











Artículo

Revisión sistemática sobre la incidencia de los programas de actividad física en la mejora cognitiva en la infancia y adolescencia

Nuria Pérez-Romero¹ , Carolina Sánchez-García¹ , Alejandro Sabarit-Peñalosa¹ , Juan Pablo Morillo-Baro¹ , Juan Antonio Vázquez-Diz¹ , Alberto Ruiz-Junco¹ , M. Auxiliadora Franquelo-Egea¹ , Rafael E. Reigal¹ , Verónica Morales-Sánchez¹  y Antonio Hernández-Mendo¹ 

1 Universidad de Málaga, España.

ARTICLE INFO

Recibido: Octubre 18, 2022
Aceptado: Noviembre 30, 2022

Palabras clave:

Actividad física
Cognición
Adolescentes
Niñez

RESUMEN

La infancia y adolescencia son etapas importantes en el desarrollo cerebral y son la base de la vida adulta. En numerosas ocasiones se ha demostrado los efectos de la actividad física en la salud, así como en el desarrollo cognitivo y moral. No obstante, no toda actividad física llega a causar efectos en las funciones cognitivas al mismo nivel, siendo la actividad vigorosa y el aumento de actividad cardiorrespiratoria las que aportan mayores beneficios. Esta revisión pretende recoger los estudios de los diez últimos años sobre los efectos de programas de actividad física en la cognición en la infancia y adolescencia. Se busca conocer qué tipo de actividad física es más beneficiosa para qué tipo de habilidad cognitiva. Los datos mostraron que la actividad física produce beneficios en la cognición, aunque es la actividad vigorosa la que genera mayor impacto. Los juegos reducidos y las actividades aeróbicas combinadas con coordinación se han visto mejores para inhibición y flexibilidad cognitiva. Aunque parece ser más importante la intensidad de la actividad. Esto puede beneficiar la planificación de los programas de actividad física y los beneficios que conlleva.

Physical activity programs incidence in cognitive improvement of children and adolescents: A systematic review

ABSTRACT

Childhood and adolescence are important stages in brain development and are the basis for adult life. The effects of physical activity on health, as well as on cognitive and moral development, have been demonstrated on numerous occasions. However, not all physical activity can have the same level of effect on cognitive functions, with vigorous activity and increased cardiorespiratory activity providing the greatest benefits. This review aims to collect the studies of the last ten years on the effects of physical activity programs on cognition in childhood and adolescence. The aim is to know which type of physical activity is more beneficial for which type of cognitive ability. The data showed that physical activity produces benefits on cognition, although vigorous activity has the greatest impact. Reduced games and aerobic activities combined with coordination have been found to be better for cognitive inhibition and flexibility. Although the intensity of the activity seems to be more important. This may benefit the planning of physical activity programs and the benefits it brings.

Keywords:

Physical activity
Cognition
Adolescence
Childhood

El desarrollo cognitivo adquiere importancia en la niñez y en la adolescencia y comienza su declive en la vida adulta (Ovejero, 2013; Atkins, Bunting, Bolger y Dougherty, 2012; Hernández-Mendo, Morales-Sánchez y Reigal-Garrido, 2016). El cerebro joven está en proceso de adaptación a los continuos cambios que aparecen y acaban influyendo en el futuro bienestar mental (Hernández-Mendo, Reigal y López-Walle, 2019).

La actividad física es entendida como cualquier movimiento que requiera gasto energético y se ha mencionado en numerosas ocasiones tanto su importancia en la salud física, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares o respiratorias; como sus beneficios en la salud mental y el rendimiento cognitivo (Reloba, Chiroso y Reigal Garrido, 2016; Tomporowski, Lambourne y Okumura, 2011) e intervenir fomentando la práctica de actividad física afecta de forma directa en el cerebro (Atkins et al., 2012; Hernández-Mendo et al., 2019). Hernández-Mendo et al. (2019) mencionan múltiples estudios que constatan cambios estructurales en el cerebro vinculados a la cognición al realizar actividad física en infancia y adolescencia. A través de técnicas de neuroimagen se observa aumento en el volumen en el hipocampo y el cuerpo estriado dorsal, incrementos en la materia blanca tras un programa de actividad física de nueve meses y relaciones entre la capacidad cardiorrespiratoria y el volumen de materia gris en regiones frontales, temporales y subcorticales.

Además, los humanos somos seres sociales y es común que surjan conflictos. Los programas de actividad física pueden ser una herramienta fundamental para el desarrollo en la infancia y adolescencia de habilidades involucradas en el afrontamiento de situaciones sociales complejas y conflictivas, si se usa de la forma adecuada. En numerosos contextos se han usado los programas de actividad física y deportivos para la educación en valores y la generación de actitudes, basándose en teorías como las Teorías de Aprendizaje Social y la Teoría del Desarrollo Estructural (Hernández-Mendo et al., 2016).

Diversos estudios muestran los beneficios de la actividad física en diferentes capacidades cognitivas. La cognición es entendida como la capacidad para percibir, atender, procesar, mantener, almacenar en la memoria, recuperar y combinar mentalmente la información del medio interno y externo. Entre las habilidades cognitivas básicas se encuentran la atención, memoria (de trabajo) y percepción. Aunque también se encuentran habilidades más complejas como el lenguaje, la toma de decisiones o las funciones ejecutivas (Glisky, 2007). En una investigación realizada en la Universidad de Málaga (Reigal, Moral-Campillo, Morillo-Baro et al., 2020), se encontraron mejores resultados en atención, concentración y velocidad de procesamiento en el grupo de adolescentes que practicaban deporte mayor número de veces a la semana. Cooper, Dring, Morris et al. (2018) encontraron que 60 minutos de actividades basadas en juegos mejoraron las funciones ejecutivas y no tuvieron efecto significativo en la atención o en velocidad de procesamiento, evaluadas mediante *d2* y *Trail Making Test* (TMT) respectivamente. Esto podría indicar que no cualquier tipo de actividad física mejora de igual modo la salud o las habilidades cognitivas.

Algunos estudios indican que una intensidad vigorosa y actividades aeróbicas que ejerciten el sistema cardiorrespiratorio generan mayores beneficios en la salud (Janssen y Leblanc, 2010). También se encuentran mejoras cognitivas cuando la intensidad de la actividad física es moderada-vigorosa (MVPA) (Reloba et al., 2016). Reigal et al. (2020) encuentran mejores resultados en atención, concentración

y velocidad de procesamiento relacionados con la forma física de los participantes y el número de horas de ejercicio a la semana. Además de los beneficios en la salud, existen vínculos en la mejora del rendimiento deportivo y en el éxito en la competición, siendo la plasticidad neuronal un gran predictor del comportamiento del deportista a la hora de jugar. No todos los deportes requieren el mismo tipo de capacidad cognitiva, siendo diferente en fútbol que en baloncesto o en tenis (Hernández-Mendo et al., 2019). Por lo tanto, según el tipo de actividad física realizada se podrá mejorar cierta capacidad cognitiva y, a su vez, la mejora en determinadas habilidades cognitivas puede influir en el rendimiento deportivo.

