

La práctica de actividad física se asocia con mejor cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención en chicas TDAH

Physical activity is associated with improved mathematical computation, language reasoning, behavior and attention in ADHD girls

*Sara Suárez-Manzano, *Jose Luis Solas-Martínez, **Vania Loureiro, *Alba Rusillo-Magdaleno

*Universidad de Jaén (España), **Instituto Politécnico de Beja (Portugal)

Resumen. En la actualidad encontramos cifras alarmantes de sedentarismo e inactividad física, dos condiciones que se asocian significativamente con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención en edad escolar. Sin embargo, son escasos los estudios realizados en población escolar con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). El objetivo del presente estudio fue analizar la asociación del nivel de práctica de Actividad Física Moderada-Vigorosa (AFMV) de escolares diagnosticados TDAH con el cálculo matemático, el razonamiento lingüístico, el comportamiento hiperactivo-desatento y el nivel de atención selectiva. Participaron 94 estudiantes (44 chicos; 47% y 50 chicas; 53%) de 9.48 ± 2.10 años. El cálculo matemático y razonamiento lingüístico se evaluaron mediante test *ad hoc*. Para el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula se utilizó la prueba EDAH y la atención se midió con el test d2. Los resultados mostraron que una mayor práctica de AFMV se asocia con un mayor nivel de razonamiento lingüístico. Al realizar los análisis separando por sexo, en chicas, una mayor práctica de AFMV se asoció con un mayor cálculo matemático y razonamiento lingüístico, menor presencia de comportamiento hiperactivo-desatento y mejor nivel de atención. Se concluye que un alto nivel de AFMV semanal podría predecir mayor cálculo matemático y razonamiento lingüístico y baja presencia de comportamiento hiperactivo-impulsivo en el centro escolar. Los resultados sugieren el fomento de práctica de AFMV en escolares diagnosticados TDAH.

Palabras clave: ejercicio físico, escolares, inhibición, rendimiento académico, trastorno de conducta.

Abstract. Currently we find alarming figures for sedentary lifestyles and physical inactivity, two conditions that are significantly associated with mathematical calculation, linguistic reasoning, behaviour and attention at school age. However, few studies have been conducted in school children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). The aim of the present study was to analyse the association between the level of Moderate-Vigorous Physical Activity (MVPA) practice in schoolchildren diagnosed with ADHD and mathematical calculation, linguistic reasoning, hyperactive-attentive behaviour and the level of selective attention. Ninety-four students (44 boys; 47% and 50 girls; 53%) aged 9.48 ± 2.10 years participated. Mathematical calculation and linguistic reasoning were assessed by means of *ad hoc* tests. For hyperactive-attentive behaviour in the classroom the EDAH test was used and attention was measured with the d2 test. The results showed that a higher level of MVPA was associated with a higher level of linguistic reasoning. When analysed by gender, in girls, a higher level of MVPA was associated with higher mathematical calculation and linguistic reasoning, less hyperactive-attentive behaviour and a better level of attention. It is concluded that a high level of weekly MVPA could predict higher mathematical calculation and linguistic reasoning and low presence of hyperactive-impulsive behaviour at school. The results suggest the promotion of MVPA practice in schoolchildren diagnosed with ADHD.

Keywords: physical exercise, schoolchildren, inhibition, academic performance, conduct disorder.

Fecha recepción: 06-08-23. Fecha de aceptación: 16-11-23

Jose Luis Solas-Martínez
jls0004@red.ujaen.es

Introducción

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno de carácter neurocognitivo que presenta una alta prevalencia en la etapa infanto-juvenil, ya que afecta al 5% de la población escolar, aunque su incidencia varía según el país e instrumento empleado (Salari et al., 2023). En España, la prevalencia alcanza aproximadamente el 5.4% (Catalá-López et al., 2019). De forma globalizada, el TDAH está más presente en chicos que en chicas (3:1) (Canals, Morales, Roigé, Voltas y Hernández, 2020). La falta de atención, la hiperactividad y la impulsividad son algunas de las características principales asociadas a este trastorno según el manual de diagnóstico DSM-5 (APA, 2013). Esto supone a menudo, un bajo rendimiento escolar, dificultades ante las relaciones interpersonales y conductas de riesgo, que pueden derivar en trastornos psiquiátricos (Di Lorenzo et al., 2021).

Recientes estudios, han mostrado que la realización de un programa de ejercicio físico en jóvenes TDAH puede

producir mejoras en las funciones ejecutivas, entendidas como el conjunto de habilidades cognitivas que nos permiten planificar, controlar y regular nuestro comportamiento en función de metas y objetivos específicos. Estas habilidades incluyen la capacidad de organizarse, regular las emociones, resolver problemas, tomar decisiones y mantener la atención, entre otras (Miyake et al., 2000). Estas mejoras son más notables en la atención, concentración y memoria de trabajo (García-Pérez, Molina-Sánchez y Martínez-Domingo, 2021; Suárez-Manzano Ruiz-Ariza; De La Torre-Cruz y Martínez-López, 2018; Welsch et al., 2021).

