



Facultad de Ciencias Sociosanitarias

Trabajo Fin de Grado – Revisión Bibliográfica

Efectos de la actividad física sobre el
rendimiento académico en edad escolar:
evidencias actuales

Mauro Grassi Roig

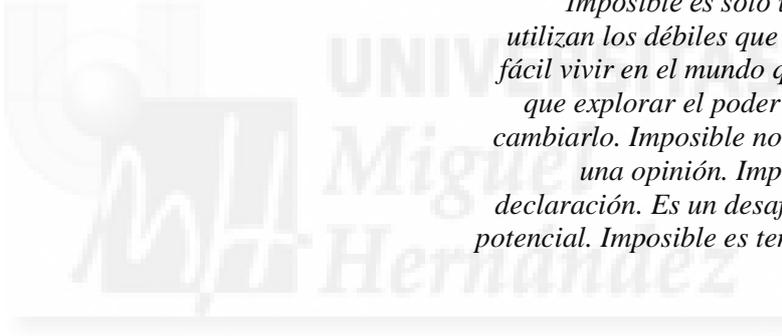
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Curso académico 2015-2016

Tutor Académico: Adolfo Aracil Marco

“El trabajo del maestro no consiste tanto en enseñar todo lo aprendible, como en producir en el alumno amor y estima por el conocimiento ”

John Locke



“Imposible es solo una palabra que utilizan los débiles que encuentran más fácil vivir en el mundo que les han dado que explorar el poder que tienen para cambiarlo. Imposible no es un hecho. Es una opinión. Imposible no es una declaración. Es un desafío. Imposible es potencial. Imposible es temporal. Nada es imposible”

Muhammad Ali

“Lo mejor es enemigo de lo bueno ”

Índice

Contextualización.....	p. 2
Método.....	p. 4
Selección de la literatura	p. 4
Criterios de inclusión/exclusión	p. 4
Resultados.....	p. 4
1. Resultados de la búsqueda	p. 4
2. Características de los estudios analizados	p. 4
2.1. Intervención.....	p. 6
2.2. Control	p. 6
2.3. Objetivos y evaluación	p. 6
3. Resultados principales de los estudios analizados	p. 8
Discusión.....	p. 12
Limitaciones del estudio	p. 15
Conclusiones e implicaciones para la salud escolar	p. 15
Bibliografía.....	p. 17



Contextualización

Los beneficios que proporciona la actividad física (AF) regular para las personas, independientemente de su edad, son muy conocidos actualmente. Se ha demostrado en múltiples ocasiones que la AF es una herramienta preventiva frente a las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) (Chaddock-Heyman, Hillman, Cohen, & Kramer, 2014), mientras que el sedentarismo supone un importante factor de riesgo para el desarrollo de las mismas (Dishman et al., 2006; Haapala, 2012; Hillman, Kamijo, & Scudder, 2011). De hecho, según la Organización Mundial de la Salud las ENT han alcanzado proporciones epidémicas, y se estima que si la tendencia no cambia la cifra anual de defunciones por ENT aumentará de 36 millones en 2008 a 55 millones en 2030 (Organización Mundial de la Salud, 2013). Por ello, en 2011 la *Asamblea General de las Naciones Unidas* celebró una cumbre mundial sobre la *Prevención y el Control de las ENT* (Asamblea General De Las Naciones Unidas, 2011), donde se reconoció la inactividad física como uno de los factores de riesgo más importantes para el desarrollo de las ENT. Así pues, para poder reducir la mortalidad global causada por estas enfermedades, una de las recomendaciones de política para los Estados Miembros surgida de esta Asamblea fue la promoción de la AF a través del fomento de intervenciones que aumenten la práctica regular de toda la población a lo largo de la vida (Organización Mundial de la Salud, 2013).

No obstante, es un hecho que el tiempo dedicado a la AF continúa disminuyendo con los años. Se ha observado que existe una tendencia, en continuo auge, a que los jóvenes se estén convirtiendo en personas sedentarias, entre otros motivos a causa del poco tiempo invertido en realizar ejercicio físico (EF), tanto dentro como fuera del entorno escolar (Chaddock-Heyman et al., 2014). Concretamente, en España dicha preocupación es importante puesto que es el país que lidera el ranking de sobrepeso y obesidad de niños entre 7 y 11 años en el continente europeo (Cadenas-Sánchez et al., 2016).

Por otro lado, además de los efectos preventivos de la AF sobre las enfermedades crónicas, se han podido observar efectos positivos sobre la estructura y la función cerebral. Por ejemplo, se ha observado que el EF puede retrasar el deterioro cognitivo en personas mayores, reduciendo el riesgo de desarrollar enfermedades neurodegenerativas como las enfermedades de Párkinson o de Alzheimer (Dishman et al., 2006; Paillard, Rolland, & de Souto Barreto, 2015). Igualmente, los trastornos mentales y neurológicos guardan una estrecha relación con el desarrollo de morbilidad y de ENT (Asamblea General De Las Naciones Unidas, 2011), de manera que una reducción de las personas con demencia podría contribuir a disminuir la carga mundial de personas con enfermedades crónicas.

Asimismo, la práctica habitual de EF presenta una correlación directa con la mejora de ciertos aspectos vinculados con la cognición y con las habilidades académicas en niños y adolescentes (Howie & Pate, 2012; Mura, Vellante, Egidio Nardi, Machado, & Giovanni Carta, 2015). Una prueba de esto puede ser el elevado número de publicaciones que aportan evidencias acerca de las ventajas del EF sobre el rendimiento académico (RA) (Castelli et al., 2014; Donnelly & Lambourne, 2011; Fedewa & Ahn, 2011; London & Castrechini, 2011; Raspberry et al., 2011; Singh, Uijtdewilligen, Twisk, van Mechelen, & Chinapaw, 2012). Del mismo modo, se ha podido vincular el presentar un bajo nivel de condición física y/u obesidad con un menor RA y una reducida función cognitiva en jóvenes en edad escolar (Burkhalter & Hillman, 2011; Liang, Matheson, Kaye, & Boutelle, 2014; Schaeffer et al., 2014). Como se muestra en la figura 1, este hecho ha recibido mucho interés en la literatura en los años recientes. Por tanto, la participación en actividades físico-deportivas durante la infancia, entre otras ventajas, puede contribuir tanto a la prevención del sobrepeso y la obesidad (Esteban-Cornejo, Tejero-Gonzalez, Sallis, & Veiga, 2015; Lees & Hopkins, 2013) como al incremento del RA (Singh et al., 2012).