Aunque muchas investigaciones han mostrado la mejora que ejerce la práctica de actividad física en la cognición, se debe seguir investigando qué tipo de función cognitiva se ve afectada en mayor medida según el tipo de actividad. En esta revisión, se pretenden conocer las características que tienen los programas de actividad física y los efectos que causan en la cognición, con el objetivo de concienciar sobre la necesidad de implantar una mayor planificación a la hora de realizar práctica de actividad física en el entorno escolar. Es decir, se plantea la necesidad de desarrollar programas de actividad física elaborados y con determinadas características, no solo con la idea de fomentar la práctica de actividad física en cualquiera de sus formas.

Se sintetizan los estudios de los últimos diez años, centrados en la influencia de los programas de actividad física en el funcionamiento cognitivo durante la infancia y la adolescencia. De esta forma, se espera definir las características principales necesarias para que el programa consiga resultados positivos en la cognición. Se pretende encontrar una relación positiva entre la práctica de actividad física y la mejora cognitiva y comparar los distintos programas de actividad física para conocer qué tipo de programa es más efectivo para cada función cognitiva.

Método

Se usó la declaración PRISMA para su construcción (Moher, Liberati, Tetzlaff et al., 2014).

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión usados en este estudio fueron:

- 1) La edad de la población, centrándose únicamente en la adolescencia y la niñez (6-18 años).
- 2) El idioma de los artículos, admitiendo inglés y español.
- 3) El año de publicación de los estudios, centrados en los diez últimos años.
- 4) El tipo de documento, incluyendo solo artículos.
- 5) El diseño de investigación, escogiendo solo aquellos estudios que se basen en programas de intervención en actividad física mostrando su influencia en las funciones cognitivas.
- 6) Artículos de acceso abierto.
- 7) Se seleccionan los artículos que evalúen la cognición mediante pruebas validadas.

Los criterios de exclusión fueron:

- 1) La edad, población mayor de 18 años o menor de 6.
- 2) El tipo de población, excluyéndose aquellos estudios que presenten alteraciones cognitivas o trastornos que puedan afectar al rendimiento cognitivo (como TDAH, daltonismo, etc.).

- 3) El idioma, artículos que no estaban ni en español ni inglés.
- 4) Artículos no publicados en los últimos diez años.
- 5) El tipo de documento, excluyendo metaanálisis, revisiones, capítulos de libro y todos aquellos que sean simplemente descriptivos.
- 6) Aquellos estudios que no se centren en un programa de actividad física, es decir, que sean evaluaciones puntuales y no varias sesiones en un tiempo prolongado.
- 7) Aquellos que no muestren sus efectos en la cognición.
- 8) Los que evalúen la cognición mediante el resultado académico o sin pruebas validadas, además de los que solo muestren resultados de neuroimágenes.

Búsqueda bibliográfica

Las bases de datos usadas fueron *Web Of Science*, *Scopus* y *PsycInfo* en las que se buscó “*physical activity program* and cogn**”. La primera búsqueda se realizó el treinta y uno de marzo de dos mil veinte. En cada una de las bases de datos se procedió del mismo modo, primero con las palabras de búsqueda, tras eso se acotó por años de publicación (2010-2020), seguido del idioma, la edad, artículos de acceso abierto y exclusión de tipos de documentos. La [figura 1](#) ilustra el diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de artículos.

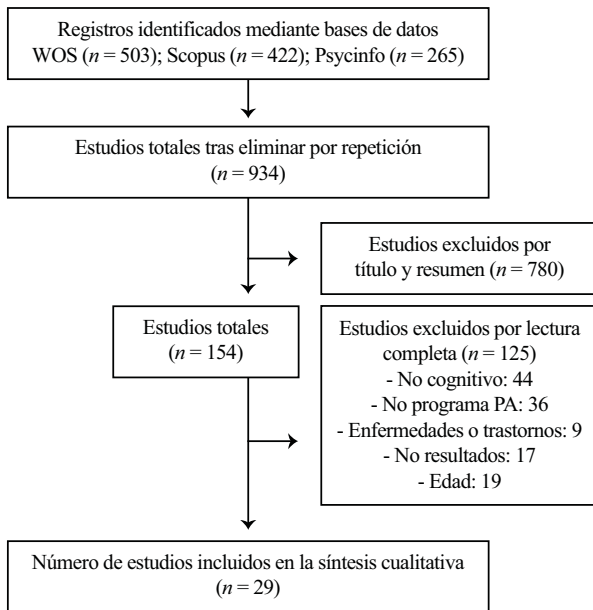


Figura 1. Diagrama de flujo de los estudios admitidos en la revisión.

Con estos criterios se obtuvieron 1190 artículos, de los cuales 503 eran de *Web Of Science*, 422 de *Scopus* y 265 de *PsycInfo*. De todos ellos, se excluyeron 256 por repetición, quedando un total de 934 artículos. Tras la lectura de título y resumen se descartaron 780 artículos. De todos ellos, 205 se excluyeron por no llevar a cabo un programa de actividad física; 187 artículos se eliminaron por no evaluar la cognición, centrándose en otros temas como son depresión, nutrición, humor, crimen, motivación, estilo de vida o epilepsia; tres de los artículos evaluaban los cambios producidos en la actividad física a partir de la cognición, es decir, mostraban la

relación de las variables a la inversa de los objetivos del estudio. Otros 102 artículos fueron excluidos por tratarse de población con alteraciones en algún tipo de cognición. Por último, 183 estudios se excluyeron por criterios de edad y 100 por no ser estudios experimentales sino, por ejemplo, revisiones sistemáticas. Los 154 artículos restantes se sometieron a lectura completa.

Tras la lectura completa se eliminaron 125 estudios. De estos, 44 no evaluaban las funciones cognitivas o no lo realizaban mediante pruebas validadas. 36 no llevaban a cabo programas de actividad física, solo realizaban actividades puntuales o evaluaban la actividad practicada por el participante en sí. 17 solo explicaban el diseño del programa, pero no lo aplicaban a una población, no ofrecían resultados contrastables. 19 estudios se excluyeron por el criterio de edad de la población. Nueve se eliminaron por centrarse en población con alteraciones que afectan a la cognición o a la capacidad física, como TDAH. Finalmente, la presente revisión tuvo una muestra total de 29 artículos.

Resultados

Los resultados que ofrecen estos estudios se presentan en dos partes. Por un lado, la [tabla 1](#) presenta de manera sistemática la información acerca de los artículos que encontraron mejoras significativas en el grupo experimental (el que realizaba el programa de actividad física) comparado con grupo control, al menos en alguna de las variables cognitivas. Por el contrario, la [tabla 2](#) recoge los que no encontraron diferencias entre grupos o encontraron mejoras en el grupo control. Además, los resultados se han planteado ordenando lo obtenido según el tipo de función cognitiva. Aunque muchas de las pruebas evalúan más de un tipo de habilidad cognitiva, los resultados se han diferenciado según memoria, atención, inhibición, flexibilidad cognitiva e inteligencia fluida, intentando analizar qué diferencias hay entre los programas que encuentran mejoras y aquellos que no difieren del grupo control.