Algunos nuevos modelos teóricos sobre escolares TDAH sostienen que este estudiantado recurre al movimiento corporal para aumentar la activación cerebral, ante actividades que requieren de atención y memoria de trabajo (Dekkers, Rapport, Calub, Eckrich y Irurita, 2020; Orban, Rapport, Friedman, Eckric y Kofler, 2018). Esto podría deberse al déficit del sistema dopaminérgico de la corteza prefrontal, mesolímbica y subcortical, característico de los jóvenes con este diagnóstico (Bock et al., 2017), y que es el

gran responsable del funcionamiento motor y del desarrollo de las funciones ejecutivas (Chakroun, Mathar, Wiehler, Ganzer y Peters, 2020). Motivo por el que han aumentado el número de estudios que sitúan la práctica de ejercicio físico como un complemento clave al tratamiento común de los síntomas asociados al TDAH (García-Pérez et al., 2021; Suárez-Manzano et al., 2018; Welsch et al., 2020), ya que la Actividad Física (AF) puede potenciar el sistema dopaminérgico al aumentar los niveles de neurotransmisores (dopamina, nora-drenalina y serotonina) y favorecer de este modo la actividad eléctrica y funcionalidad cerebral (Muñoz et al., 2019; Yamazaki et al., 2020).

Por otro lado, los resultados del prestigioso estudio *Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland* (KiGGS Study), que tiene como objetivo evaluar la salud y el bienestar de los niños y adolescentes de Alemania, subrayan la importancia de una alta frecuencia de práctica de AF para un buen estado de salud mental en esta población, independientemente del diagnóstico de TDAH (Ganjeh et al., 2021). Efectos que pueden ser debidos al aumento de serotonina y endorfinas liberadas por la práctica de AF, reguladoras del autocontrol (Kavanagh Rafiq y Iqbal, 2022), la agresividad (Kavanagh et al., 2022) y la depresión (Axelsdottir, Biedilä, Sagatun, Nordheim y Larun et al., 2020), responsables de mejorar el estado de ánimo y la atención (Song et al., 2022). Además, los últimos avances en educación apuntan a que un correcto desarrollo de las funciones ejecutivas, especialmente la atención y concentración (Suárez-Manzano et al., 2018; Welsch et al., 2021), y un adecuado comportamiento en el aula son factores determinantes para un aprendizaje exitoso (Kälin y Roebbers, 2021).

Durante los últimos años han proliferado los estudios que muestran un efecto beneficioso del ejercicio físico sobre las funciones cognitivas (Yamazaki et al., 2020), el comportamiento (Donnelly et al., 2016), el rendimiento académico (Martínez-López, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz y Suárez-Manzano, 2020) y desarrollo motor (Farooq et al., 2020) en escolares de desarrollo típico. En estudiantado (6-16) diagnosticado TDAH la evidencia científica muestra un efecto positivo de la práctica de ejercicio físico sobre el rendimiento académico, el comportamiento y la atención, observando además un mayor efecto en los programas de intervención de mayor duración (Suárez-Manzano et al., 2018; Vysniauske et al., 2020). Sin embargo, son escasos los estudios transversales centrados en analizar la asociación de estas variables con la Actividad Física Moderada-Vigorosa (AFMV) semanal de estudiantado diagnosticado TDAH. Entendiendo la AFMV como la realización de actividades que suponen movimiento y requiere esfuerzo que aumentan la frecuencia respiratoria, la sudoración y la frecuencia cardíaca de manera significativa, dependiendo de la edad y el nivel de condición física (aproximadamente por encima del 70%) (Farooq et al., 2020).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar las asociaciones existentes entre el nivel de práctica de AFMV, con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención de estudiantado diagnosticado TDAH (6-12 años). Hipotetizamos que una mayor práctica de AF

se asociará a mejores valores de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención.

Método

Diseño

El estudio empleó un diseño transversal. Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética (Universidad de Jaén). El diseño cumple con la normativa española de investigación clínica en humanos (Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica), con la normativa de protección de datos privados (Ley Orgánica 15/1999), y con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki y de la Asociación Médica Mundial (AMM) (Versión 2013, Brasil).