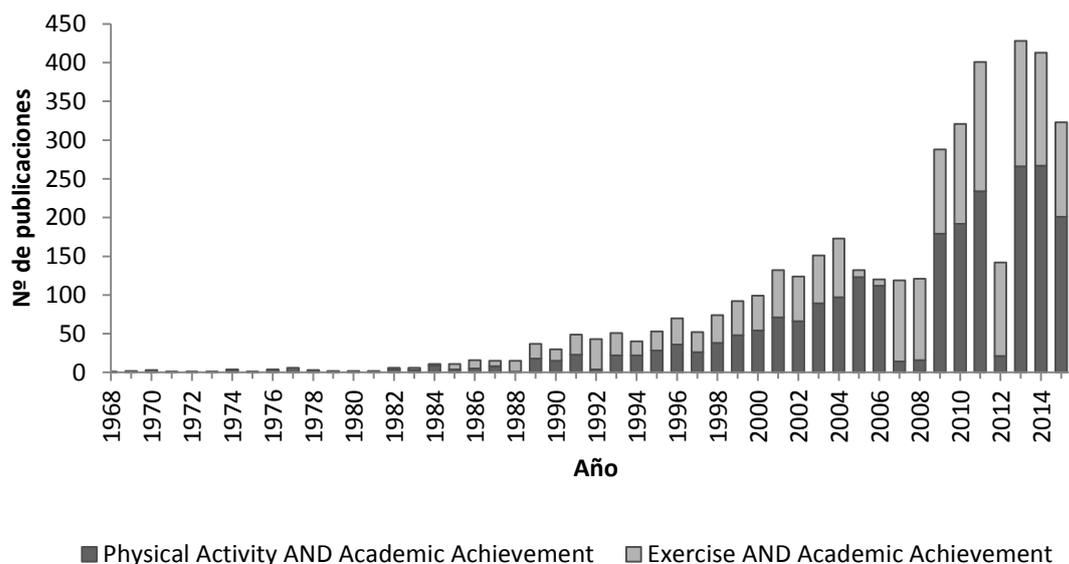


Figura 1. Tendencia del número de artículos por año que relacionan actividad física (gris oscuro) o ejercicio (gris claro) con rendimiento académico en la base de datos PubMed. Se puede apreciar una clara tendencia ascendente desde los años 90 hasta la actualidad, especialmente a partir del comienzo del siglo XXI, lo cual denota la relevancia de la temática actualmente.

El RA se puede definir como el grado en el que un estudiante alcanza unos objetivos específicos en el centro escolar, medido a través de diferentes tests u otros métodos de evaluación (Rasberry et al., 2011). Éste puede estar influido por diferentes factores como las destrezas cognitivas y actitudes (donde se incluyen habilidades cognitivas básicas como función ejecutiva, atención, memoria, comprensión verbal, y procesamiento de la información, así como actitudes y creencias como motivación, autoconcepto, satisfacción y relaciones en el entorno escolar), las conductas académicas (conducta en la tarea, organización, asistencia, programación y autocontrol), y otros aspectos como la condición socioeconómica, la educación parental, factores genéticos, la etnia, el género, la salud, la calidad de sueño o la cantidad de AF realizada (Wittberg, Northrup, & Cottrell, 2012).

Sin embargo, a pesar de que el RA pueda estar influido por múltiples y diversos factores, todos ellos, de algún modo, han de influir sobre los complejos procesos neurobiológicos y sociales de los que depende el aprendizaje (Haapala, 2012). Así, se han propuesto una serie de mecanismos neurobiológicos por los que el EF aumentaría el RA donde destacan, entre otros, el aumento del flujo sanguíneo cerebral, algunas modificaciones en la liberación hormonal del eje hipotalámico-pituitario-adrenal, o el incremento de los factores neurotróficos, especialmente el brain-derived neurotrophic factor (BDNF), el cual se ha hipotetizado que determina el incremento del volumen de materia blanca y con ello la conectividad sináptica (Mura et al., 2015).

El principal objetivo de este trabajo es intentar obtener una visión actual sobre la relación entre el EF y el RA en edad escolar y localizar artículos que hayan estudiado algún aspecto neurobiológico que pudiera contribuir a explicar dicha relación.

Método

Selección de la literatura.

Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar los artículos publicados durante estos últimos 5 años (desde enero de 2011 hasta marzo de 2016) que trataran sobre la asociación entre AF y RA. Para ello, se combinaron los términos “*physical activity*”, “*exercise*”, “*academic performance*” y “*academic achievement*”, mediante los operadores algebraicos booleanos “AND” y “OR”, en la base de datos PubMed/Medline. Para poder obtener algunas publicaciones en formato digital, la búsqueda se redirigió a otras bases de datos, como ScienceDirect, ResearchGate, ProQuest y Wiley Online Library, introduciendo el título de la publicación o el nombre del autor principal. Las búsquedas realizadas se llevaron a cabo entre febrero y marzo de 2016.

Criterios de inclusión/exclusión.

Tras la lectura inicial de los resúmenes de los artículos, se seleccionaron para su lectura más detallada aquéllos que cumplieran los siguientes criterios de inclusión:

- (1) Trabajos originales (fuentes primarias) con cualquier tipo de diseño.
- (2) Publicados en lengua inglesa o española.
- (3) De libre acceso u obtenidos a través de la solicitud al propio autor.
- (4) Describieran al menos una medida referida al RA y su asociación con el EF (educación física, clases físicamente activas o programas de EF extracurriculares).
- (5) La muestra debería incluir sujetos sanos o con sobrepeso/obesidad y tener una edad entre los 6 y los 16 años (edad de educación obligatoria en España).

Las revisiones sistemáticas encontradas se excluyeron del análisis de esta revisión, aunque sus referencias fueron utilizadas para identificar investigaciones originales con posibilidad de ser incluidas en la revisión. Además, se empleó su lectura para comprobar el estado actual de la temática seleccionada y ayudar al desarrollo global del trabajo.

El diagrama de flujo para seleccionar los artículos a revisar, que siguió las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (Urrútia & Bonfill, 2010), se muestra en la figura 2.

Resultados

1. Resultados de la búsqueda.

Se encontraron un total de 308 publicaciones con las palabras clave anteriormente descritas. Excepcionalmente, también se incluyó una publicación previa a este año (Donnelly et al., 2009), citada sistemáticamente por las publicaciones incluidas para su lectura, por lo que se la consideró de gran relevancia para el objetivo de esta revisión. Finalmente, siguiendo los criterios de la declaración PRISMA, se incluyeron 9 estudios en la síntesis cuantitativa de la revisión sistemática.

2. Características de los estudios analizados.

Esta revisión examina los resultados de 9 estudios (Tabla 1) que exploran la relación entre AF y RA en niños y adolescentes en edad escolar. De éstos, dos fueron estudios de corte o transversales (Käll, Nilsson, & Lindén, 2014; Lambourne et al., 2013), uno siguió un diseño cuasi-experimental (Bunketorp Käll, Malmgren, Olsson, Lindén, & Nilsson, 2015), tres fueron

