

Asociación de la fuerza muscular con atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico en escolares diagnosticados TDAH

Association of muscle strength with attention, hyperactive-attentive behavior, mathematical calculation and linguistic reasoning in schoolchildren diagnosed with ADHD

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

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

Resumen. El objetivo del presente estudio fue analizar la posible asociación de la fuerza muscular de tren inferior, abdominal y manual con la atención, el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, el cálculo matemático y el razonamiento lingüístico en niños y niñas diagnosticados con Trastorno del Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). La muestra estaba formada por 94 estudiantes TDAH (50 niñas y 44 niños, 53% y 47% respectivamente) de 9.48 ± 2.10 años. La atención se midió con el test d2, para el comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula se utilizó la prueba EDAH y para evaluar el cálculo matemático y razonamiento lingüístico se emplearon dos test ad hoc. Los resultados han mostrado que en niños existe una asociación negativa entre el nivel de fuerza abdominal y manual con la presencia de comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($p=.001$ y $p=.009$, respectivamente). En niñas, una mayor fuerza de tren inferior se asoció con mayores niveles de atención ($p=.042$) y la fuerza manual se relacionó positivamente el razonamiento lingüístico ($p=.019$). Se concluye que una mayor fuerza muscular se asocia con una mejor cognición y comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula en escolares diagnosticados con TDAH, independientemente de su edad e IMC. Se recomienda implementar programas de actividad física dirigidos a mejorar la fuerza muscular ya que podría beneficiar el proceso de aprendizaje en estudiantes diagnosticados con TDAH.

Palabras clave: aprendizaje, cognición, condición física, conducta, escolares, funciones ejecutivas.

Abstract. The aim of the present study was to analyze the possible association of lower body, abdominal and manual muscle strength with attention, hyperactive-attentive behavior in the classroom, mathematical calculation and linguistic reasoning in boys and girls diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). The sample consisted of 94 ADHD students (50 girls and 44 boys, 53% and 47% respectively) aged 9.48 ± 2.10 years. Attention was measured with the d2 test, the EDAH test was used for hyperactive-impulsive behavior in the classroom and two ad hoc tests were used to evaluate mathematical calculation and linguistic reasoning. The results have shown that in boys there is a negative association between the level of abdominal and manual strength with the presence of hyperactive-attentive behavior in the classroom ($p=.001$ and $p=.009$, respectively). In girls, greater lower body strength was associated with higher levels of attention ($p=.042$) and manual strength was positively related to linguistic reasoning ($p=.019$). It is concluded that greater muscle strength is associated with better cognition and hyperactive-impulsive behavior in the classroom in schoolchildren diagnosed with ADHD, regardless of their age and BMI. It is recommended to implement physical activity programs aimed at improving muscle strength as it could benefit the learning process in students diagnosed with ADHD.

Keywords: learning, cognition, physical condition, behavior, schoolchildren, executive functions.

Fecha recepción: 17-06-22. Fecha de aceptación: 19-11-22

Alba Rusillo Magdaleno
arusillo@ujaen.es

Introducción

El Trastorno del Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, DSM 5, es un trastorno del neurodesarrollo que se detecta en la infancia y se caracteriza por un patrón persistente de falta de atención y/o hiperactividad/impulsividad (APA, 2014). Estos factores derivan a menudo en un bajo rendimiento escolar y dificultades ante las relaciones interpersonales (Harpin et al., 2016). Este trastorno afecta al 5% de la población escolar y su incidencia varía entre el 3% y 7% según el país e instrumento empleado (Polanczyk et al., 2015; Sayal et al., 2018). En España, el 5.4% de escolares son diagnosticados con TDAH (Catalá-López et al., 2017; Cerrillo-Urbina et al., 2018) y coincidiendo con la prevalencia mundial, es más frecuente en niños que en niñas (Canals et al., 2020).

Psicólogos, neuropediatras y demás especialistas capacitados para evaluar y emitir un diagnóstico clínico de TDAH en niños y niñas, emplean generalmente el manual DSM 5 o la CIE 11; Clasificación Internacional de Enfermedades (WHO, 2019). Para un diagnóstico firme, los

síntomas deben estar presentes en al menos dos contextos (familiar, social y académico), ser consistentes en el tiempo y preferiblemente, realizar el diagnóstico antes de los 12 años (APA, 2014; WHO, 2019).

Los principales tratamientos que reciben los niños y niñas diagnosticados TDAH son, el farmacológico, el psicológico, el psiquiátrico y la modificación de conducta. Siendo el primero el más empleado, destacar como principales medicamentos, el metilfenidato y los psicoestimulantes derivados de las anfetaminas (Sayal et al., 2018). Sin embargo, algunos de sus efectos secundarios son, la falta de apetito y la presencia de trastornos del sueño (Kapoor et al., 2021). Estos problemas empujan a familiares y especialistas a buscar alternativas para disminuir las dosis de fármacos o contrarrestar sus efectos.

Recientes investigaciones reflejan que un adecuado nivel de condición física en niños y niñas de seis a 12 años, es esencial para su buena salud (Dimitri et al., 2020) y se asocia positivamente con el lenguaje, la atención, la memoria de trabajo y el rendimiento académico (Zeng et al., 2017). Concretamente, una mayor fuerza muscular se asocia con una mejor salud física y mental (Carrel et al.,

2005; Janssen et al., 2020), un mejor comportamiento hacia el aprendizaje (Sullivan et al., 2017) y un mayor rendimiento cognitivo y comprensión de las áreas matemática y lingüística (Padulo et al., 2019; Stillman et al., 2020). Además, se ha comprobado que altos niveles de fuerza durante la infancia perduran hasta la edad adulta (Ortega et al., 2008).