Participantes

Participaron en este estudio un total de 94 escolares (44 chicos y 50 chicas) diagnosticados TDAH. Edad media \pm desviación estándar: 9.48 \pm 2.1 años; rango: 6-12 años. Estudiantado procedente de cuatro centros educativos y tres asociaciones de Andalucía. La muestra de centros participantes se seleccionó por conveniencia. Las características antropométricas, nivel de AF y los valores obtenidos en las pruebas de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención se muestran en la Tabla 1.

Criterio de inclusión

Todo participante debía estar diagnosticado TDAH previamente por profesionales usando DSM-5 (APA, 2013) y figurar en la plataforma educativa de Andalucía con diagnóstico.

Tabla 1.

Características antropométricas, nivel de AF y los valores obtenidos en las pruebas de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención de los participantes. Los valores se presentan como media y desviación estándar o porcentaje

Variable	Total (n= 94)		Chicos (n=44)		Chicas (n= 50)		P
	Media	DE (%)	Media	DE (%)	Media	DE (%)	
Edad (años)	9.48	2.10	9.39	2.14	9.56	2.08	.954
Peso (kg)	33.50	8.93	33.07	9.85	33.89	8.11	.076
Talla (m)	1.38	0.12	1.37	0.14	1.38	0.11	.372
IMC (kg/m ²)	17.34	2.62	17.19	2.97	17.47	2.29	.193
Índice de Masa Corporal	17.34	2.62	17.19	2.97	17.47	2.29	.193
AFMV semanal (días/semana)	2.19	1.22	2.05	0.91	2.32	1.43	.004
Cálculo matemático	9.80	5.24	8.77	5.13	10.70	5.21	.864
Razonamiento lingüístico	11.30	5.80	10.77	6.04	11.76	5.59	.642
Comportamiento en el aula	82.28	14.01	82.70	15.90	81.90	12.26	.162
Atención	52.80	30.93	53.34	32.84	52.32	29.48	.177

Nota: AFMV = Actividad Física Moderada-Vigorosa; DE = Desviación Estándar; IMC = Índice de Masa Corporal

Medidas

Variable predictora

Nivel de actividad física semanal

El nivel de AFMV semanal se evaluó mediante del cuestionario PACE (*Physician-based Assessment and Counseling for Exercise*) (Prochaska, Sallis y Long, 2001), que valora con

dos preguntas cuántos días en la última semana (PACE 1) y en una semana habitual (PACE 2) el participante realiza al menos 60 minutos de AF. La puntuación final se obtuvo haciendo una media de ambas respuestas: (PACE 1 + PACE 2) / 2.

Variables resultado

Cálculo matemático

El cálculo matemático se midió con el test *ad hoc*. En esta prueba, los participantes disponen de un minuto para resolver el mayor número posible de operaciones. Esta prueba tiene una fiabilidad test-retest (48 horas. $n = 21$) de .887 (Ruiz-Ariza, Casuso, Suárez-Manzano y Martínez-López, 2018).

Razonamiento lingüístico

En este test se evalúa la velocidad de lectura y la comprensión semántica. Esta prueba se compone de cuatro columnas de palabras, de las cuales, por cada fila, tres pertenecen a la misma familia semántica y una no (por ejemplo; lápiz | goma | río | sacapuntas). Durante el minuto de duración, el participante debe marcar las palabras intrusas de cada fila, completando el mayor número de filas posible. Esta prueba muestra una fiabilidad test-retest (48 horas. $n = 21$) de .841 (Ruiz-Ariza et al., 2018).

Comportamiento

El comportamiento hiperactivo-desatento en el aula fue medido por el docente tutor o tutora de cada participante, haciendo uso de la "Escala de evaluación del déficit de atención con hiperactividad" [EDAH] (Arns et al., 2020). Este instrumento consta de 20 ítems y permite valorar objetivamente el comportamiento de escolares. Cada ítem se responde utilizando una escala tipo Likert, donde 0 = nada, 1 = poco, 2 = bastante y 3 = mucho, de acuerdo con el grado de frecuencia con que se percibe la conducta descrita. Se utilizó el factor 4 (Hiperactividad + Déficit de Atención) que se correlaciona con uno de los criterios diagnósticos del DSM 5 (APA, 2013). Para obtener los percentiles, se transformaron las puntuaciones siguiendo el baremo para población española, atendiendo a la edad. A mayor percentil, mayor presencia de comportamiento Hiperactivo-Desatento.

Atención

Se utilizó el test d2, versión española (Seisdedos, 2012) para evaluar la atención. El test consiste en marcar las grafías "d" que se acompaña de dos comas, ya sea colocadas por debajo, por encima, o tener una abajo y otra arriba. Hay un total de 658 grafías, divididas en 14 líneas, cada línea tiene 47 letras. Las letras eran "d" y "p". La duración total fue de cuatro minutos y 20 segundos. La Atención se calculó con la ecuación: [número de elementos procesados - (omisiones + errores)]. La fiabilidad del test-retest (48 h, $n = 21$) es de $> .90$ (Seisdedos, 2012).