En primer lugar, sobre la [tabla 1](#), ocho de los estudios han evaluado memoria. Uno de los artículos la evaluaba mediante la versión española de RIAS ([Martínez-López et al., 2018](#)), cinco de ellos evaluaban con la escala de inteligencia de Wechsler (WISC-IV) ([Chirosa Ríos et al., 2016](#); [Martín-Martínez et al., 2015](#); [Purohit y Pradhan, 2017](#); [Tottori et al., 2019](#)), otro de ellos con *Random Number Generation* (RNG) ([Crova et al., 2014](#)), otro de ellos mediante *Sternberg Task* ([Kamijo et al., 2011](#)) y otro con *Hearts & Flowers Executive Function Test* ([Lakes et al., 2013](#)). Entre ellos, dos estudios no encontraban diferencias significativas entre grupos ([Crova et al., 2014](#); [Martínez-López et al., 2018](#)) y uno de ellos encontraba diferencias muy leves ([Lakes et al., 2013](#)). Los programas de estos estudios se centran en HIIT (*High-Intensity Interval Training*) cooperativo, clases de tenis y taekwondo respectivamente. HIIT es un programa centrado en entrenamientos de intervalos de alta intensidad (≤ 45 segundos a 2-4 minutos, frecuencia cardíaca máxima $>85\%$). Este programa se basa en añadir periodos cortos de actividades de alta intensidad, con pequeños descansos ([Costigan et al., 2016](#); [Martínez-López et al., 2018](#); [Tottori et al., 2019](#)). En cuanto a la [tabla 2](#), tres estudios evaluaban memoria a partir de WISC-IV ([De Greeff et al., 2016](#)), *The 1-Back Task* ([Lai et al., 2020](#)) y *Verbal Fluency Task* ([Van den Berg et al., 2019](#)). Los programas se basaban en actividades como correr o saltar, clases de tenis y baile respectivamente, todas ellas a una frecuencia cardíaca máxima de 60%.

Tabla 1.

Resumen de los estudios que encuentran diferencias entre grupos. (MVPA: intensidad moderada-vigorosa; MT: memoria de trabajo; GE: grupo experimental; FC: frecuencia cardiaca, HIIT: High-Intensity Interval Training).

Estudio	Programa de intervención	Evaluación cognitiva	Muestra	Análisis estadístico	Estadísticos	Resumen resultados
Reed, Einstein, Hahn, Hooker, Gross y Kravitz (2010)	3 meses, 30 minutos/día, 3 días/semana. Correr, caminar, saltar.	Test de Raven (inteligencia fluida)	N = 155 Edad: 9-11	MANOVA	GE: M = 38.60 DT = 6.13	GE mayor Inteligencia Fluida.
Kamijo, Pontifex, O'Leary, Scudder, Wu, Castelli y Hillman (2011)	150 días, 2 horas/día, 2 días/semana. MVPA. 70 minutos mejora cardiorrespiratoria y ejercicio en fin de semana. FC ≥ 185 ppm	Sternberg Task (memoria)	N = 43 Edad: 7-9	MANOVA	Tiempo: F(1,34) = 6.7 (p = 0.01) η ² (p = 0.16)	Exactitud mejor en post en GE. La intervención mejora MT.
Lakes, Bryars, Sirisinalah, Salim, Arastoo, Emmerson, Kang, Shim, Wong y Kang (2013)	1 curso, 5 clases educación física/semana, 40-45 minutos/sesión, dos de esos días se añade taekwondo.	Hearts & Flowers: funcionamiento cognitivo, MT, atención y flexibilidad cognitiva.	N = 600 M = 12.3 años	ANCOVA	Exactitud: (d's = 2.0, 1.43, 2.33)	Mejores resultados exactitud GE.
Reed, Maslow, Long y Hughey (2013)	1 curso, 45 minutos/día, 5 días/semana, multideporte.	RAVEN: Inteligencia fluida. Perceptual Speed Test: velocidad percepción.	N = 470 (234 chicas) Edad: 10-11 años	ANOVA	Velocidad: (p = 0.006, p = 0.005)	En Primaria: GE mejoran sección D y velocidad. En Secundaria: GE aumentan B, C, D y E.
Crova, Struzzolino, Marchetti, Masci, Vannozzi, Forte y Pesce (2014)	21 semanas. Educación física y dos horas adicionales tenis. MVPA, FC > 139 ppm	RNG: inhibición y MT.	N = 144 Edad: 9.0-10.5 años	t Student.	Inhibición: t = 2.217, p = 0.020. Alto ajuste/inhibición: (0.43±0.40/-0.61±0.74) MT: (p = 0.851)	Alto ajuste mejores resultados. GE mejoras significativas en inhibición.
Hillman, Pontifex, Castelli, Khan, Raine, Scudder, Drollette, Moore, Wu y Kamijo (2014)	150 días. Mejora aeróbica y refinamiento motor. 70 minutos MVPA. 30-40 minutos. FC=137±68.3 ppm	Flanker Task: inhibición. Color-shape switch task: flexibilidad cognitiva.	N = 221 Edad: 7-9 años	ANOVA	Exactitud: (3.2%, 95% CI: 0.0 a 6.5, d = 0.27) RT: (p > 0.18) Flexibilidad cognitiva: (4.8%, 95% CI: 1.1 a 8.4, d = 0.35)	GE mejores resultados.
Gallotta, Emerenziani, Iazzoni, Meucci, Baldari y Guidetti (2015)	5 meses, 2 sesiones/sema-na, 1 hora/sesión. 15 minutos calentamiento, 30 minutos MVPA. Tradicional: resistencia, fuerza, flexibilidad y salud cardiovascular. Coordinación: mejorar coordinación. 4 módulos: juegos deportivos, actividades rítmicas, gimnasia y/ fitness.	D2-R: atención.	N = 230 Edad: 8-11 años	ANOVA	Ítems procesados: (F2,156 = 4.65, p = 0.01, η ² = 0.063) Concentración: (F2,156 = 8.14, p = 0.0004, η ² = 0.098) % error: (F2,156 = 28.8, p < 0.0001, η ² = 0.281)	Concentración y % errores mejoró ambos. Tradicional mayores ítems procesados y coordinación mayor concentración y % errores.
Martín-Martínez, Chiroso-Ríos, Reigal-Garrido, Hernández-Mendo, Juárez-Ruiz-de-Mier y Guisado-Barrilao (2015)	8 semanas, 120 minutos semanales, sesiones de 60 y 30 min., 4 días/semana. 6 juegos reducidos de 3x3 (fútbol, baloncesto y balonmano). 6 minutos/ partido y descansos 1 min. Ejercicios activación, movilidad articular y juego reducido 3x3. FC=198.47±6.95 ppm	Dígitos y letras y números (WISC-IV): MT. TMT, A y B: flexibilidad cognitiva. Stroop: control inhibitorio.	N = 54 (74.07% chicas) M = 15.3, DT = 0.48 años	ANOVA	Tests Dígitos (F[1,52] = 6.47; p < .05; η ² = .11; 1-β = .70), Letras y Números (F[1,52] = 4.76; p < .05; η ² = .09; 1-β = .57) MT (F[1,52] = 4.52; p < .05; η ² = .08; 1-β = .55) TMT B (F[1,52] = 4.12; p < .05; η ² = .07; 1-β = .51)	GE mayores mejoras significativas: dígitos, letras y números MT, Stroop palabras y colores.

