FITNESSGRAM y el rendimiento cognitivo con *SRA-Test of Educational Ability*. Los resultados mostraron que los adolescentes que realizaban actividades físico-deportivas durante el tiempo libre obtuvieron mejor rendimiento cognitivo ($p < 0,001$); el tamaño del efecto varió de 0,25 (moderado) en habilidad verbal, a 0,32 (moderado) para el rendimiento cognitivo global¹³.

Finalmente, un estudio realizado en Macedonia, valoró la actividad física y el rendimiento cognitivo, medido mediante método electrofisiológico (Electroespectrograma EXG) de 100 sujetos de 20 años de edad. Se encontró que los sujetos físicamente activos ($p < 0,05$) obtuvieron una mayor actividad o mayor número de ciclos en el espectrograma en comparación con el resto de sujetos (sujetos sedentario: 2,27 ciclos; sujetos con actividad física moderada: 2,73 ciclos; y sujetos con actividad física vigorosa: 3,8 ciclos)³⁸.

Discusión

La amplia mayoría de los artículos incluidos en esta revisión muestran una relación positiva entre actividad física, condición física, educación física y rendimiento académico y/o cognitivo en jóvenes.

Concretamente, y analizando rendimiento académico, los estudios analizados coinciden con los resultados obtenidos en otras revisiones^{39,40}, respecto al hecho de que la actividad física, la condición física y la educación física están positivamente asociadas a esta variable. Estos hallazgos podrían deberse a que los sujetos físicamente activos dedican menos tiempo a ver televisión y jugar a video-juegos, empleando mayor tiempo en actividades con mayor implicación cognitiva, como la lectura⁴¹.

Respecto al rendimiento cognitivo, en los estudios realizados sobre cómo este es influenciado por la actividad física y la condición física, todos los autores están de acuerdo en que existe una relación positiva entre ambas. Esto podría deberse al hecho de que la actividad física duradera incrementa la formación de neuronas, así como la concentración de factores neurotróficos, intensificando la transmisión neuronal en el hipocampo⁴². Además el ejercicio aeróbico mejora la cognición puesto que incrementa la cantidad de los factores de circulación que influyen positivamente en la plasticidad del cerebro y la función cognitiva⁴³.

En este mismo sentido, la adolescencia es un periodo oportuno para estimular la función cognitiva⁴⁴, debido a la plasticidad del cerebro, así como un periodo importante de la vida para la angiogénesis y neuroplasticidad⁴⁵, por lo que aquellos adolescentes físicamente inactivos podrían estar perdiendo un estímulo excelente para mejorar su capacidad cognitiva⁴³ y motora, la cual incrementa la probabilidad de ser más activo en el futuro. De hecho, un estudio observó mediante método electrofisiológico (Electroespectrograma EXG) que los adolescentes físicamente activos obtuvieron un mejor rendimiento cognitivo³⁸.

Respecto a la intensidad del ejercicio, los resultados encontrados en los trabajos analizados sugieren que los sujetos con niveles de actividad física vigorosa tienen un mejor rendimiento académico²⁹ y

cognitivo⁵, que aquellos sujetos con niveles moderados de actividad física o físicamente inactivos.

Otros estudios analizados muestran ausencia de evidencia científica para asociar positivamente actividad física y rendimiento cognitivo o académico, o bien una asociación, débil, pero negativa entre dichas variables. Respecto a los estudios donde los autores no encontraron asociación, podría explicarse por el hecho de que la muestra empleada fue relativamente pequeña en comparación con otros estudios, incluso podría deberse a la población estudiada, por ejemplo, como ocurre en el estudio realizado en Sudáfrica³⁵, donde las condiciones socio-económicas de los sujetos son totalmente diferentes a la de los países desarrollados. Únicamente existe un estudio en el que los resultados sugieren una relación débilmente negativa entre actividad física y rendimiento académico²⁶, este podría deberse a la escasa validez y fiabilidad del instrumento empleado para medir actividad física.