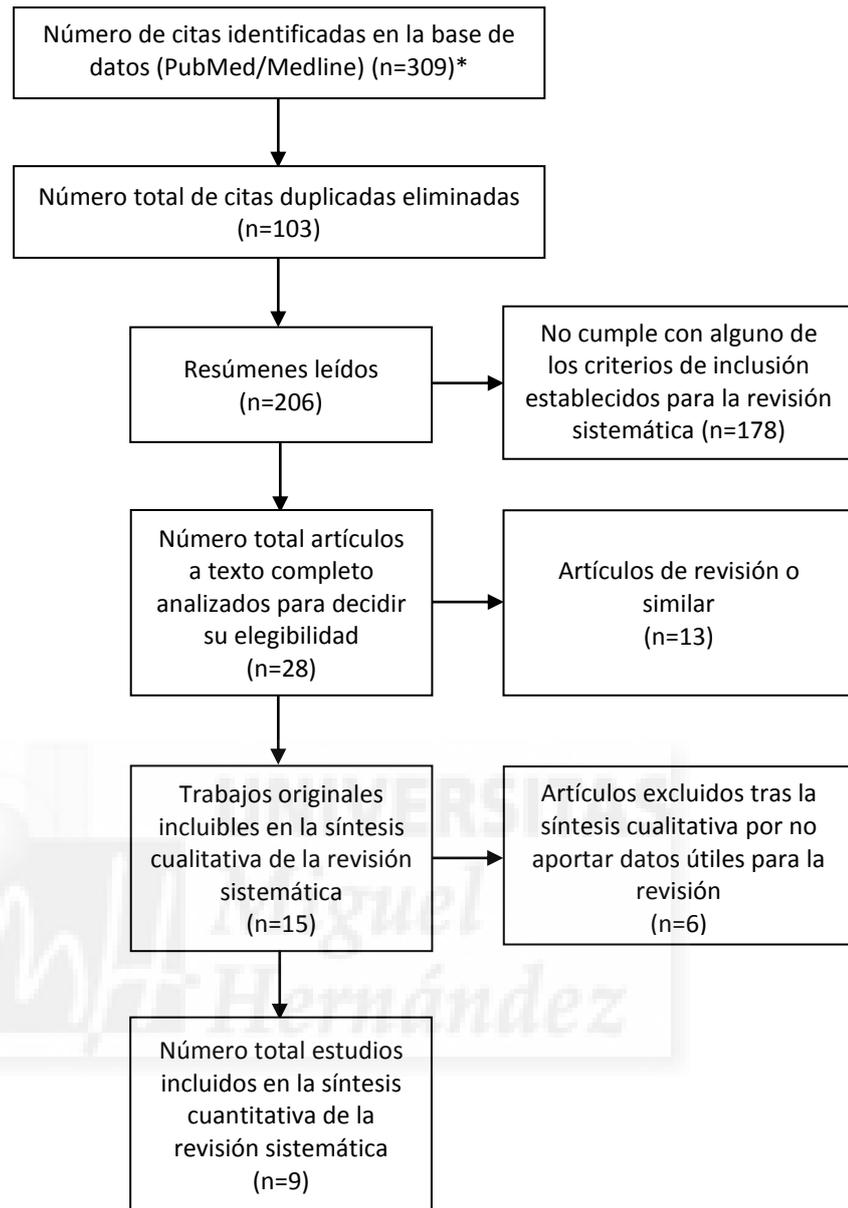


Figura 2. Proceso de inclusión de los artículos para la síntesis cuantitativa de la revisión sistemática. *En la búsqueda original aparecían 308 publicaciones, pero tras la lectura de varias revisiones se decidió añadir un estudio referenciado en ellas, anterior al acotamiento temporal de la búsqueda realizada, pues se consideró de gran relevancia.

estudios longitudinales (Gao, Hannan, Xiang, Stodden, & Valdez, 2013; London & Castrechini, 2011; Wittberg et al., 2012), de los cuales uno siguió un diseño de medidas repetidas (Gao et al., 2013), y otros tres fueron ensayos aleatorizados controlados (Davis et al., 2011; Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016).

Las muestras incluidas en los estudios variaron desde 171 estudiantes (Davis et al., 2011) hasta cohortes de 1725 sujetos (Wittberg et al., 2012). La edad de los participantes, sin embargo, era más homogénea entre ellos. En 7 de los 9 estudios incluidos la edad estaba comprendida entre los 9 y los 12 años, alcanzando uno de ellos sujetos con 14 años. Únicamente en dos de los estudios incluidos (Lambourne et al., 2013; Mullender-Wijnsma et al., 2016) los participantes tenían entre 7 y 8 años.

La duración de las intervenciones era muy cambiante, incluyendo estudios con una duración desde 4 días de intervención (Lambourne et al., 2013) hasta estudios longitudinales con una duración de 6 años (London & Castrechini, 2011).

2.1. Intervención.

Las características de los grupos de intervención se asemejaron en cuanto al tiempo dedicado por semana, abarcando, en general, entre 60 y 90 minutos de intervención (Bunketorp Käll et al., 2015; Donnelly et al., 2009; Gao et al., 2013; Käll et al., 2014; Mullender-Wijnsma et al., 2016). Únicamente uno de los estudios seleccionados (Davis et al., 2011) amplió más su tiempo semanal, pues en los dos grupos en los que se divide la intervención el que menos tiempo realiza son 100 min/sem, mientras que el grupo de alta dosis de ejercicio realiza 200 min/sem. Sin embargo, la duración total de esta intervención fue de 3 meses, mientras que en los mencionados anteriormente la intervención mínima es de 2 años.

En cuanto a la intensidad del EF en la intervención, solamente dos de los estudios (Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016) la tuvieron en cuenta, reportando la misma de moderada a vigorosa.

El tipo de ejercicio que realizaban los grupos objeto de estudio era variable entre las intervenciones. Tres de los estudios (Bunketorp Käll et al., 2015; Davis et al., 2011; Käll et al., 2014) siguieron las mismas pautas llevando a cabo actividades de “juego y movimiento”, con base fundamentalmente aeróbica, proponiendo tareas diseñadas para promover un estilo de vida saludable, focalizándolas en la diversión y no en la competición y planteando la práctica adaptada de algunos deportes (como fútbol o baloncesto). Otro de los estudios (Gao et al., 2013) proponía una actividad rítmica de baile con música. Por último, dos estudios (Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016) desarrollaron clases físicamente activas.

2.2. Control.

Generalmente, los estudios llevados a cabo dentro del horario curricular tenían grupos control que asistían a las clases de educación física reglamentarias (Bunketorp Käll et al., 2015; Donnelly et al., 2009; Gao et al., 2013; Käll et al., 2014; Mullender-Wijnsma et al., 2016), mientras que dos de los estudios carecían de grupo control (Davis et al., 2011; Lambourne et al., 2013).

2.3. Objetivos y evaluación.

El RA fue uno de los objetivos para la evaluación en todos los estudios seleccionados. Para llevar a cabo la medida del RA se utilizaron tests nacionales (distintos según el país en el que se desarrolló cada estudio) en 4 trabajos (Bunketorp Käll et al., 2015; Gao et al., 2013; Käll et al., 2014; London & Castrechini, 2011) y tests estandarizados en los 5 restantes (Davis et al., 2011; Donnelly et al., 2009; Lambourne et al., 2013; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Wittberg et al., 2012). En general, todos ellos focalizaban su medida en las materias de matemáticas y lengua, concretamente en las áreas de lectura y ortografía. Únicamente un estudio analizó el rendimiento en ciencias y estudios sociales (Wittberg et al., 2012).

Tabla 1
Características principales de los artículos seleccionados

Diseño de los estudios	Referencia	Participantes		Grupos		Duración
		Muestra	Edad	Intervención	Control	
De corte o transversales	Käll, Nilsson, & Lindén, 2014	n (intervención)=196	5º grado (10 años)	2 veces/semana + 2 horas de EFC, con una duración de 35-40 min/sesión de intervención	EFC (2 clases semanales)	2004-2008
	Lambourne et al., 2013	n=401	2º y 3º grado (7-8 años)	10 h en 3 o más días con acelerómetro	-	Periodo de 4 días
Cuasi-experimentales	Bunketorp Käll, Malmgren, Olsson, Lindén, & Nilsson, 2015	n (intervención)=269 n (control)=264	5º y 6º grado (10-11 años)	2 veces/semana + 2 horas de EFC, con una duración de 35-40 min/sesión de intervención	EFC (2 clases semanales)	2009-2012
Longitudinales	London & Castrechini, 2011	2 cohortes: n (4º-7º grado)=1325 n (6º-9º grado)=1410	4º-9º grado (9-14 años)	Medida de CF, obesidad y RA		Desde el curso académico 02/03 al 07/08
	Wittberg, Northrup, & Cottrell, 2012	3 cohortes: n=1725	5º y 7º grado (10 y 12 años)	5º grado: clases de EFC, con un mínimo de 3 clases de 30 min/semana; 7º grado: 1 semestre (2 trimestres) de EFC		2 años
	Gao, Hannan, Xiang, Stodden, & Valdez, 2013	1º año: n=208 n (intervención)=85 2º año: n=165 n (intervención)=53	GI: 4º grado (1º y 2º año) GC: 3º y 5º (1º año) 5º y 6º (2º año)	30 min de ejercicio del programa "Dance Dance Revolution" (baile aeróbico) 3 veces/semana	Ningún programa extra de ejercicio estructurado en la escuela	2 años
Ensayos aleatorizados controlados	Davis et al., 2011	n (baja dosis ej.)=55 n (alta dosis ej.)=56 n (control)=60	7-11 años (media 9.3 ± 1.0)	Baja dosis de ejercicio: 20 min/día; Alta dosis de ejercicio: 40 min/día (2x20')	-	3 meses (13 ± 1.6 semanas)
	Mullender-Wijnsma et al., 2016	n (intervención)=249 n (control)=250	2º y 3º grado (media 8.1 ± 0.7 años)	20-30 min de CFA de una intensidad moderada a vigorosa, 3 veces/semana, 22 semanas/año	Clases físicamente no activas	2 años académicos
	Donnelly et al., 2009	n (intervención)=792 n (control)=698	2º y 3º grado (pre-test) y 4º y 5º (post-test)	90 min/semana de CFA de una intensidad moderada a vigorosa + 60 min/semana de EFC. Total: 150 min/semana de AF escolar	60 min/semana de EFC sin CFA	3 años