Tabla 1.

Resumen de los estudios que encuentran diferencias entre grupos. (MVPA: intensidad moderada-vigorosa; MT: memoria de trabajo; GE: grupo experimental; FC: frecuencia cardíaca, HIIT: High-Intensity Interval Training) (Continuación).

Author(s)	Intervention	Measures	Participants	Statistical Test	Results	Conclusions
Chirosa Ríos, Hernández Mendo, López Walle, Reigal Garrido, Juárez Ruiz de Mier y Martín Martínez (2016)	8 semanas, 210 minutos, dos sesiones: sesión 60 minutos: 6 juegos reducidos 3x3 (2 fútbol, 2 baloncesto y 2 balonmano). Sesión 30 minutos: 3 juegos reducidos 3x3 (1 fútbol, 1 baloncesto y 1 balonmano) FC _{máx} = 175.68±11.39 ppm	TMT: flexibilidad cognitiva. Dígitos y Letras y Números (WISC-IV): MT. Stroop: control inhibitorio.	N = 39 chicas, M = 15.4, DT = .50 años	ANOVA	TMT B: (F[1,37] = 4.98, p < .05, η ² = .12, 1-β = .58), Dígitos: (F[1,37] = 5.88, p < .05, η ² = .14, 1-β = .66) MT: (F[1,37] = 6.93, p < .05, η ² = .16, 1-β = .73) Dígitos y Letras: (F [1,37] = 3.54, p = .07, η ² = .09, 1-β = .45).	Diferencias significativas para Dígitos, Letras y Números, MT y Stroop colores.
Costigan, Eather, Plotnikoff, Hillman y Lubans (2016)	2 HIIT/semana, 8 semanas (total: 24 sesiones). AEP: HIIT cardiorrespiratorios motricidad gruesa. FC _{máx} =148.09 ppm. RAP: HIIT resistencia y peso corporal. FC _{máx} =155.15 ppm.	TMT: atención visual, exploración, velocidad de procesamiento y flexibilidad mental.	N = 65 M = 15.8, DT = 0.6 años	Modelos lineales mixtos	RAP: (B/A: j0.56, IC 95% = j1.47 a 0.35; d = j0.37, IC 95% = j0.29 a 1.04; B-A: j7.76, IC 95% = j21.79 a 6.27; d = j0.40, IC 95% = j8.24 a 8.85; TMT B: j10.73, IC 95% = j26.22 a 4.76; d = j0.51, IC 95% = j8.92 a 9.73). AEP: (j6.69, IC 95% = j22.03 a 8.64; d = j0.32, IC 95% = j9.12 a 9.77),	RAP: efectos pequeños-moderados todos los métodos. AEP: pequeño efecto TMT B.
Purohit y Pradhan (2017)	3 meses. 90 minutos clases de yoga, 4 días/semana.	Stroop: control inhibitorio. TMT: flexibilidad mental, velocidad de procesamiento, visual. WISC-IV: MT.	N = 80 Edad: 11-16 años	ANOVA	C [F(1,70) = 39.165, p < 0.001], W [F(1,70) = 32.540, p < 0.001] CW [F(1,70) = 16.880, p < 0.001] F [F(1,70) = 44.796, p < 0.001] B [F(1,70) = 29.228, p < 0.001] T [F(1,70) = 64.221, p < 0.001]	Interacción grupo/tiempo diferencias significativas en stroop C, W y CW; DSST F, B, T y A. GE mejor rendimiento.
Pietsch, Böttcher y Jansen (2017)	5 semanas. Coordinación motriz y cognitivo. 20 minutos, 2 veces/semana.	Mental Rotation Tests (MRT): capacidad de rotación mental. ZVT: velocidad cognitiva, flexibilidad y control ejecutivo.	N = 46 (23 chicas, M = 8.65, DT = 0.482 años	t student	Tiempo: (F(1,44) = 57.496, p < .01) Exactitud: pre (M = 9.65, SD = 3.67) post (M = 12.33, SD = 3.32); Tiempo y grupo: (F(1,44) = 26.971, p < .01)	GE mayor habilidad de rotación.
Martínez-López, De la Torre-Cruz, Suárez-Manzano y Ruiz-Ariza (2018)	12 semanas. C-HIIT, estiramiento media intensidad. 2 sesiones/semana, 16 minutos/día. FC ≥ 85%	RIAS: Memoria. D2: Atención selectiva y concentración	N = 184 (46.7% chicas) M = 13.7, DT = 1.34 años	ANCOVA	Atención: GE 14.20%: (165.07±45.68/144.48±39.16, p < .001, Cohen's d = .498) Atención: GEi 18.05%: (170.62±40.68/144.90±42.777, p < .001, Cohen's d = .621). Concentración: GE 8.41%: (150.33 ± 31.03/138.36 ± 37.70, p = .033, Cohen's d = .315). Concentración: GEi 17%: (158.53±36.40/ 134.17±42.89, p = .002, Cohen's d = .626)	Efectos atención y concentración GE el que más aumentó post-test. Diferencias significativas mayores grupo inactivo que en grupo activo.
Liu, Alderman, Song, Chen, Hung y Chang (2018)	12 semanas. Componentes cardiovasculares y coordinativos, 2 sesiones/semana, 75 minutos/sesión. 20 minutos salto cuerda. Intensidad moderada 150-170 ppm.	Stroop: control inhibitorio.	N = 70 (30 chicas) Edad: 12-16 años	ANCOVA	Tiempo: p < 0.001, hp 2 ¼ 0.33	Mejor stroop GE.

Tabla 1.

Resumen de los estudios que encuentran diferencias entre grupos. (MVPA: intensidad moderada-vigorosa; MT: memoria de trabajo; GE: grupo experimental; FC: frecuencia cardíaca, HIIT: High-Intensity Interval Training) (Continuación).