Muchas cuestiones permanecen por ser aclaradas en la asociación entre actividad física y rendimiento cognitivo y/o académico. Por ejemplo, podrían realizarse más estudios de control aleatorizado o longitudinales que fortalezcan los resultados, además de emplear métodos de medida más directos, como los activímetros⁴⁶ para medir actividad física o bien métodos electrofisiológicos para conocer la respuesta de la actividad física sobre el sistema nervioso central.

También debería de estudiarse la relación entre la condición física y los diferentes tipos de inteligencia. Cuando hablamos de rendimiento cognitivo y siguiendo a otros autores se debería diferenciar de qué tipo de rendimiento o inteligencia se está hablando, ya que está puede ser clasificada como la capacidad para conocerse a sí mismo, interactuar con los demás, comunicarse de forma eficaz, percibir modelos y relaciones lógicas, pensar en dimensiones, captar sonidos, timbres y ritmos distintos, expresar ideas con el cuerpo y tener sensibilidad hacia el entorno natural⁴⁷. Por ello, se hace necesario emplear instrumentos específicos para evaluar cada tipo de inteligencia y comprobar los efectos de la práctica de actividad física sobre cada uno.

Además, existe la necesidad de realizar estudios que expliquen la causalidad de la relación existente entre variables, es decir, que profundicen en la relación causal existente entre las variables estudiadas, conociendo el efecto de los factores constitutivos de la actividad física (tipo, frecuencia, duración, intensidad), sobre los factores constitutivos tanto de rendimiento académico como cognitivo.

Los resultados de los estudios analizados avalan la pertinencia de incrementar o al menos mantener las horas lectivas de educación física en el sistema educativo. Así, estudios previos realizados sobre niños concluyen que existe evidencia científica suficiente para afirmar que la actividad física o está positivamente asociada al rendimiento académico^{48,49}, o no existe relación⁷. Por tanto, limitar el tiempo de educación física o actividad física en ningún caso mejorará el rendimiento académico de los estudiantes. Un estudio americano informó que clases diarias de educación física proveerían de las oportunidades necesarias a los alumnos para que éstos cumplieren con los objetivos mínimos de actividad física del programa *Healthy People 2010*, lo que proveería de beneficios de salud incluido el componente cognitivo⁵⁰. En España, los resultados del estudio AVENA mostraron la necesidad de incrementar la actividad física tanto extracurricular como curricular¹³. A pesar de la evidencia científica, algunas políticas actuales están encaminadas a

reducir el número de horas de educación física⁵¹, quitándole toda la importancia que la literatura existente le otorga³⁸.

La fortaleza de esta revisión sistemática reside en la inclusión de una amplia muestra de estudios, en la sistematización establecida para los criterios de inclusión/exclusión, en la amplitud del número de bases de datos buscadas, así como en la claridad del procesamiento y codificación de los datos.

Conclusiones

Los resultados de la revisión sugieren una relación positiva entre actividad física, condición física y educación física con el rendimiento cognitivo y/o académico, concluyendo que niveles moderados y vigorosos de actividad física, condición física, y educación física favorecen el rendimiento académico y cognitivo de adolescentes y universitarios.

Además, se determina que una reducción en los niveles de actividad física, condición física y educación física no influiría positivamente en el rendimiento cognitivo y/o académico de los sujetos. Sin embargo, se requieren estudios que contrasten de forma más significativa la asociación existente y que expliquen las causas de dicha relación.