* GI = grupo intervención; GC = grupo control; EFC = educación física curricular; CF = condición física; RA = rendimiento académico; CFA = clases físicamente activas; AF = actividad física.

Las estimaciones en relación a la AF realizada fueron muy diversas entre los trabajos consultados. Dos de ellos (Donnelly et al., 2009; Lambourne et al., 2013) obtuvieron directamente el nivel de AF mediante acelerómetros, tres se centraron en la medida de la condición física a través de distintos tests (Bunketorp Käll et al., 2015; London & Castrechini, 2011; Wittberg et al., 2012) y dos estimaron el $VO_{2máx}$ de manera indirecta a través del test de Rockport (“test de la milla”) o el test PACER (“Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run”), contabilizando el tiempo de ejecución de la prueba (Gao et al., 2013; Wittberg et al., 2012). Por último, tres de ellos también analizaron el IMC (Donnelly et al., 2009; Gao et al., 2013; Wittberg et al., 2012). Dos de los estudios incluidos solamente mencionaron que el grupo intervención llevó a cabo un programa de ejercicio, sin describir si el mismo produjo cambios en la condición física (Käll et al., 2014; Mullender-Wijnsma et al., 2016).

En cuanto a los mecanismos neurobiológicos, únicamente 2 de los 9 estudios seleccionados llevaron a cabo un sub-estudio dentro del propio estudio, con una muestra reducida, para observar los cambios que se producían a nivel del cerebro. En concreto, Bunketorp Käll et al. (2015) midieron el volumen del hipocampo mediante resonancia magnética, mientras que Davis et al. (2011) analizaron si existían diferencias en la actividad en la corteza pre-frontal bilateral y en la corteza parietal posterior bilateral, mediante resonancia magnética funcional (fMRI).

La tabla 2 resume los principales objetivos y métodos de evaluación de los estudios incluidos en la presente revisión.

3. Resultados principales de los estudios analizados.

Conjuntamente, ninguno de los estudios analizados mostró relaciones inversas en el RA tras la intervención, pues los resultados obtenidos en todos ellos evidenciaron que la participación en un programa de AF aumentó el RA en el grupo de población analizado.

Concretamente, en todos los estudios incluidos se mostró un aumento del RA en matemáticas, mientras que 6 de ellos recogieron en sus resultados aumentos del mismo en otras materias (Bunketorp Käll et al., 2015; Donnelly et al., 2009; Käll et al., 2014; London & Castrechini, 2011; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Wittberg et al., 2012). De éstos, todos presentaron una mejora del RA en lengua, tanto en lectura como en ortografía, excepto en el llevado a cabo por Mullender-Wijnsma et al. (2016), donde no se observó un aumento en lectura. El estudio de Wittberg et al. (2012), que incluyó las asignaturas de ciencias y estudios sociales en su investigación también mostró un aumento del RA en esas disciplinas.

Solamente uno de los estudios (Bunketorp Käll et al., 2015) encontró diferencias significativas entre géneros. En este trabajo los resultados sugirieron que, en chicas, la participación en el programa de EF propuesto se asociaba significativamente con pasar los tests en matemáticas y en la lengua nacional, mientras que en chicos, aunque se observara una tendencia mayor a superar estos tests cuando se participaba en el programa, las diferencias con el grupo control no fueron significativas.

Por último, los resultados de los estudios en relación a los mecanismos neurobiológicos analizados fueron los siguientes. Por una parte, Bunketorp Käll et al. (2015) no observaron diferencias en el volumen de ambos hipocampos (izquierdo o derecho) entre el grupo control (n=39) y el grupo intervención (n=40), mientras que Davis et al. (2011) encontraron un incremento significativo en la actividad de la corteza prefrontal bilateral, así como una disminución significativa en la actividad de la corteza parietal posterior en el grupo que realizó el programa de ejercicio, tras la finalización del mismo.

La tabla 2 resume los principales resultados de todos estos estudios.

Tabla 2

Objetivos, evaluación y resultados de los estudios incluidos

Referencia	Objetivo principal	Objetivos secundarios	Evaluación	Resultados RA
Käll, Nilsson, & Lindén, 2014	Evaluar las posibilidades de alcanzar los objetivos académicos nacionales (matemáticas, inglés y sueco) cuando se integra en el currículum un programa de AF	-	<i>Pre-test y post-test</i> RA durante 4 años antes (periodo 1) y 5 años después (periodo 2) del comienzo del programa (Departamento Regional de Educación)	En general, las probabilidades de alcanzar los objetivos académicos nacionales incrementaron del periodo 1 (2000-03) al periodo 2 (2004-08) para aquellos sujetos involucrados en el programa de AF ($p < .05$). Los resultados muestran que un programa de AF escolar aumenta significativamente el RA de los participantes en las materias evaluadas.
Lambourne et al., 2013	Comprobar cómo la AF y la CF se relacionan con el RA	-	<i>Pre-test y post-test</i> - RA (WIAT-III) - CF (PACER) - Nivel de AF (Acelerómetro ActiGraph)	ED significativo de la AF sobre el rendimiento obtenido en PACER, ED significativo del rendimiento obtenido en PACER con el RA en matemáticas, y El significativo de la AF sobre el RA en matemáticas a través del rendimiento obtenido en PACER. Los resultados indican que el impacto estadístico de la AF sobre el incremento del RA en matemáticas está parcialmente mediado por la CF (rendimiento en PACER). Ni el nivel de AF ni la CF se asociaron directamente con el RA en lectura o en ortografía.
Bunketorp Käll, Malmgren, Olsson, Lindén, & Nilsson, 2015	Averiguar las posibilidades de alcanzar los objetivos académicos nacionales (matemáticas, inglés y sueco) cuando se integra en el currículum un programa de AF	- CF - Tamaño del hipocampo - Calidad de vida y estado socioemocional	<i>GC vs. GI</i> - RA (Tests nacionales) - CF (Test Astrand-Rhyming) - Tamaño hipocampo (RM)	Entre chicas, la participación en el programa de AF se asoció significativamente con tener más probabilidades de aprobar los tests nacionales en sueco y matemáticas. Igualmente, en los chicos del GI también se observó una tendencia mayor, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. No se encontraron diferencias entre el GI y GC en el test de inglés (en ningún sexo).