Ludyga Gerber, Herrmann, Brand y Pühse (2018)	8 semanas, 5 días/semana, 20 minutos/día. Variaciones aeróbicas y ejercicios coordinación	Stroop: control inhibitorio.	N = 36 (13 chicas) Edad: 12-15 años	ANOVA	Tiempo reacción: $F(1,33) = 10.6, p = 0.003, \eta^2 = 0.243$ Exactitud: $F(1,33) = 1.37, p = 0.250, \eta^2 = 0.040$	GE mejor tiempo reacción.
Tottori, Morita, Ueta y Fujita (2019)	4 semanas. 3 sesiones/semana, (12 sesiones total de 8-10 minutos). HIIT ejercicios aeróbicos y básicos utilizando el propio peso. FC=85%.	Digit Span Forward/Backward WISC-IV: MT y a corto plazo. Torre de Hanoi: planificación	N = 58 (35 chicas) Edad: 8-12 años	ANOVA	DSB: HIIT: puntuación ($p = 0.003, d = 0.549$) span ($p = 0.010, d = 0.539$). DSF: tiempo ($F = 18.430, p < 0.001, \eta^2 = 0.254$). 3-disk: (tiempo: $F = 28.331, p < 0.001, \eta^2 = 0.353$; número movimientos: $F = 9.918, p = 0.003, \eta^2 = 0.160$). 4 disk: (tiempo: $F = 28.331, p < 0.001, \eta^2 = 0.353$; número movimientos: $F = 9.918, p = 0.003, \eta^2 = 0.160$)	DSB HIIT el que más mejora. Diferencia DSF en tiempo. Diferencias 3 y 4 de torre Hanoi
Tilp, Scharf, Payer, Presker y Fink (2020)	4 semanas. 5 unidades/semana. 30 minutos/día. Mejora sensoriomotor, coordinación y fuerza muscular.	FAIR: atención/concentración.	N = 35 (15 chicas) M = 12.26, DT = 0.78 años	ANOVA	IG: ($t[16] = -11.59, p < .01$) CG: ($t[17] = -4.06, p < .01$)	Más significativo GE. Efectos tiempo y grupo/tiempo.
Reloba-Martínez, Reigal-Garrido, Hernández-Mendo, Martínez-López, Martín-Tamayo y Chiroso-Ríos (2017)	12 semanas. AFAMI: 40 minutos/sesión, 2 sesiones/semana. 20 minutos HIIT y 20 minutos actividades deportivas. FC: $\geq 85\%$ AFAMI: GC, 20 minutos actividades aeróbicas moderada intensidad y 20 minutos actividades deportivas.	Procesos Atencionales: MenPas Span atencional visual: amplitud atención. Búsqueda letras: atención selectiva.	N = 94 (M = 8.14, DT = 0.65 años).	ANOVA	Variable grupo: ($F(1,89) = 11.13; \eta^2 = 0.11; 1-\beta = 0.91; p < 0.01$) Interacción pre-post/ grupo: ($F(1,89) = 4.17; \eta^2 = 0.05; 1-\beta = 0.52; p < 0.05$)	AFAMI mayor efecto sobre medidas atención y condición física.

Tabla 2.

Resumen de los estudios que no encuentran diferencias entre grupos.

<i>Estudio</i>	<i>Programa intervención</i>	<i>Evaluación cognitiva</i>	<i>Muestra</i>
Augustijn, D'Hondt, Leemans, Van Acker, De Guchteneacre, Lenoir, Deconinck, y Caeyenberghs (2019)	11 meses. Dieta, ejercicio regular y comportamiento cognitivo. Sesiones fisioterapia 3 horas/semana. Andar, nadar, fútbol y baile. 1 hora/día equipos deportivos y juegos. 5 horas/semana.	CANTAB: cambio atencional, actualización, inhibición, planificación y toma decisiones.	$N = 51$ (39.2% chicas) $M = 9.5$, $DT = 0.9$ años
Chang, Tsai, Chen y Hung (2013)	8 semanas. Fútbol. Baja-moderada intensidad 35 minutos/sesión, 2 veces/semana. FC 40-50 % ó 60-70 % (103.7±8.33 ppm y 140.2±9.53 ppm)	<i>Eriksen Flanker Task</i> : inhibición.	$N = 26$ (13 chicas) $M = 7.10$ años, $DT = 0.33$
De Greeff, Hartman, Mullender-Wijnsma, Bosker, Doolaard y Visscher (2016)	2 años, 22 semanas/año. 20-30 minutos lecciones de clase. Ejercicio relacionado con tipo clase (matemáticas...). 14 minutos/sesión MVPA, FC = 60%.	<i>Golden Stroop</i> : inhibición. <i>Digit span backwards</i> Visual WISC-IV: MT. Wisconsin (WCST): flexibilidad cognitiva	$N = 499$ (273 chicas) $M = 8.1$, $DT = 0.7$ años
Fedewa, Ahn, Erwin y Davis (2015)	7 meses. 20 minutos/día, 5 días/semana. Actividades aeróbicas 5 minutos.	RAVEN: inteligencia fluida.	$N = 460$ Edad: 11-15 años
Gall, Adams, Joubert, Ludyga, Müller, Nqweniso, Pühse, du Randt, Seelig, Smith, Steinmann, Utzinger, Walter y Gerber (2018)	3 meses. Clases regulares actividad física dos lecciones/semana; una clase semanal música; descansos regulares actividades en clase.	D2: atención.	$N = 663$ (339 chicas) Edad: 8-13 años
Konijnberg y Fredriksen (2018)	6-8 meses. 45 minutos/día ejercicio físico, reemplazando aprendizaje ordinario con tareas físicas. 225 minutos adicionales actividad física/semana. MVPA 25-30% vigoroso.	<i>Flanker Task</i> : función ejecutiva. <i>Stroop</i> : inhibición.	$N = 1173$ (395 chicas) Edad: 7-12 años
Lai, Wang, Yue y Jiang et al., (2020)	8 semanas. 60 minutos tenis. 16 sesiones, 2 sesiones/semana. Moderada intensidad FC=60%-69%	<i>The 1-Back Task</i> : MT.	$N = 20$ (10 chicos, $M = 72.3$, $DT = 2.74$ meses; chicas, $M = 73.2$, $DT = 1.30$ meses)
Ludyga, Koutsandréou, Reuter, Voelcker-Rehage, y Budde (2019)	10 semanas. 3 clases educación física, 45 minutos/semana. AER: entrenamiento aeróbico, mejorar condición cardiovascular. Juegos MVPA, baja demanda coordinación. FC=140.3±10.5 ppm. COR: beneficios para coordinación cuerpo motor. FC=124.4±12.3 ppm	<i>Flanker Task</i> : inhibición.	$N = 45$ (20 chicas) Edad: 9-10 años
Van den Berg, Saliassi, de Groot, Chinapaw y Singh (2019)	9 semanas. 10 minutos tres vídeos Just Dance. FC = 60%	D2: atención. <i>Verbal Fluency Task</i> : recuperación de memoria semántica. <i>Attention Network Task</i> : Red atencional. <i>Stroop</i> : inhibición.	$N = 510$ (93 chicas) Edad: 9-12 años
Xie, Wang, Zhou, Xu y Chang (2017)	4 semanas. 2 sesiones/día, 6 días/semana. 48 sesiones en total. 120 minutos/sesión. 84 minutos baja-moderada intensidad. Deportes diferentes. FC = 110-130 ppm.	<i>Flanker Task</i> : función ejecutiva, sobre todo inhibición.	$N = 58$ (18 chicas) $M = 15.12$, $DT = 0.65$ años

En segundo lugar, con respecto a la atención, en la *tabla 1* son siete los estudios que la evalúan. Dos de ellos la evalúan mediante D2 (Gallotta et al., 2015; Martínez-López et al., 2018), otro de ellos usa el TMT (Costigan et al., 2016), el *Hearts & Flowers Executive Function Test* (Lakes et al., 2013), la versión en inglés del *Cogstate Brief Battery* (CBB) (Lind et al., 2018), plataforma informatizada *MenPas 1.0* (González-Ruiz, Hernández-Mendo y Pastrana-Brincones, 2010; Reloba-Martínez et al., 2017) y el último de ellos mediante *Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar* (FAIR) (Tilp et al., 2020). Entre ellos, dos estudios encontraron diferencias leves, uno de ellos se centraba en un programa HIIT (Costigan et al., 2016) y el otro en clases de taekwondo (Lakes et al., 2013). En cuanto a la *tabla 2*, uno de los artículos evalúa la atención mediante *The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB) (Augustijn et al., 2019) y otros dos mediante D2 (Gall et al., 2018; Van den Berg et al., 2019). Estos tres últimos estudios realizaban programas de aumento de actividad física de moderada intensidad.