Variables de confusión controladas

Índice de masa corporal

Para obtener las medidas de peso y talla se utilizó una báscula Inbody R20® y el estadiómetro SECA 213® [Hamburgo (Alemania)], respectivamente. Ambas medidas se realizaron con ropa ligera y sin zapatos. A través de los datos se obtuvo el Índice de Masa Corporal (IMC), calculado con el peso dividido por la altura al cuadrado (kg / m^2).

Procedimiento

Una vez obtenido el permiso de los centros participantes, se informó de los detalles del estudio a padres/madres y/o tutores legales que autorizaron la participación de los escolares. Las indicaciones para el día de la evaluación fueron: no comer una hora antes, no practicar AFMV 24 horas antes y no modificar la medicación. Las mediciones de antropometría se realizaron individualmente, así como el cuestionario sociológico y las pruebas cognitivas. El cuestionario de comportamiento fue entregado por el docente-tutor del participante en un sobre cerrado.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar, a menos que se indique lo contrario. Los análisis se realizaron utilizando SPSS versión 23.0 para Windows y el nivel de significancia se estableció en $p < .05$. Se realizaron pruebas de distribución normal y homogeneidad (Kolmogorov-Smirnov & Levene) antes del análisis. La comparación de género de las medidas antropométricas, nivel de práctica de AFMV y las medidas de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención se completaron mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Se estudió la asociación entre el nivel de práctica de AFMV semanal con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención, mediante un análisis de regresión lineal. También se realizó un análisis ANCOVA comparando al alumnado con niveles altos de AFMV con el de nivel bajo respecto al cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención. La medida de corte para determinar un bajo/alto nivel de AFMV fue la mediana de los registros obtenidos por los participantes del estudio en función de su edad y sexo. Todos los análisis se realizaron por separado para chicos y chicas, y se ajustaron por edad e IMC, en base a las recomendaciones de investigaciones previas (Martínez-López et al., 2020; Zhang, Lu y Wu, 2020).

Resultados

La Tabla 1 muestra que el nivel de práctica de AFMV fue significativamente superior en chicos que en chicas ($p = .004$). No se encontraron diferencias significativas en el resto de variables (todos $p > .05$).

Análisis de regresión lineal entre nivel de práctica de AFMV semanal y el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención

Los resultados de asociación entre nivel de práctica de AFMV y cálculo matemático, el razonamiento lingüístico, comportamiento y atención, ajustados por edad e IMC y diferenciados por sexo se presentan en la Tabla 2. Los chicos y chicas que practicaban más AFMV semanal tenían a su vez un mejor razonamiento lingüístico ($\beta = .234$; error estándar (EE) = 0.748; $p = .045$ y $\beta = .271$; error estándar (EE) = 0.41; $p = .013$, respectivamente). Por otro lado, las chicas que realizaban semanalmente más AF mostraron mejores resultados en cálculo matemático ($\beta = .316$; error estándar (EE) = 0.454; $p = .015$), un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($\beta = -.338$; error estándar (EE) = 1.148; $p = .015$) y mayor nivel atencional ($\beta = .321$; error estándar (EE) = 2.749; $p = .020$).

Tabla 2.

Asociación de AFMV semanal con cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención en escolares con TDAH. Ajustado por edad e IMC. Resultados diferenciados por sexo

	Chicos (n= 44)			Chicas (n= 50)		
	β	EE	p	β	EE	p
Cálculo Matemático						
Edad (años)	.349	0.361	.025	.315	0.324	.019
IMC	-.119	0.261	.432	.183	0.291	.159
AFMV semanal	-.148	0.827	.320	.316	0.454	.015*
Razonamiento Lingüístico						
Edad (años)	.648	0.327	<.001	.624	0.292	<.001
IMC	.035	0.236	.765	-.037	0.263	.729
AFMV semanal	.234	0.748	.045*	.271	0.410	.013*
Comportamiento						
Edad (años)	.054	1.197	.737	-.06	0.820	.669
IMC	-.087	0.863	.593	-.232	0.737	.098
AFMV semanal	-.064	2.739	.688	-.338	1.148	.015*
Atención						
Edad (años)	.596	1.918	<.001	.246	1.962	.083
IMC	.089	1.383	.480	.046	1.763	.739
AFMV semanal	.137	4.389	.270	.321	2.749	.020*

Nota: β = Valor de la beta no estandarizada. EE = error estándar. IMC = índice de masa corporal (kg/m^2) AFMV = Actividad Física Moderada-Vigorous. * $p < .05$.