London & Castrechini, 2011	Examinar la CF y el IMC de manera independiente y relacionarlos con el RA en matemáticas e inglés	-	<p><i>Pre-test y post-test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - CF y obesidad (California Physical Fitness Testing – FITNESSGRAM®) - RA (California Standarized Test) 	<p>Diferencias entre estudiantes: aquellos que superan el PFT en 5º y 7º grado tienen un RA por encima de la media en inglés y matemáticas, respectivamente, comparado con aquellos estudiantes que no superan el PFT en 5º y 7º grado.</p> <p>En el cohorte joven, los estudiantes que superan ambos PFT y aquéllos que no superan el primero pero si el segundo tienen un RA significativamente más alto en 4º grado que aquéllos que no superan el test ninguna vez.</p> <p>Mejora en el RA en aquellos estudiantes cuya CF se mantiene o mejora con el tiempo (aquellos que pasan de no superar a superar el PFT).</p>
Wittberg, Northrup, & Cottrell, 2012	Observar los efectos de la CF sobre el RA en 4 materias distintas: matemáticas, ciencias, estudios sociales y lengua	-	<p><i>Pre-test y post-test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - CF* e IMC (FITNESSGRAM®) - Capacidad aeróbica (PACER o Test Rockport) - RA (WESTEST) <p>*Se divide en: HFZ (zona de CF óptima) o NIZ (zona donde necesita mejorar la CF)</p>	<p>Estudiantes que se encontraron en HFZ en 5º y 7º grado obtuvieron un RA significativamente superior que aquellos estudiantes que se mantuvieron en NIZ ambos años.</p> <p>Aquellos estudiantes que pasaron de HFZ a NIZ (o viceversa) obtuvieron un RA significativamente mayor que aquéllos que se mantuvieron en NIZ.</p> <p>Estudiantes que mejoraron su CF entre ambos grados no mejoraron su RA lo suficiente como para alcanzar el RA de aquéllos que se mantuvieron en HFZ.</p>
Gao, Hannan, Xiang, Stodden, & Valdez, 2013	Investigar si los jóvenes en GI muestran mayores incrementos en la capacidad aeróbica y menores en el IMC en comparación con el GC	Evaluar si los estudiantes en el GI muestran un mayor incremento en el RA (matemáticas y lectura) que aquéllos en el GC	<p><i>Pre-test y post-test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad aeróbica (Test Rockport) - IMC (FITNESSGRAM®) - RA (Tests nacionales) 	El GI mostró una mayor mejora del RA en matemáticas que los GC, tanto en el primer como en el segundo año. Sin embargo, no se encontraron diferencias del RA en lectura.

Davis et al., 2011	Analizar los efectos de 3 meses de ejercicio aeróbico regular en la función ejecutiva de niños con sobrepeso y obesidad, usando medidas de evaluación cognitiva y de RA	Efectos que se producen en la actividad de la corteza pre-frontal	<p><i>Pre-test y post-test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - RA (Woodcock-Johnson Tests of Achievement III) - Cognición (Cognitive Assessment System) - Cambios cerebrales (RM) 	<p>Diferencias significativas indican el beneficio del EF sobre el RA en matemáticas al comparar ambos GI con el GC.</p> <p>No se observan diferencias en el rendimiento entre los GI (baja dosis y alta dosis de ejercicio).</p>
Mullender-Wijnsma et al., 2016	Comprobar los efectos de un programa innovador de CFA sobre el RA de los estudiantes	-	<p><i>Pre-test y post-test (después de cada año)</i></p> <p>RA: 2 tests de lengua (lectura y ortografía) y 2 tests de matemáticas (velocidad y habilidades generales)</p>	<p>No se obtuvieron diferencias significativas en lectura después del primer o segundo año entre GC y GI.</p> <p>No se obtuvieron diferencias significativas en ortografía y en el test de velocidad en matemáticas entre GC y GI después del primer año, sin embargo, sí las hubo después del segundo año.</p> <p>Los resultados del test de habilidades generales en matemáticas revelan que el RA de los estudiantes en el GI mejoró significativamente respecto al GC tanto después del primer como del segundo año.</p> <p>La participación en CFA de matemáticas y lengua contribuyó positivamente a la mejora del RA en matemáticas y ortografía de aquellos estudiantes en el GI.</p>
Donnelly et al., 2009	Incrementar la práctica de AF lo suficiente para reducir ganancias en el IMC en el GI	Nivel diario de AF y RA	<p><i>Pre-test y post-test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - IMC - Nivel de AF (Acelerómetro ActiGraph) - RA (WIAT-II) 	El RA se vio significativamente incrementado tras los 3 años de programa de EF en el GI respecto al GC en composición, lectura, matemáticas y ortografía.

* AF = actividad física; EF = ejercicio físico; CF = condición física; RA = rendimiento académico; ED = efecto directo; EI = efecto indirecto; RM = resonancia magnética; IMC = índice de masa corporal; GI = grupo intervención; GC = grupo control; PFT = Physical Fitness Testing; WIAT = Wechsler Individual Achievement Test; PACER = Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; WESTEST = West Virginia Educational Standards Test; HFZ = healthy fitness zone; NIZ = needs improvement zone; CFA = clases físicamente activas.

Discusión

La presente revisión sistemática de la literatura incorpora estudios que cumplieran los criterios de inclusión establecidos, publicados entre 2011 y marzo de 2016. Los resultados de los mismos muestran que el EF en edad escolar, concretamente entre los 6 y 16 años de edad, tiene un efecto directo sobre el RA. Esto significa que aquellos estudiantes que participan en un programa de AF, adicional a la educación física curricular, obtienen mejores resultados académicos, en las distintas materias evaluadas (matemáticas, lengua, etc.), que aquellos que no lo hacen.

Estos resultados son consistentes con varias revisiones que se han llevado a cabo recientemente, las cuales no encuentran prácticamente ningún efecto adverso del EF sobre el RA. Por ejemplo, en una revisión que relaciona la AF en la escuela –incluyendo educación física, recreo y clases físicamente activas– con el RA (Rasberry et al., 2011), incorporando los resultados de 43 artículos en su metodología, se encontró que la mitad de las asociaciones entre AF y RA eran directas, mientras que la mayoría de las restantes no presentaban ninguna asociación y únicamente un pequeño porcentaje reportó asociaciones inversas (1.5%). En otra revisión más reciente, publicada en el año 2015, varios autores incluyeron 31 estudios que empleaban una metodología experimental o cuasi-experimental sin encontrar ningún descenso en el RA tras la intervención en ninguna de las investigaciones. De hecho, el 75% de las intervenciones incluidas en dicha revisión mostraron una relación directa entre el EF y al menos un aspecto relacionado con la cognición y/o el RA en niños y jóvenes de 3 a 18 años (Mura et al., 2015). Del mismo modo, en otra revisión publicada en ese mismo año, tras el análisis de 20 estudios que vinculaban la AF con la cognición y el RA en adolescentes, se encontró que el 70% de las asociaciones realizadas entre AF y RA eran directas, distinguiendo que diferentes niveles de intensidad del ejercicio tienen distintos efectos sobre los resultados, siendo la intensidad vigorosa la que mayores beneficios produce (Esteban-Cornejo et al., 2015).

Tras el análisis de los estudios incluidos se han detectado diversas carencias que deberían corregirse de cara a intervenciones futuras. Una de las variables importantes que se debería conocer es el tipo de AF realizada, deporte o programa de EF que se ha llevado a cabo, con todo tipo de detalle, y en este punto hay varios estudios que flaquean. En relación a esto, se han identificado trabajos donde no se describe la AF propuesta (Käll et al., 2014; Mullender-Wijnsma et al., 2016). Lo mismo ocurre con los estudios que no aportan información acerca de la dosis de ejercicio que realiza el grupo de intervención (frecuencia, duración e intensidad del mismo), bien por omisión o bien porque directamente no se obtiene en la recogida de datos. En concreto, de los 9 estudios incluidos, únicamente dos informan sobre la intensidad del ejercicio (Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016). Teniendo controlados todos estos factores, en futuros trabajos se podría replicar la intervención con una elevada probabilidad de obtener los resultados conseguidos previamente. Por estos motivos, de cara a próximas investigaciones en la materia se debería describir y cuantificar con detalle la AF realizada por los participantes, aportando tanto cualitativa como cuantitativamente los datos necesarios para poder utilizar el programa empleado como modelo, ya sea con la finalidad de replicarlo o de compararlo con otro distinto.