En tercer lugar, analizando la *tabla 1*, encontramos siete estudios que evalúan el control inhibitorio. Cinco de ellos evaluaban el control inhibitorio mediante *Stroop* (Chirosa Ríos et al., 2016; Liu et al., 2018; Ludyga et al., 2018; Martín-Martínez et al., 2015; Purohit y Pradhan, 2017), otro de ellos mediante RNG (Crova et al., 2014) y el último mediante *Flanker Task* (Hillman et al., 2014). Entre ellos, cuatro se basan en juegos reducidos y actividades aeróbicas y de coordinación de forma conjunta (Chirosa Ríos et al., 2016; Hillman et al., 2014; Liu et al., 2018; Ludyga et al., 2018; Martín-Martínez et al., 2015). Por otro lado, la *tabla 2*, muestra siete estudios que evalúan la inhibición. Uno de ellos mediante CANTAB (Augustijn et al., 2019), tres de ellos mediante *Flanker Task* (Chang et al., 2013; Ludyga et al., 2019; Xie et al., 2017) y, por último, tres de ellos mediante *Stroop* (De Greeff et al., 2016; Konijnenberg et al., 2018; Van den Berg et al., 2019). Sus programas se basan en multideporte, clases de fútbol, bailes y actividades de salto o de aumento de actividad física centradas en mejora aeróbica o mejora de coordinación; todos ellos de intensidad baja o moderada. Tan solo uno de los estudios, cuyo programa se basa en deportes de baja-moderada intensidad, muestra mejoras en el grupo control (Xie et al., 2017).

Resultados similares se encuentran en cuanto a flexibilidad cognitiva, encontrando siete de los estudios mostrados en *tabla 1* y uno en *tabla 2*. De todos ellos, cuatro artículos encuentran resultados favorables para el grupo experimental, dos de ellos evaluados por el TMT (Chirosa Ríos et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015), con *Color-Shape Switch Task* (Hillman et al., 2014) y *Zahlenverbindungstest* (ZVT) (Pietsch et al., 2017). Tres estudios encuentran resultados cercanos a la no significación (Costigan et al., 2016; Lakes et al., 2013; Purohit y Pradhan, 2017) y otro estudio no encuentra resultados significativos (De Greeff et al., 2016).

Por último, tres estudios evalúan la inteligencia fluida, todos a través del Test de Matrices Progresivas de RAVEN. Dos de ellos encuentran mejoras (Reed et al., 2010, 2013) y uno de ellos no encuentra diferencias entre grupo control y experimental (Fedewa et al., 2015). Los dos primeros se centraban en sesiones de 30/45 minutos de actividades como correr, saltar o multideporte, mientras que el que no encontraba resultados significativos realizaba sesiones de 5 minutos de actividades aeróbicas.

En cuanto a la duración temporal del programa de actividad física, en aquellos artículos en los que se encuentran diferencias, hay más frecuencia de programas implementados durante un año escolar, mientras que en los artículos que no hallan diferencias,

la duración de los programas es menor. Sin embargo, en ambos estudios se observan programas de tres meses, ocho meses, cuatro u ocho semanas de duración. Además, la muestra de artículos que encuentran diferencias es mayor que aquella que no las muestra, por lo que no difiere a la hora de mejorar la cognición.

Por el contrario, se han encontrado resultados interesantes en cuanto a la intensidad de los programas. En este sentido, los estudios que no encontraban diferencias mostraban intensidad baja-moderada en sus programas, mostrando frecuencia cardíaca máxima de 60% en su mayoría (Chang et al., 2013; Van den Berg et al., 2019); mientras que los estudios que encontraban diferencias entre grupo control y experimental mostraban programas de intensidad moderada-vigorosa, siendo en su mayoría del 80-85% (Chirosa Ríos et al., 2016; Costigan et al., 2016; Martínez-López et al., 2018; Reloba-Martínez et al., 2017).

Discusión

Según los resultados, todos los estudios encuentran mejoras en la evaluación post-test tanto en GE como en GC. Sin embargo, algunos estudios encuentran mejoras significativamente mayores en GE (*tabla 1*) y otros estudios no encuentran diferencias significativas entre ambos o muestran mejoras en el GC (*tabla 2*). Esto puede indicar que la práctica de actividad física mejora la capacidad cognitiva, algo ya comentado en la introducción (Reloba et al., 2016; Tomporowski et al., 2011). Sin embargo, no cualquier tipo de actividad física causa resultados significativos.

Por un lado, se encuentran mayores beneficios cuando la intensidad de la actividad física es vigorosa (frecuencia cardíaca máxima de 70%-85%), mientras que cuando la intensidad es moderada (frecuencia cardíaca máxima de 50%-70%) no siempre se encuentran resultados significativos. Estos resultados son congruentes con otros estudios comentados previamente (Janssen y Leblanc, 2010; Reloba et al., 2016). Sin embargo, al contrario que Reigal et al. (2020), parece no haber resultados concluyentes en cuanto al número de horas de actividad física o la temporalidad del programa. Sí es cierto que en aquellos que encuentran mejoras hay mayor número de programas cuya duración es un año escolar; no obstante, ambas tablas muestran similitudes en la temporalización.

Por otro lado, en cuanto al tipo de actividad física realizada, se encuentran resultados diferentes. En primer lugar, en memoria se encuentran resultados poco concluyentes, ya que, aunque parece haber resultados beneficiosos en juegos reducidos, hay estudios tanto beneficiosos como no beneficiosos para HIIT y actividades físicas como correr o salto de cuerda. En segundo lugar, en cuanto a atención los resultados son similares a los anteriores para programas de HIIT. En tercer lugar, para inhibición y flexibilidad cognitiva parece haber una tendencia a juegos reducidos y programas que combinan actividades aeróbicas y de coordinación, mientras que no se encuentran beneficios cuando solo se practican actividades aeróbicas o de coordinación por separado.

Por último, para inteligencia fluida, no se encuentran grandes diferencias en cuanto al tipo de actividad. Si se encuentran diferencias en la duración de cada sesión, obteniendo mayores beneficios cuando las sesiones son de 30/45 minutos en lugar de 5; no obstante, la muestra de artículos es pequeña para sacar conclusiones. En general, no se observan resultados beneficiosos para programas que proponen clases de taekwondo o de tenis. Una posible explicación a esto es que, para obtener grandes beneficios

con actividades deportivas, no basta con un programa de algunas semanas, ya que requieren más implicación técnico-táctica.