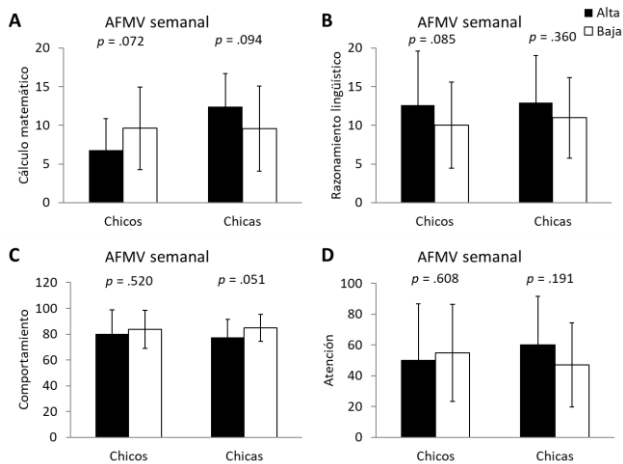


Figura 1. Asociación del nivel de AFMV semanal con cálculo matemático (A), razonamiento lingüístico (B), comportamiento hiperactivo-desatento (C) y atención (D) en chicos y chicas diagnosticados con TDAH. Nota: AFMV = Actividad Física de Moderada a Vigorosa.

La Figura 1 muestra la asociación de alto vs. bajo nivel de AFMV con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención. Los resultados de nivel de comportamiento hiperactivo-desatento presentaron resultados con tendencia a la significatividad, donde las chicas con un alto nivel AFMV mostraron valores más bajos de comportamiento hiperactivo-desatento en el aula (Fig. 1B, $p = .051$).

Discusión

El objetivo fue analizar la asociación entre el nivel de práctica de AFMV con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención de escolares diagnosticados TDAH. Los resultados obtenidos muestran que el nivel de práctica de AFMV se asoció positivamente con un mayor cálculo matemático y razonamiento lingüístico en chicas. Además, se asoció con un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el contexto escolar y mayor nivel de atención. No se observaron correlaciones adversas de la práctica de AFMV con ninguna de las variables estudiadas. También se observó que las chicas con alto nivel de AFMV tuvieron valores más bajos de comportamiento hiperactivo-desatento que aquellas con bajo nivel de práctica de AFMV.

Los resultados reflejan que el nivel de práctica de AFMV puede ayudar a obtener mejorías en el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, comportamiento y atención de escolares diagnosticados TDAH, siendo mayor esta relación en las chicas que en los chicos. Son numerosos los estudios que afirman que la práctica de AFMV aporta beneficios sobre la cognición y el comportamiento, especialmente en jóvenes con TDAH (García-Pérez et al., 2021; Suárez-Manzano et al., 2018; Welsch et al., 2021). Taylor, Novo y Foreman (2019) observaron que estudiantes diagnosticados TDAH de 10-11 años ($n=12$), tras la participación en un programa de ejercicio con una duración de 12 semanas (dos sesiones/semana, 30-40 minutos/sesión), mejoraron su comportamiento, atención y participación en el aula. Del mismo modo, Soori et al. (2020) tras la aplicación de un programa de *High Intensity Interval Training* (HIIT) aeróbico (> 85% de la frecuencia cardíaca máx.) de seis semanas de duración (tres sesiones/semana, 25-30 minutos/sesión), en las que se realizaban carreras de 20 metros con descansos de 20-30 segundos en escolares TDAH, observaron mejoras significativas en el comportamiento y una reducción significativa de los niveles de interleucina-13. Asimismo, Miklós, Komáromy, Futó y Balázs, (2020) concluyeron que 20 minutos de actividad física a intensidad moderada permiten mejoras significativas en las funciones ejecutivas en niños de seis a 12 años ($n=150$).

Las mejoras neuroestructurales y neurotransmisoras que produce la práctica de AFMV podría explicar estos beneficios cognitivos. El ejercicio influye en el rendimiento cognitivo a través de múltiples vías nerviosas centrales, como los cambios de transmisión monoaminérgica cortical, los cambios en los niveles de neurotróficas cerebrales y los cambios en el flujo sanguíneo cerebral (Christiansen et al., 2019).

La actividad neuronal y receptora mejoran gracias al incremento de disponibilidad de oxígeno y glucosa en el encéfalo, activación del factor neurotrófico y liberación de neurotransmisores (El-Sayes, Harasym, Turco, Locke y Nelson, 2019). Todo ello, ayuda a aumentar el rendimiento cognitivo mejorando las funciones ejecutivas (Christiansen et al., 2019; Seiffer, Hautzinger, Ulrich y Wolf, 2022; Yamazaki et al., 2020) y el control de los impulsos (Chakroun, Mathar, Wiehler, Ganzer y Peters, 2020; Montalva-Valenzuela, Andrades-Ramírez y Castillo-Paredes, 2022).