Por otro lado, varios estudios son consistentes con la literatura que asocia un estatus socioeconómico bajo con menores niveles de condición física, de manera que, de forma indirecta, estos factores socioeconómicos influirán en el RA de los estudiantes (Bunketorp Käll et al., 2015; Käll et al., 2014; London & Castrechini, 2011). Teniendo este punto en consideración, los estudios que se lleven a cabo con el objetivo de evaluar el RA tras la intervención en un programa de EF deberían analizar las variables socioeconómicas que rodean a los estudiantes, procurando siempre que las características del grupo control y el

grupo experimental sean similares. De lo contrario, no se podría afirmar que los resultados obtenidos en el estudio fueran válidos, pues realmente no se estarían comparando grupos de población homogéneos. Una revisión sistemática publicada recientemente (Donnelly et al., 2016) es crítica con este punto y comenta que una posible explicación para las inconsistencias que se encuentran en la relación entre EF, condición física y RA puede ser la falta de control de estas variables. De hecho, de los estudios de corte incluidos en dicha revisión, sólo se tuvieron en cuenta estas variables en el 55% de ellos.

Otro de los elementos importantes reside en las diferencias que hay por géneros. Hoy en día se da un fenómeno, de forma genérica, donde las mujeres obtienen mejores resultados académicos que los varones, y esto se acentúa aún más cuando se añade una intervención de EF. Según Bunketorp Käll et al. (2015) existen una serie de razones por las que pueda existir esta tendencia. Se propone que la práctica de AF entre mujeres tiene un mayor efecto que en varones sobre la disminución del estrés, el aumento de la concentración y la mejora del comportamiento en clase. Igualmente, en dicho estudio las chicas que participaban en el grupo intervención presentaron una tendencia a tener menor hiperactividad. Con ello, los efectos psicológicos de la AF en chicas podrían hacer que el RA mejorara indirectamente. Otro de los aspectos que se sugiere en cuanto a la relación directa entre tiempo dedicado a la práctica de AF y RA en chicas, comentado en la revisión de Esteban-Cornejo et al. (2015), es que los chicos son más activos, de manera que el estímulo que supone el EF adicional en ellos es menor que el que supone en las chicas para alcanzar los mismos efectos fisiológicos. A pesar de esto, no se puede afirmar con rotundidad que este fenómeno sea atribuible a la intervención, pues únicamente un estudio de los incluidos en esta revisión aporta resultados sobre ello. Por este motivo, los estudios futuros podrían analizar con más detalle el efecto del género en la asociación entre AF y RA.

En general, a pesar de que los resultados son alentadores en referencia al vínculo entre la práctica de AF y el RA, no siempre se puede afirmar que se dé una atribución de causalidad en los estudios, sino que muchas veces se debe hablar de una asociación. Los resultados de la mayoría de los estudios incluidos no pueden explicar los mecanismos que subyacen y relacionan el EF con la mejora del RA, de manera que, aunque tras la intervención se observe un incremento en el RA, éste no se puede atribuir directamente al factor EF, sino que puede haber sido una combinación de muchos otros factores, posiblemente derivados de la práctica, los que hayan intervenido sin haberse tenido en consideración. Por ejemplo, el aumento de la concentración en el aula, la mejora del comportamiento, la mejora del estado anímico (Bunketorp Käll, Malmgren, Olsson, Lindén, & Nilsson, 2015; Käll, Nilsson, & Lindén, 2014; London & Castrechini, 2011), o el uso de metodologías de enseñanza innovadoras, como las clases físicamente activas (Mullender-Wijnsma et al., 2016), podrían explicar, al menos en parte, el efecto observado del EF sobre el RA.

Un aspecto a destacar es que en todos los estudios se encuentra que el efecto que provoca la práctica de AF es mayor en matemáticas que cualquier otra materia, llegando a ser la única disciplina que mejora tras la intervención en algunos estudios. Esto no parece sorprendente al observar que una de las últimas revisiones que versa sobre esta temática (Donnelly et al., 2016) encontró que, en general, aquellos estudios cuyas intervenciones estaban diseñadas para aumentar los niveles de AF de los participantes (incluyendo clases físicamente activas y programas de AF extracurriculares) mostraron efectos positivos sobre el rendimiento en matemáticas.

Por otra parte, sólo un pequeño número de estudios incluye medidas sobre los cambios que se producen en la estructura y función cerebral a partir de la AF, hecho que podría ser justificado puesto que la primera investigación que utilizó técnicas para analizar la imagen cerebral y relacionó la condición física en la infancia con los cambios que se producían en el cerebro fue en el año 2005 (Donnelly et al., 2016). En relación a lo mencionado

anteriormente, un trabajo descriptivo y correlacional reciente que observó el RA y analizó la corteza cerebral en preadolescentes de 9 y 10 años –comparando un grupo de elevado $VO_{2m\acute{a}x}$ (> percentil 70) con otro de bajo $VO_{2m\acute{a}x}$ (< percentil 30), ajustado por edad y género– (Chaddock-Heyman et al., 2015) mostró que los jóvenes con un $VO_{2m\acute{a}x}$ elevado, además de mostrar un mejor RA en matemáticas, tenían un menor grosor en la materia gris de la corteza frontal superior, corteza temporal superior y corteza lateral occipital. Los resultados sugirieron que una mayor densidad de materia gris en la corteza frontal superior y anterior se correlacionaba negativamente con obtener buenos resultados en la disciplina. En conjunto, este estudio aporta evidencias a la literatura existente sobre la importancia de poseer una buena condición física sobre el RA, especialmente en matemáticas. Además, coincide con estudios previos en sugerir que las diferencias en la materia gris de la corteza frontal pueden ser primordiales a la hora de obtener un buen rendimiento en la disciplina. Este hecho es congruente con el papel que se le atribuye a la corteza prefrontal actualmente, como corteza asociativa relacionada con el cálculo (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica, & Membrives, 2010).

En conclusión, a pesar de que las metodologías de estudio del funcionamiento cerebral todavía necesitan mejorar, en futuras investigaciones se debería emplear la tecnología más avanzada para intentar mejorar la comprensión de los efectos de la AF sobre la estructura y función cerebral y así poder establecer las bases neurobiológicas que determinan el RA. De esta forma, se podría comprobar si son los cambios estructurales o funcionales del cerebro los que permiten explicar dicha relación, que parece consistente a lo largo de la literatura.

Asimismo, en el estudio de Wittberg et al. (2012) se encontró un resultado que debería tenerse muy en cuenta de manera global. Tras evaluar la condición física de los participantes pre-test y post-test (tras 2 años), se encontró que aquellos estudiantes que mantuvieron una condición física óptima ambos años obtuvieron los mejores resultados en los tests académicos. Por el contrario, aquellos que obtuvieron las peores notas fueron los que no superaron el test de condición física ninguno de los dos años. Es interesante destacar que aquellos estudiantes que mejoraron su condición física después de los dos años no aumentaron su RA al nivel de aquellos que mantuvieron una buena condición física durante todo el periodo. En conclusión, la buena capacidad aeróbica de los estudiantes mantenido a lo largo del tiempo se asoció con un mejor RA. Por consiguiente, y con el objetivo de alcanzar el máximo RA posible, podemos considerar de máxima importancia el hecho de mantener una condición física óptima desde edades bien tempranas, pues a pesar de que ésta mejore con los años los resultados que se pueden obtener, posiblemente, no llegarán a ser tan elevados como los de aquellos estudiantes que mantengan una óptima condición física la mayor parte de su vida.