Entre las limitaciones encontradas, la forma de evaluar la intensidad de la actividad física es mediante la frecuencia cardíaca máxima o el número de pulsaciones por minuto, aunque es una medida objetiva, la evaluación podría ser más útil en unidad de índice metabólico (MET). Otra de las limitaciones se encuentra en la forma de medir la cognición. Por una parte, no todos los estudios evalúan las mismas capacidades cognitivas, por lo que no se puede saber si ese estudio hubiera tenido mejores efectos en otro tipo de cognición. Y, por otra parte, hay gran variedad de pruebas para evaluar la misma capacidad. Esta limitación podría resolverse con la replicación de algunos de los estudios usando otras variables y pruebas cognitivas. Asimismo, la variedad de programas de actividad física dificulta la comparación entre ellos. No obstante, esta limitación también se debe a la propia naturaleza del concepto actividad física, ya que implica cualquier tipo de gasto de energía.

En conclusión, los datos muestran que, aunque la simple práctica de actividad física ya trae beneficios, en general, cuando la actividad es vigorosa los beneficios son significativamente mayores. En cuanto al tipo de actividad, los juegos reducidos y las actividades aeróbicas combinadas con coordinación podrían conllevar mejoras en inhibición y flexibilidad cognitiva. En las demás habilidades cognitivas parece ser más importante la intensidad de la actividad y no tanto el tipo de actividad. Además, no parece haber grandes resultados en clases de deportes concretos. En futuras investigaciones, podría ser interesante estudiar no tanto el programa sino la condición física de los participantes. Además, sería importante plantear esos programas con actividades de intensidad vigorosa, juegos reducidos y actividades aeróbicas y que incorporen elementos cognitivos y de coordinación. En definitiva, estos resultados podrían marcar futuras líneas de investigación centradas en mejorar las habilidades cognitivas de los jóvenes a través de programas de actividad física.

Contribución de los autores/as

Recolección de datos: Nuria Pérez-Romero, Carolina Sánchez-García, Juan Pablo Morillo-Baro y Juan Antonio Vázquez-Diz.

Análisis de datos: María Auxiliadora Franquelo-Egea, Alejandro Sabarit-Peñalosa, Juan Pablo Morillo-Baro y Juan Antonio Vázquez-Diz.

Diseño de investigación/metodología: Rafael E. Reigal, Antonio Hernández-Mendo, Verónica Morales-Sánchez y María Auxiliadora Franquelo-Egea.

Redacción del artículo: Nuria Pérez-Romero, Alejandro Sabarit-Peñalosa y Alberto Ruiz-Junco y Carolina Sánchez-García.

Revisión del artículo: Rafael E. Reigal, Antonio Hernández-Mendo y Verónica Morales-Sánchez.

Referencias

A continuación, se señalan con un asterisco (*) aquellas referencias incluidas en la revisión, mientras que las referencias que no tienen asterisco corresponden a los trabajos citados en el texto.

Atkins, S.M., Bunting, M.F., Bolger, D.J. y Dougherty, M.R. (2012). Training the adolescent brain: Neural plasticity and the acquisition of cognitive

abilities. En V.F. Reyna, S.B. Chapman, M.R. Dougherty y J. Confrey (Eds.), *The Adolescent Brain: Learning, Reasoning, and Decision Making* (pp. 211-242). American Psychological Association.

*Augustijn, M.J.C.M., D'Hondt, E., Leemans, A., Van Acker, L., De Guchteneere, A., Lenoir, M., Deconinck, F.J.A. y Caeyenberghs, K. (2019). Weight loss, behavioral change, and structural neuroplasticity in children with obesity through a multidisciplinary treatment program. *Human Brain Mapping*, 40(1), 137-150 [<https://doi.org/10.1002/hbm.24360>].

*Chang, Y., Tsai, Y., Chen, T. y Hung, T. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187-196 [<https://doi.org/10.1007/s00221-012-3360-9>].

*Chirosa Ríos, L.J., Hernández Mendo, A., López Walle, J., Reigal Garrido, R.E., Juárez Ruiz de Mier, R. y Martín Martínez, I. (2016). Efectos de un programa de juegos reducidos sobre la función ejecutiva en una muestra de chicas adolescentes. *RETOS-Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 30, 171-176 [<https://doi.org/10.47197/retos.v0i30.50223>].

Cooper, S., Dring, K., Morris, J., Sunderland, C., Bandelow, S. y Nevill, M. (2018). High intensity intermittent games-based activity and adolescents' cognition: moderating effect of physical fitness. *BMC Public Health*, 18(1), 603 [<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5514-6>].

*Costigan, A., Eather, C., Plotnikoff, H., Hillman, R. y Lubans, R. (2016). High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(10), 1985-1993 [<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000993>].

*Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R. y Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), 201-211 [<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828849>].

*De Greeff, J., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M., Bosker, R., Doolaard, S. y Visscher, C. (2016). Long-term effects of physically active academic lessons on physical fitness and executive functions in primary school children. *Health Education Research*, 31(2), 185-194 [<https://doi.org/10.1093/her/cyv102>].

*Fedewa, A., Ahn, S., Erwin, H. y Davis, M. (2015). A randomized controlled design investigating the effects of classroom-based physical activity on children's fluid intelligence and achievement. *School Psychology International*, 36(2), 135-153 [<https://doi.org/10.1177/0143034314565424>].

*Gall, S., Adams, L., Joubert, N., Ludyga, S., Müller, I., Nqweniso, S., Pühse, U., du Randt, R., Seelig, H., Smith, D., Steinmann, P., Utzinger, J., Walter, C y Gerber, M. (2018). Effect of a 20-week physical activity intervention on selective attention and academic performance in children living in disadvantaged neighborhoods: A cluster randomized control trial. *PLoS One*, 13(11), e0206908 [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206908>].

*Gallotta, M.C., Emerenziani, G.P., Iazzoni, S., Meucci, M., Baldari, C. y Guidetti, L. (2015). Impacts of coordinative training on normal weight and overweight/obese children's attentional performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 577 [<https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00577>].

Glisky, E.L. (2007). Changes in Cognitive Function in Human Aging. En D.R. Riddle (Ed.), *Brain Aging: Models, Methods, and Mechanisms*. CRC Press.

González-Ruiz, S.L., Hernández-Mendo, A. y Pastrana-Brincones, J.L. (2010). Herramienta software para la evaluación psicosocial de deportistas y entornos deportivos. *EF y Deportes. Revista Digital*, 15(144).

Hernández-Mendo, A., Morales-Sánchez, V. y Reigal-Garrido, R. E. (2016). Desarrollo moral y práctica física en la infancia y adolescencia. En N. Extremera, y A. Durán. *Encuentros en Psicología Social* (pp. 98-103).