La AF a largo plazo aumenta la angiogénesis en el cerebelo y la corteza motora (Christiansen et al., 2019; El-Sayes et al., 2019). Estos cambios benefician la neuroestructura, con un aumento de la materia gris y blanca del cerebro y un incremento de la actividad receptora y neuronal, produciendo así una mejor función cognitiva y conductual (El-Sayes et al., 2019). Finalmente, también existe una asociación entre la actividad física con una reducción de la sintomatología TDAH (Aranas & Leighton, 2021) y del deterioro funcional (Seiffer et al., 2022), pudiendo influir directamente en un aprendizaje escolar exitoso (Kälin & Roebers, 2021). Todo lo anterior podría repercutir positivamente en los resultados de pruebas que evalúan el razonamiento lingüístico o el cálculo matemático.

Las diferencias entre chicos y chicas coinciden con las obtenidas en el trabajo de Jeyanthi, Arumugam y Parasher (2019), quienes observaron que las chicas obtuvieron mejoras más significativas que los chicos en la atención, habilidades motoras y estado físico. Esto puede deberse a las diferencias estructurales del cerebro y hormonales entre ambos sexos. También debemos de considerar el efecto dosis-respuesta en la práctica de ejercicio físico, que relaciona la cantidad de ejercicio realizado y la respuesta fisiológica o adaptación que se obtiene. Al ser las chicas generalmente más inactivas que los chicos, el aumento de cantidad de ejercicio realizado puede suponer mayores efectos positivos (Chan, Jang y Ho, 2022), tales como un mayor volumen de materia gris y mayor actividad neuronal, mayor flujo sanguíneo cerebral, eficacia del metabolismo de la glucosa y mayores concentraciones de neurotransmisores (El-Sayes et al., (2019).

Fortalezas y Limitaciones del estudio

Estos resultados sugieren que la práctica sistemática de AFMV podría beneficiar a estudiantes diagnosticados TDAH en el contexto escolar. La principal limitación de este trabajo es la escasez de estudios previos que analizan estas variables en población TDAH, lo que ha limitado la comparación directa de nuestros resultados. No obstante, cabe destacar como fortaleza, el empleo de variables dependientes novedosas, la distinción de los resultados por sexo y el control de las covariables edad e IMC.

Conclusiones y aplicaciones prácticas

Se concluye que la práctica de AFMV se asocia con un mayor cálculo matemático, razonamiento lingüístico y

comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula, independientemente de la edad e IMC, en chicas diagnosticadas TDAH. En chicos solo se encuentran la asociación con respecto el razonamiento lingüístico. Se sugiere que, desde los centros educativos, se propongan programas que incentiven la práctica de AFMV de los escolares, especialmente en diagnosticados TDAH. Teniendo en cuenta estos resultados se sugiere el aumento de práctica de AFMV, especialmente en chicas. En futuros estudios, sería interesante contrastar estas mejoras en otras variables de rendimiento cognitivo y rendimiento académico, analizar las posibles causas por las que en chicas sí se encuentra esta asociación y en chicos no, así como aplicar el estudio a otras necesidades educativas como, los trastornos graves del desarrollo, trastornos de la comunicación o trastornos del espectro autista.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los participantes, familias y centros educativos que han colaborado en el desarrollo del presente estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen posibles conflictos de interés con respecto a la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

Financiación

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por el Proyecto de Investigación I+D del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades [Referencia: RTI2018- 095878-B-100]. También se recibió apoyo del Programa de Formación de Profesorado Universitario, implementado por el Ministerio de Educación, Cultura y deporte del Gobierno de España [Referencia: AP-2016- 07226 y referencia: AP-2020-03217].

Referencias

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM5®)*. American Psychiatric Pub.
- Aranas, K., & Leighton, J. P. (2021). Dimensions of physical activity as related to child attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms and impairment. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 27(4), 953-966. <https://doi.org/10.1177/13591045211058338>
- Arns, M., Clark, C. R., Trullinger, M., deBeus, R., Mack, M., & Aniftos, M. (2020). Neurofeedback and Attention-Deficit/Hyperactivity-Disorder (ADHD) in Children: Rating the Evidence and Proposed Guidelines. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 45(2), 39-48. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09455-2>
- Axelsdottir, B., Biedilæ, S., Sagatun, Å., Nordheim, L. V., & Larun, L. (2021). Exercise for depression in children