Igualmente, hay que destacar que los beneficios que se obtienen gracias a la práctica de EF no se limitan únicamente a la consecución de una buena condición física para lograr un buen RA, sino que la práctica regular del mismo también se asocia a un aumento en la función cognitiva y en el estado anímico de los jóvenes (Buscemi et al., 2014), mientras que se ha demostrado que una condición física deficiente, normalmente asociada con sobrepeso u obesidad, está vinculada a un menor RA y a una reducida función cognitiva (Liang et al., 2014). Dado que en nuestro país la prevalencia de sobrepeso/obesidad infanto-juvenil es muy preocupante, promover la realización de AF/EF escolar puede considerarse una estrategia doblemente útil para, por un lado contribuir a reducir este problema de salud pública, y, por otro, para intentar mejorar el RA. Para poder revertir este asunto las escuelas juegan un papel esencial puesto que deberían ser el medio básico para promover y lograr que los niños en edad escolar participaran en mayores niveles de AF diaria (Buscemi et al., 2014; Rasberry et al., 2011), posibilitando así el cumplimiento de las recomendaciones que la Organización Mundial de la Salud recoge para niños y jóvenes de 5 a 17 años, los cuales deberían acumular un mínimo de 60 minutos diarios de AF a una intensidad moderada o vigorosa, en su mayor parte

aeróbica (Organización Mundial de la Salud, 2010).

Limitaciones del estudio.

Esta revisión presenta algunas limitaciones dentro de su metodología. Por una parte, los términos que se utilizaron así como los criterios de inclusión y exclusión establecidos pueden haber limitado notablemente el número de estudios finalmente incluidos en la síntesis. Igualmente, al haber incluido estudios con cualquier tipo de diseño los resultados deberían ser interpretados con cautela.

Conclusiones e implicaciones para la salud escolar

Los resultados obtenidos en esta revisión muestran, en concordancia con la literatura, los efectos positivos que produce el EF sobre el RA. Además, no existe ninguna evidencia que sugiera que la AF afecte negativamente al RA, incluso en detrimento del tiempo en el aula.

A propósito, los centros educativos son la piedra angular en la educación de las personas, fundamentales en la creación de hábitos de vida saludables y en prevención de la salud a través de la educación física. Por este motivo, también son el pilar fundamental a la hora de ofrecer las oportunidades suficientes a niños y adolescentes para poder ser físicamente activos. Por ello, y con la finalidad de sacar el máximo provecho de la revisión llevada a cabo, podemos decir que existen múltiples ramificaciones con las que se podrían lograr las recomendaciones de AF diaria en jóvenes y, consecuentemente, alcanzar un mejor RA en esta población.

En primer lugar, estos resultados deberían motivar al personal educativo y a los responsables políticos a crear y ofrecer programas de EF escolar que fomentaran la participación en actividades físico-deportivas. Por otra parte, cada vez más se ven reducidas las horas lectivas de educación física curricular en favor de otras materias. El resultado de la revisión, sin embargo, sugiere que eliminar clases de educación física es contraproducente en muchos aspectos. Así pues, la reducción en el número de horas dedicadas a la AF en escuelas debería plantearse de otra manera porque, según las evidencias, puede afectar negativamente al RA. En relación a lo anterior, lo mismo ocurre con el tiempo de recreo físicamente activo. Éste se está viendo reducido notablemente en favor de horas en el aula. Sin embargo, una buena manera de sacar provecho de ese tiempo puede ser el planteamiento de actividades físico-deportivas para todas las edades, de manera que el tiempo motriz de los estudiantes podría verse aumentado hasta en 20-30 minutos diarios. Adicionalmente, puesto que para muchos niños y niñas la escuela es el único lugar donde pueden practicar algún tipo de AF, ésta debería de ser lo suficientemente motivante y divertida como para lograr adherencia. De esta manera, las oportunidades para llegar a ser sujetos físicamente activos se podrían ver notablemente aumentadas. Un aspecto fundamental a la hora de poder conseguir este objetivo es que las personas responsables de impartir las clases estén lo suficientemente cualificadas, dicho de otro modo, que tengan los conocimientos pertinentes para poder plantear las sesiones correctamente y, a su vez, estimulen al alumnado a seguir practicando AF fuera del horario escolar.

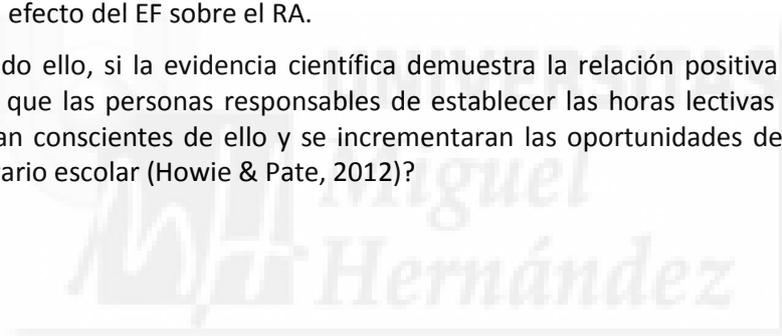
Asimismo, el establecimiento de convenios entre centros educativos y clubes o centros deportivos podría servir como herramienta para que los estudiantes puedan practicar una amplia variedad de modalidades deportivas, que de otro modo no tendrían a su alcance. En este sentido, los estudiantes podrán escoger entre esta variedad de disciplinas deportivas ya experimentadas la que mejor se adapte a sus necesidades e intereses personales. Esto sería fácilmente realizable con el planteamiento de actividades deportivas extraescolares o, de

forma más sencilla, con la programación de visitas de profesores y estudiantes directamente al centro deportivo, una o varias veces por semana.

Por último, otra de las propuestas que se debería considerar es la inclusión de clases físicamente activas en algunas materias. Como se ha demostrado en varios estudios, la participación en AF durante materias que se imparten en el aula puede ayudar a mejorar el RA en las mismas, además de contribuir a mejorar la condición física, prevenir el sobrepeso y alcanzar las recomendaciones de AF diaria. De esta forma, los resultados sugieren que las clases físicamente activas deberían pasar a formar parte del currículum educativo, como forma innovadora y efectiva para los docentes de mejorar el RA de los estudiantes.

Consecuentemente, la polémica aparece a causa de las reformas políticas aplicadas por los gobiernos, provocando que los centros educativos se vean obligados a reducir –y en algunos casos a eliminar– el tiempo dedicado a la educación física según el desarrollo curricular, aferrándose al argumento de que dedicar más tiempo en “materias estándares y tradicionales –como matemáticas, ciencias o lenguas–” resultaría en un aumento del RA de las mismas (Cadenas-Sánchez et al., 2016; Raspberry et al., 2011). No obstante, como se ha comentado a lo largo de la presente revisión, muchos estudios y varias revisiones sistemáticas recientes son consistentes y revelan que nos encontramos ante una falsa suposición, pues una reducción del tiempo dedicado a la educación física en el currículum podría suponer un impedimento a la hora de alcanzar un RA elevado (Buscemi et al., 2014). En el caso del RA en matemáticas, por ejemplo, puede llegar incluso a proponerse un mecanismo neurobiológico explicativo del efecto del EF sobre el RA.