Hernández-Mendo, A., Reigal, R.E., López-Walle, J.M., Serpa, S., Samdal, O., Morales-Sánchez, V., Juárez-Ruiz de Mier, R., Tristán-Rodríguez,

- J.L., Rosado, A.F. y Falco, C. (2019). Physical Activity, Sports Practice and Cognitive Functioning: The Current Research Status. *Frontiers in Psychology*, 10, 2658 [https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02658].
- *Hillman, C.H., Pontifex, M.B., Castelli, D.M., Khan, N.A., Raine, L.B., Scudder, M.R., Drollette, E.S., Moore, R.D., Wu, C.T. y Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*, 134(4), 1063-1071 [https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219].
- Janssen, I. y Leblanc, A.G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 40 [https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40].
- *Kamijo, K., Pontifex, M.B., O'leary, K.C., Scudder, M.R., Wu, C.T., Castelli, D.M. y Hillman, C.H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14(5), 1046-1058 [https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x].
- *Konijnenberg, C. y Fredriksen, P.M. (2018). The effects of a school-based physical activity intervention programme on children's executive control: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Scandinavian Journal of Public Health*, 46(21), 82-91 [https://doi.org/10.1177/1403494818767823].
- *Lai, Y., Wang, Z., Yue, G.H. y Jiang, C. (2020). Determining Whether Tennis Benefits the Updating Function in Young Children: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. *Applied Sciences*, 10(1), 407 [https://doi.org/10.3390/app10010407].
- *Lakes, K.D., Bryars, T., Sirisinalhal, S., Salim, N., Arastoo, S., Emmerson, N., Kang, D., Shim, L., Wong, D. y Kang, C.J. (2013). The Healthy for Life Taekwondo pilot study: a preliminary evaluation of effects on executive function and BMI, feasibility, and acceptability. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 181-188 [https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.002].
- *Lind, R.R., Geertsen, S.S., Ørntoft, C., Madsen, M., Larsen, M.N., Dvorak, J., Ritz, C., y Krstrup, P. (2018). Improved cognitive performance in preadolescent Danish children after the school-based physical activity programme "FIFA 11 for Health" for Europe - A cluster-randomised controlled trial. *European Journal of Sport Science*, 18(1), 130-139 [https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1394369].
- *Liu, J.H., Alderman, B.L., Song, T.F., Chen, F.T., Hung, T.M. y Chang, Y.K. (2018). A randomized controlled trial of coordination exercise on cognitive function in obese adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 34(1), 29-38 [https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.09.003].
- *Ludyga, S., Gerber, M., Herrmann, C., Brand, S. y Pühse, U. (2018). Chronic effects of exercise implemented during school-break time on neurophysiological indices of inhibitory control in adolescents. *Trends in Neuroscience and Education*, 10, 1-7 [https://doi.org/10.1016/j.tine.2017.11.001].
- *Ludyga, S., Koutsandréou, F., Reuter, E.M., Voelcker-Rehage, C. y Budde, H. (2019). A Randomized Controlled Trial on the Effects of Aerobic and Coordinative Training on Neural Correlates of Inhibitory Control in Children. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2), 184 [https://doi.org/10.3390/jcm8020184].
- *Martín-Martínez, I., Chiroso-Ríos, L. J., Reigal-Garrido, R. E., Hernández-Mendo, A., Juárez-Ruiz-de-Mier, R. y Guisado-Barrilao, R. (2015). Efectos de la actividad física sobre las funciones ejecutivas en una muestra de adolescentes. *Anales de Psicología*, 31(3), 962-971 [https://doi.org/10.6018/analesps.32.1.171601].
- *Martínez-López, E.J., De la Torre-Cruz, M.J., Suárez-Manzano, S. y Ruiz-Ariza, A. (2018). 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(3), 1572-1582 [https://doi.org/10.7752/jpes.2018.03232].
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. y PRISMA Group, T. (2014). Ítems de referencia para publicar Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: La Declaración PRISMA. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 18(3), 172-181 [https://doi.org/10.14306/renhyd.18.3.114].
- *Reed, J.A., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S.P., Gross, V.P. y Kravitz, J. (2010). Examining the Impact of Integrating Physical Activity on Fluid Intelligence and Academic Performance in an Elementary School Setting: A Preliminary Investigation. *Journal of Physical Activity and Health*, 7(3), 343-351 [https://doi.org/10.1123/jpah.7.3.343].
- *Reed, J.A., Maslow, A.L., Long, S. y Hughey, M. (2013). Examining the Impact of 45 Minutes of Daily Physical Education on Cognitive Ability, Fitness Performance, and Body Composition of African American Youth. *Journal of Physical Activity and Health*, 10(2), 185-197 [https://doi.org/10.1123/jpah.10.2.185].
- Reigal, R., Moral-Campillo, L., Morillo-Baro, J., Juárez-Ruiz de Mier, R., Hernández-Mendo, A. y Morales-Sánchez, V. (2020). Physical Exercise, Fitness, Cognitive Functioning, and Psychosocial Variables in an Adolescent Sample. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1100 [https://doi.org/10.3390/ijerph17031100].
- *Reloba-Martínez, S., Reigal-Garrido, R.E., Hernández-Mendo, A., Martínez-López, E.J., Martín-Tamayo, I. y Chiroso-Ríos, L.J. (2017). Efectos del ejercicio físico extracurricular vigoroso sobre la atención de escolares. *Revista de Psicología del Deporte*, 26(2), 29-36.
- Reloba, S., Chiroso, L.J. y Reigal, R. (2016). Relación entre actividad física, procesos cognitivos y rendimiento académico de escolares: revisión de la literatura actual. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(4), 166-172 [https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.008].
- *Tilp, M., Scharf, C., Payer, G., Presker, M. y Fink, A. (2020). Physical Exercise During the Morning School-Break Improves Basic Cognitive Functions. *Mind, Brain, and Education*, 14(1), 24-31 [https://doi.org/10.1111/mbe.12228].
- *Tottori, N., Morita, N., Ueta, K., Fujita, S. (2019). Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4127 [https://doi.org/10.3390/ijerph16214127].
- Ovejero, M. (2013). Desarrollo cognitivo y motor. Macmillan Iberia, S.A.
- *Pietsch, S., Böttcher, C. y Jansen, P. (2017). Cognitive Motor Coordination Training Improves Mental Rotation Performance in Primary School-Aged Children. *Mind, Brain, and Education*, 11(4), 176-180. [https://doi.org/10.1111/mbe.12154].
- *Purohit, S.P. y Pradhan, B. (2017). Effect of yoga program on executive functions of adolescents dwelling in an orphan home: A randomized controlled study. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(1), 99-105 [https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2016.03.001].
- Tomprowski, P.D., Lambourne, K. y Okumura, M.S. (2011). Physical activity interventions and children's mental function: An introduction and overview. *Preventive Medicine*, 52(1), 3-9 [https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.028].
- *Van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R., Chinapaw, M., Singh, A. (2019). Improving Cognitive Performance of 9-12 Years Old Children: Just Dance? A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, 10, 174 [https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00174].
- *Xie, C., Wang, X., Zhou, C., Xu, C. y Chang, Y. (2017). Exercise and dietary program-induced weight reduction is associated with cognitive function among obese adolescents: a longitudinal study. *PeerJ*, 5, e3286 [https://doi.org/10.7717/peerj.3286].