Bibliografía

- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obesity*. 2008;32:1-11.
- Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical-fitness and all-cause mortality - A prospective study of healthy men and women. *Jama-J Am Med Assoc*. 1989;262:2395-401.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002;346:793-801.
- Bize R, Johnson JA, Plotnikoff RC. Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: A systematic review. *Prev Med*. 2007;45:401-15.
- Martínez-Gómez D, Ruiz JR, Gómez-Martínez S, Chillón P, Rey-López JP, Díaz LE, et al. Active commuting to school and cognitive performance in adolescents: The AVENA study. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2011;165:300-5.
- Sibley BA, Etnier JL. The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci*. 2003;15:243-56.
- Trudeau F, Shephard RJ. Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:10.
- Reed JA, Maslow AL, Long S, Hughey M. Examining the impact of 45 minutes of daily physical education on cognitive ability, fitness performance and body composition of African American youth. *J Phys Act Health*. 2013;10:185-97.
- Åberg MAI, Pedersen NL, Torén K, Svartengren M, Bäckstrand B, Johnsson T, et al. Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *P Natl Acad Sci USA*. 2009;106:20906-11.
- Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Espana-Romero V, Jimenez-Pavon D, Vicente-Rodriguez G, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med*. 2011;45:20-9.
- Carreras-Gonzalez G, Ordóñez-Lianos J. Adolescence, physical activity, and metabolic cardiovascular risk factors. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:565-8.
- Rasberry CN, Lee SM, Robin L, Laris BA, Russell LA, Coyle KK, et al. The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: A systematic review of the literature. *Prev Med*. 2011;52:S10-S20.
- Ruiz JR, Ortega FB, Castillo R, Martín-Matillas M, Kwak L, Vicente-Rodriguez G, et al. Physical Activity, Fitness, Weight Status, and Cognitive Performance in Adolescents. *J Pediatr*. 2010;157:917-U92.
- Ardoy DN, Fernandez-Rodriguez JM, Chillón P, Artero EG, Espana-Romero V, Jimenez-Pavon D, et al. Physical Fitness Enhancement Through Education, EDUFIT Study: Background, Design, Methodology and Dropout Analysis. *Rev Esp Salud Public*. 2010;84:151-68.
- Peternejl B, Škof B, Strel J. Academics achievement of pupils in sport classes: pupils attending sport classes have higher final grades, but... *Kinesiology Slovenica*. 2009;15:5-16.
- Chang Hung C, Jui-Fu C. The Relationship between Physical Education Performance, Fitness Tests and Academic Achievement in Elementary School. *J Int Soc Sports Nutr*. 2011;2:65-73.
- Coe DP, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Effect of Physical Education and Activity Levels on Academic Achievement in Children. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(8):1515-9.
- Fox CK, Barr-Anderson D, Neumark-Sztainer D, Wall M. Physical Activity and Sports Team Participation: Associations With Academic Outcomes in Middle School and High School Students. *J School Health*. 2010;80:31-7.
- González J, Portolés A. Extracurricular physical activity: Relations with educational motivation, academic performance and behaviors related to health. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*. 2014;9:51-6.
- Kantomaa MT, Tammelin TH, Demakakos P, Ebeling HE, Taanila AM. Physical activity, emotional and behavioural problems, maternal education and self-reported educational performance of adolescents. *Health Educ Res*. 2010;25:368-79.
- Kristjansson AL, Sigfusdottir ID, Allegrante JP. Health Behavior and Academic Achievement Among Adolescents: The Relative Contribution of Dietary Habits, Physical Activity, Body Mass Index, and Self-Esteem. *Health Educ Behav*. 2010;37:51-64.
- Lindner KJ. The physical activity participation-academic performance relationship revisited: Perceived and actual performance and the effect of banding (academic tracking). *Pediatr Exerc Sci*. 2002;14:155-69.
- Sigfusdottir ID, Kristjansson AL, Allegrante JP. Health behaviour and academic achievement in Icelandic school children. *Health Educ Res*. 2007;22(1):70-80.
- Todd MK, Czynszczon G, Carr JW, Pratt C. Comparison of Health and Academic Indices Between Campus Recreation Facility Users and Nonusers. *Recreational Sports Journal*. 2009;33:43-53.
- Yu CCW, Chan S, Cheng F, Sung RYT, Hau K-T. Are Physical Activity and Academic Performance Compatible? Academic Achievement, Conduct, Physical Activity and Self-Esteem of Hong Kong Chinese Primary School Children. *Educ Stud*. 2006;32:331-41.
- Tremblay MS, Inman JW, Willms JD. The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement in 12-year-old children. *Pediatr Exerc Sci*. 2000;12:312-23.
- Blom LC, Alvarez J, Lei Z, Kolbo J. Associations between Health-Related Physical Fitness, Academic Achievement and Selected Academic Behaviors of Elementary and Middle School Students in the State of Mississippi. *ICHPER -- SD Journal of Research in Health, Physical Education, Recreation, Sport & Dance*. 2011;6:13-9.
- Chomitz VR, Slining MM, McGowan RJ, Mitchell SE, Dawson GF, Hacker KA. Is There a Relationship Between Physical Fitness and Academic Achievement? Positive Results From Public School Children in the Northeastern United States. *J School Health*. 2009;79:30-6.
- Edwards JU, Mauch L, Winkelman MR. Relationship of Nutrition and Physical Activity Behaviors and Fitness Measures to Academic Performance for Sixth Graders in a Midwest City School District. *J School Health*. 2011;81:65-73.
- London RA, Castrechini S. A Longitudinal Examination of the Link Between Youth Physical Fitness and Academic Achievement. *J School Health*. 2011;81:400-8.
- Marsh HW, Kleitman S. School athletic participation: mostly gain with little pain. *J Sport Exercise Psy*. 2003;25:205-28.
- Martin LT, Chalmers GR. The Relationship Between Academic Achievement and Physical Fitness. *Physical Educator*. 2007;64:214-21.
- Welk GJ, Jackson AW, Morrow JH, Haskell WH, Meredith MD, Cooper KH. The Association of Health-Related Fitness With Indicators of Academic Performance in Texas Schools. *Res Q Exerc Sport*. 2010;81:S16-S23.
- Dwyer T, Sallis JF, Blizzard L, Lazarus R, Dean K. Relation of academic performance to physical activity and fitness in children. *Pediatr Exerc Sci*. 2001;13:225-37.
- Themane MJ, Koppes LLJ, Kemper HCG, Monyeki KD, Twisk JWR. The Relationship between Physical Activity, Fitness and Educational Achievement of Rural South African Children. *Am J Health Educ*. 2006;12:48-54.
- Chang YK, Chi L, Etnier JL, Wang CC, Chu CH, Zhou C. Effect of acute aerobic exercise on cognitive performance: Role of cardiovascular fitness. *Psychol Sport Exerc*. 2014;15:464-70.
- Hogan M, Kiefer M, Kubesch S, Collins P, Kilmartin L, Brosnan M. The interactive effects of physical fitness and acute aerobic exercise on electrophysiological coherence and cognitive performance in adolescents. *Exp Brain Res*. 2013;229:85-96.
- Pluncevic-Gligoroska JJ, Manchevska SS, Antevska VV, Bozhinovska LL. Electrophysiological assessment of cognitive processes in young healthy adults with different level of physical activity. *Medicinski Arhiv*. 2011;65:68-72.

39. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJR, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*. 2005;146:732-7.
40. Esteban-Cornejo I, Tejero-González CM, Martínez-Gomez D, Del-Campo J, González-Galo A, Padilla-Moledo C, et al. Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *J Pediatr*. 2014;165:306-12.
41. Feldman DE, Barnett T, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. Is physical activity differentially associated with different types of sedentary pursuits? *Arch Pediatr Adol Med*. 2003;157:797-802.
42. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2008;9:58-65.
43. Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation (vol 9, pg 464, 2007). *Trends Neurosci*. 2007;30:489.
44. Romeo RD, McEwen BS. Stress and the adolescent brain. In: Lester BM, Masten AS, McEwen B, editors. Resilience in Children. *Ann NY Acad Sci*. 2006;1094:202-14.
45. Hötting K, Röder B. Beneficial effects of physical activity exercise on neuroplasticity and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013;37:2243-57.
46. Ward DS, Evenson KR, Vaughn A, Rodgers AB, Troiano RP. Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37: S582-8.
47. Pozo Roselló M, Horch M. Estructuras de Aprendizaje Cooperativo. *Cuadernos de Pedagogía*. 2008;376:69-71.
48. Shephard RJ. Curricular physical activity and academic performance. *Pediatr Exerc Sci*. 1997;9:113-26.
49. Trost SG. Physical Education, Physical Activity, and Academic Performance in Youth. *Chronicle of Kinesiology & Physical Education in Higher Education*. 2008;19:33-40.
50. Johnson JM, Ballin SD. Surgeon General's Report on physical activity and health is hailed as a historic step toward a healthier nation. *Circulation*. 1996;94:2045.
51. Thomas KT. Riding to the rescue while holding on by a thread: Physical activity in the schools. *Quest*. 2004;56:150-70.