- and adolescents—a systematic review and meta-analysis. *Child and Adolescent Mental Health*, 26(4), 347-356. <https://doi.org/10.1111/camh.12438>
- Bock, J., Breuer, S., Poeggel, G., & Braun, K. (2017). Early life stress induces attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD)-like behavioral and brain metabolic dysfunctions: functional imaging of methylphenidate treatment in a novel rodent model. *Brain Structure and Function*, 222(2), 765-780. <https://doi.org/10.1007/s00429-016-1244-7>
- Canals Sans, J., Morales Hidalgo, P., Roigé Castellví, J., Voltas Moreso, N., & Hernández Martínez, C. (2020). Prevalence and Epidemiological Characteristics of ADHD in Pre-School and School Age Children in the Province of Tarragona. Spain. *Journal of Attention Disorders*, 25(13), 1818-1833. <https://doi.org/10.1177/1087054720938866>
- Catalá-López, F., Ridaio, M., Núñez-Beltrán, A., Gènova-Maleras, R., Alonso-Arroyo, A., Aleixandre-Benavent, R., ... & Tabarés-Seisdedos, R. (2019). Prevalence and comorbidity of attention deficit hyperactivity disorder in Spain: study protocol for extending a systematic review with updated meta-analysis of observational studies. *Systematic reviews*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-0967-y>
- Chakroun, K., Mathar, D., Wiehler, A., Ganzer, F., & Peters, J. (2020). Dopaminergic modulation of the exploration/exploitation trade-off in human decision-making. *Elife*, 9:e51260. <https://doi.org/10.7554/eLife.51260>
- Chan, Y. S., Jang, J. T., & Ho, C. S. (2022). Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomedical Journal*, 45(2), 265-270. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.11.011>
- Christiansen, L., Beck, M. M., Bilenberg, N., Wienecke, J., Astrup, A., & Lundbye-jensen, J. (2019). Effects of Exercise on Cognitive Performance in Children and Adolescents with ADHD: Potential Mechanisms and Evidence-based Recommendations. *Journal of Clinical Medicine Review*, 8(6), 841-851. <https://doi.org/10.3390/jcm8060841>
- Dekkers, T. J., Rapport, M. D., Calub, C. A., Eckrich, S. J., & Irurita, C. (2020). ADHD and hyperactivity: The influence of cognitive processing demands on gross motor activity level in children. *Child Neuropsychology*, 27(1), 63-82. <https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1793924>
- Di Lorenzo, R., Balducci, J., Poppi, C., Arcolin, E., Cutino, A., Ferri, P., D'Amico, R., & Filippini, T. (2021). Children and adolescents with ADHD followed up to adulthood: A systematic review of long-term outcomes. *Acta Neuropsychiatrica*, 33(6), 283-298. <https://doi.org/10.1017/neu.2021.23>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197-1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C. V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *Neuroscientist*, 25(1), 65-85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- Farooq, A., Martin, A., Janssen, X., Wilson, M. G., Gibson, A. M., Hughes, A., & Reilly, J. J. (2020). Longitudinal changes in moderate-to-vigorous-intensity physical activity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 21(1), e12953, 1-15. <https://doi.org/10.1111/obr.12953>
- Ganjeh, P., Meyer, T., Hagemayer, Y., Kuhnert, R., Ravens-Sieberer, U., von Steinbuechel, N., ... & Becker, A. (2021). Physical Activity Improves Mental Health in Children and Adolescents Irrespective of the Diagnosis of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)—A Multi-Wave Analysis Using Data from the KiGGS Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2207. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052207>
- García-Pérez, L., Molina-Sánchez, F. J., & Martínez-Domingo, J. (2021). Influence of physical activity in children with ADHD and the possibility of treatment from the area of physical education. *ESHPA – Education, Sport, Health and Physical Activity*, 5(1), 1-14. [doi: http://doi.org/10.5281/zenodo.4141074](http://doi.org/10.5281/zenodo.4141074)
- Jeyanthi, S., Arumugam, N., & Parasher, R. K. (2019). Effect of physical exercises on attention, motor skill and physical fitness in children with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 11(2), 125-137. <https://doi.org/10.1007/s12402-018-0270-0>
- Kälin, S., & Roebbers, C. M. (2021). Self-regulation in Pre-school Children: Factor Structure of Different Measures of Effortful Control and Executive Functions. *Journal of Cognition and Development*, 22(1), 48-67. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1862120>
- Kavanagh, R., Rafiq, M., & Iqbal, M. N. (2022). Risk factors for attention deficit hyperactivity disorder in children: A systematic review. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 82(7), 569-575. <https://doi.org/10.1002/jdn.10219>
- Martínez-López, E. J., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M., & Suárez-Manzano, S. (2021). Alternatives of physical activity within school times and effects on cognition. A systematic review and educational practical guide. *Psicología Educativa. Revista de los Psicólogos de la Educación*, 27(1), 37-50. <https://doi.org/10.5093/psed2020a16>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable

- analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miklós, M., Komáromy, D., Futó, J., & Balázs, J. (2020). Acute physical activity, executive function, and attention performance in children with attention-deficit hyperactivity disorder and typically developing children: An experimental study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 1-27. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114071>
- Montalva-Valenzuela, F., Andrades-Ramírez, O., & Castillo-Paredes, A. (2022). Effects of Physical Activity, Exercise and Sport on Executive Function in Young People with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 12(1), 61-76. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12010006>
- Muñoz, D.; Díaz, A.; Navarro, J.; Camacho, P.; Robles, A.; Ibáñez, M.; Coronilla, M.; Gil, E.; Carballar, A. & Cano, R. (2019). Mejora de la atención en niños y niñas con TDAH tras una intervención física deportiva dirigida. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 19(3), 37-46. <https://doi.org/10.6018/cpd.360451>
- Orban, S. A., Rapport, M. D., Friedman, L. M., Eckrich, S. J., & Kofler, M. J. (2018). Inattentive behavior in boys with ADHD during classroom instruction: The mediating role of working memory processes. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 46(4), 713-727. <https://doi.org/10.1007/s10802-017-0338-x>
- Prochaska, J. J., Sallis, J. F., & Long, B. (2001). A Physical Activity Screening Measure for Use With Adolescents in Primary Care. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 155, 554-559. <https://doi.org/10.1001/archpedi.155.5.554>
- Ruiz-Ariza, A., Casuso, R.A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E.J. (2018). Effect of augmented reality game Pokemon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Computers & Education*, 116(1), 49-63. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.002>
- Salari, N., Morddarvanjoghi, F., Abdolmaleki, A., Rasoulpoor, S., Khaleghi, A. A., Hezarkhani, L. A., Shohaimi, S., & Mohammadi, M. (2023). The global prevalence of ADHD in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *BMC cardiovascular disorders*, 49(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03231-w>
- Seiffer, B., Hautzinger, M., Ulrich, R., & Wolf, S. (2022). The Efficacy of Physical Activity for Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Attention Disorders*, 26(5), 656-673. <https://doi.org/10.1177/10870547211017982>
- Seisdedos, N. (2012). *Adaptación española D2, test de atención de Brickenkamp*. Madrid: TEA Ediciones.
- Song, W., Feng, L., Wang, J., Ma, F., Chen, J., Qu, S., & Luo, D. (2022). Play Smart, Be Smart? Effect of Cognitively Engaging Physical Activity Interventions on Executive Function among Children 4~12 Years Old: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/brainsci12060762>
- Soori, R., Goodarzvand, F., Akbarnejad, A., Effatpanah, M., Ramezankhani, A., Teixeira, A. L., & Ghram, A. (2020). Effect of high-intensity interval training on clinical and laboratory parameters of adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Science & Sports*, 35(4), 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.08.002>
- Suárez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M., & Martínez-López, E. J. (2018). Acute and chronic effect of physical activity on cognition and behaviour in young people with ADHD: A systematic review of intervention studies. *Research in developmental disabilities*, 77, 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.03.015>
- Taylor, A., Novo, D., & Foreman, D. (2019). An exercise program designed for children with attention deficit/hyperactivity disorder for use in school physical education: Feasibility and utility. *Healthcare (Switzerland)*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare7030102>
- Vysniauske, R., Verburgh, L., Oosterlaan, J., & Molendijk, M. L. (2020). The effects of physical exercise on functional outcomes in the treatment of ADHD: a meta-analysis. *Journal of attention disorders*, 24(5), 644-654. <https://doi.org/10.1177/1087054715627489>
- Welsch, L., Alliot, O., Kelly, P., Fawcner, S., Booth, J., & Niven, A. (2021). The effect of physical activity interventions on executive functions in children with ADHD: A systematic review and meta-analysis. *Mental Health and Physical Activity*, 20(1), 100379. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100379>
- Wong, L. S., Muirhead, F., Powell, E., Woodfield, L., Stewart, C., & Reilly, J. J. (2022). Feasibility of an intervention for increasing moderate-to-vigorous intensity physical activity (MVPA) in primary school physical education: a study protocol. *Physical Activity For Health*, 258(1), 1-13. <https://doi.org/10.12688/f1000research.109096.2>
- Yamazaki, Y., Yamashiro, K., Onishi, H., Otsuru, N., Kojima, S., Saito, K., & Sato, D. (2020). Modulation of inhibitory function in the primary somatosensory cortex and temporal discrimination threshold induced by acute aerobic exercise. *Behavioural brain research*, 377, 112253. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112253>
- Zhang, T., Lu, G., & Wu, X. Y. (2020). Associations between physical activity, sedentary behaviour and self-rated health among the general population of children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *BMC public health*, 20(1), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237725>