Por todo ello, si la evidencia científica demuestra la relación positiva entre AF y RA, ¿sería posible que las personas responsables de establecer las horas lectivas en las distintas materias fueran conscientes de ello y se incrementaran las oportunidades de práctica de AF durante el horario escolar (Howie & Pate, 2012)?



Bibliografía

- Asamblea General De Las Naciones Unidas. (2011). *Declaración política de la reunión de alto nivel de la Asamblea General sobre la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles* (Vol. 49780). Retrieved from <http://www.un.org/es/ga/ncdmeeting2011/documents.shtml>
- Bunketorp Käll, L., Malmgren, H., Olsson, E., Lindén, T., & Nilsson, M. (2015). Effects of a curricular physical activity intervention on children's school performance, wellness, and brain development. *The Journal of School Health, 85*(10), 704. doi:10.1111/josh.12303
- Burkhalter, T. M., & Hillman, C. H. (2011). A narrative review of physical activity, nutrition, and obesity to cognition and scholastic performance across the human lifespan. *An International Review Journal, 2.2*(SUPPL.), 201–206. doi:10.3945/an.111.000331.and
- Buscemi, J., Kong, A., Fitzgibbon, M. L., Bustamante, E. E., Davis, C. L., Pate, R. R., & Wilson, D. K. (2014). Society of Behavioral Medicine position statement: elementary school-based physical activity supports academic achievement. *Translational Behavioral Medicine, 4*(4), 436–438. doi:10.1007/s13142-014-0279-7
- Cadenas-Sánchez, C., Mora-González, J., Migueles, J. H., Martín-Matillas, M., Gómez-Vida, J., Escolano-Margarit, V., ... Ortega, F. B. (2016). An exercise-based randomized controlled trial on brain, cognition, physical health and mental health in overweight/obese children (ActiveBrains project): Rationale, design and methods. *Contemporary Clinical Trials, 47*, 315–324. doi:10.1016/j.cct.2016.02.007
- Castelli, D. M., Centeio, E. E., Hwang, J., Barcelona, J. M., Glowacki, E. M., Calvert, H. G., & Nicksic, H. M. (2014). VII. The history of physical activity and academic performance research: informing the future. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 79*(4), 119–148. doi:10.1111/mono.12133
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Kienzler, C., King, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., ... Kramer, A. F. (2015). The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PLoS ONE, 10*(8), 1–11. doi:10.1371/journal.pone.0134115
- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2014). III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 79*(4), 25–50. doi:10.1111/mono.12129
- 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, 30*(1), 91–98. doi:10.1037/a0021766
- Dishman, R. K., Berthoud, H.-R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., ... Zigmond, M. J. (2006). Neurobiology of Exercise. *Obesity, 14*(3), 345–356. doi:10.1038/oby.2006.46
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., ... Williams, S. L. (2009). Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): A randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive Medicine, 49*(4), 336–341. doi:10.1016/j.ypmed.2009.07.022
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in

- children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197–1222. doi:10.1249/MSS.0000000000000901
- Donnelly, J. E., & Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive Medicine*, 52(SUPPL.), 36–42. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.021
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Sallis, J. F., & Veiga, O. L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 534–539. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.007
- 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), 521–35. doi:10.1080/02701367.2011.10599785
- Gao, Z., Hannan, P., Xiang, P., Stodden, D. F., & Valdez, V. E. (2013). Video game-based exercise, Latino children's physical health, and academic achievement. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(SUPPL.), 240–246. doi:10.1016/j.amepre.2012.11.023
- Haapala, E. (2012). Physical activity, academic performance and cognition in children and adolescents. A systematic review. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 4(1), 53–61. doi:10.2478/v10131-012-0007-y
- 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(SUPPL.), 21–28. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.024
- Howie, E. K., & Pate, R. R. (2012). Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*, 1(3), 160–169. doi:10.1016/j.jshs.2012.09.003
- Käll, L. B., Nilsson, M., & Lindén, T. (2014). The impact of a physical activity intervention program on academic achievement in a Swedish elementary school setting. *Journal of School Health*, 84(8), 473–480. doi:10.1111/josh.12179
- Lambourne, K., Hansen, D. M., Szabo, A. N., Lee, J., Herrmann, S. D., & Donnelly, J. E. (2013). Indirect and direct relations between aerobic fitness, physical activity, and academic achievement in elementary school students. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 165–171. doi:10.1016/j.mhpa.2013.06.002
- Lees, C., & Hopkins, J. (2013). Effect of aerobic exercise on cognition, academic achievement, and psychosocial function in children: a systematic review of randomized control trials. *Preventing Chronic Disease*, 10(10), E174. doi:10.5888/pcd10.130010
- Liang, J., Matheson, B. E., Kaye, W. H., & Boutelle, K. N. (2014). Neurocognitive correlates of obesity and obesity-related behaviors in children and adolescents. *International Journal of Obesity*, 38(4), 494–506. doi:10.1038/ijo.2013.142
- London, R., & Castrechini, S. (2011). A longitudinal examination of the link between youth physical fitness and academic achievement. *Journal of School Health*, 81(7), 400–408. doi:10.1111/j.1746-1561.2011.00608.x
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J., & Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137(3), 1–9. doi:10.1542/peds.2015-2743
- Mura, G., Vellante, M., Egidio Nardi, A., Machado, S., & Giovanni Carta, M. (2015). Effects of school-based physical activity interventions on cognition and academic achievement: a systematic review. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets*, 14(9), 1194–1208.

- Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/sci-hub.io/content/ben/cnsnddt/2015/00000014/00000009/art00013>
- Organización Mundial de la Salud. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. *Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication*, (Completo), 1–58. doi:978 92 4 359997 7
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Plan de acción mundial para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles 2013-2020*. Retrieved from http://www.who.int/cardiovascular_diseases/15032013_updated_revised_draft_action_plan_spanish.pdf
- Paillard, T., Rolland, Y., & de Souto Barreto, P. (2015). Protective effects of physical exercise in Alzheimer's disease and Parkinson's disease: a narrative review. *Journal of Clinical Neurology (Seoul, Korea)*, *11*(3), 212–9. doi:10.3988/jcn.2015.11.3.212
- Rasberry, C. N., Lee, S. M., Robin, L., Laris, B. A., Russell, L. A., Coyle, K. K., & Nihiser, A. J. (2011). The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: A systematic review of the literature. *Preventive Medicine*, *52*(SUPPL.), 10–20. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.027
- Schaeffer, D. J., Krafft, C. E., Schwarz, N. F., Chi, L., Rodrigue, A. L., Pierce, J. E., ... McDowell, J. E. (2014). An 8-month exercise intervention alters frontotemporal white matter integrity in overweight children. *Psychophysiology*, *51*(8), 728–733. doi:10.1111/psyp.12227
- Serra-Grabulosa, J. M., Adan, A., Pérez-Pàmies, M., Lachica, J., & Membrives, S. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Revista de Neurologia*, *50*(1), 39–46. Retrieved from <http://www.neurologia.com/pdf/Web/5001/bd010039.pdf>
- Singh, A., Uijtdewilligen, L., Twisk, J. W. R., van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. M. (2012). Physical activity and performance at school. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, *166*(1), 49–55. doi:10.1001/archpediatrics.2011.716
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, *135*(11), 507–511. doi:10.1016/j.medcli.2010.01.015
- Wittberg, R. A., Northrup, K. L., & Cottrell, L. A. (2012). Children's aerobic fitness and academic achievement: A longitudinal examination of students during their fifth and seventh grade years. *American Journal of Public Health*, *102*(12), 2303–2307. doi:10.2105/AJPH.2011.300515