En escolares diagnosticados TDAH se ha observado que la práctica de actividad física orientada a la mejora de la condición física, mejora el rendimiento académico, rendimiento cognitivo y comportamiento (Suárez-Manzano et al., 2018a; Welsch et al., 2021). Silva et al. (2020) observaron que tras un programa de ocho semanas de intervención (aprendizaje de natación, 2 sesiones/semana), el grupo experimental, formado por 18 escolares diagnosticados TDAH de 10 ± 2 años de edad, mejoró significativamente los parámetros de depresión, estrés, flexibilidad cognitiva, atención selectiva y fuerza-resistencia abdominal. Esto puede ser debido a que los escolares TDAH presentan un déficit de las funciones neurotransmisoras y neuroestructurales del cerebro (Bock et al., 2017), situación que puede mejorar mediante la práctica de actividad física, dado que un ejercicio físico a intensidad moderada o de moderada a vigorosa potencia el sistema dopaminérgico y la funcionalidad cerebral (El-Sayes et al., 2019).

Sin embargo, son pocos los estudios realizados en escolares diagnosticados con TDAH. Cortese et al. (2022) afirman que, durante las últimas décadas, la investigación ha puesto el foco principalmente en los modelos médicos, distinguiendo así cuatro tendencias principales de investigación, 1) tratamiento del TDAH, factores de riesgo y síntesis de evidencia; 2) neurofisiología, neuropsicología y neuroimagen; 3) genética; 4) comorbilidad. A nivel físico señalan el vínculo entre el TDAH y la obesidad, lo que refleja la conciencia de los vínculos significativos entre las condiciones mentales y físicas. Así como el importante rol del ejercicio físico como posible intervención para el TDAH, por sus efectos sobre el cerebro. No obstante, la mayoría de estos trabajos son de carácter longitudinal y

con un escaso número de participantes. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar la posible asociación de la fuerza muscular de tren inferior, abdominal y manual con la atención, el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, el cálculo matemático y el razonamiento lingüístico en niños y niñas diagnosticados con TDAH.

Material y método

Diseño y participantes

Se trata de un estudio transversal cuantitativo. Iniciaron el estudio 100 escolares (50 niñas y 50 niños), finalizaron un total de 94 participantes (44 niños y 50 niñas). diagnosticados con TDAH (9.48 ± 2.1 años; rango: 6-12 años). El estudio se ofreció a cuatro centros educativos y tres asociaciones de Andalucía que se anexaron de forma voluntaria. Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Jaén (ABRIL,0017/5). 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 de la Declaración de Helsinki (Versión 2013, Brasil). La Tabla 1 muestra las características antropométricas y sociodemográficas de los participantes al inicio del estudio. Las características antropométricas y sociodemográficas se muestran en la Tabla 1.

Criterios de inclusión

1) Tener entre seis y 12 años de edad. 2) Haber sido diagnosticado previamente por especialistas utilizando el DSM 5 (APA, 2014). 3) Poseer informe de diagnóstico en la plataforma educativa de la comunidad (Andalucía – Séneca).

Criterios de exclusión

1) Tener asociado otro trastorno, patología o enfermedad que limite la práctica de actividad física. 2) No haber completado la totalidad de las mediciones. 3) Rellenar una o varias pruebas con datos anormales.

Tabla 1.

Características antropométricas y sociodemográficas de los participantes. Los valores se presentan como media y desviación estándar o porcentaje.

Variable	Total (n= 94)		Niños (n=44)		Niñas (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
Índice de Masa Corporal (Kg/m ²)	17.34	2.62	17.19	2.97	17.47	2.29	.193
Nivel escolar de la madre	Primaria	11%		6%		16%	.005
	Secundaria	21%		22%		20%	
	Universidad	68%		72%		64%	
Nivel escolar del padre	Primaria	11%		9%		12%	.209
	Secundaria	19%		16%		22%	
	Universidad	70%		75%		66%	
Fuerza de tren inferior (cm)	119.84	27.43	122.09	23.70	117.86	30.44	.252
Fuerza abdominal (n° repeticiones)	17.10	4.78	16.75	5.47	17.40	4.11	.068
Fuerza manual (kg)	24.49	9.65	24.48	9.44	24.50	9.93	.501
Atención (u.a.)	52.80	30.93	53.34	32.84	52.32	29.48	.177
Comportamiento Hiperactivo-Desatento (%)	82.28	14.01	82.70	15.90	81.90	12.26	.162
Cálculo matemático (u.a.)	9.80	5.24	8.77	5.13	10.70	5.21	.864
Razonamiento lingüístico (u.a.)	11.30	5.80	10.77	6.04	11.76	5.59	.642

Nota: DE = Desviación Estándar, u.a. = unidades arbitrarias, % = porcentaje de presencia de comportamiento hiperactivo-desatento en el aula.

Medidas

Variables evaluadoras de la fuerza

La fuerza del tren inferior se midió con el test de salto horizontal de la batería ALPHA-Fitness (Ruiz et al., 2011). Esta prueba consiste en realizar un salto hacia adelante, colocando los pies juntos detrás de la línea marcada en el suelo. El participante debe de hacer un salto horizontal y se permite el balanceo de brazos. Se realizaron dos intentos y se consideró el mayor registro, teniendo en cuenta la distancia desde la línea de salto hasta el talón más atrasado.

La potencia y fuerza del abdomen se evaluó con el test de abdominales en 30 segundos de la batería Eurofit (Eurofit, 1988). La prueba consiste en realizar el mayor número de flexiones de abdomen completas durante 30 segundos. La prueba se inicia desde la posición de tumbado. Solo se llevó a cabo un intento y se contabilizaron las flexiones completas realizadas correctamente.

La fuerza manual se midió empleando el test de dinamometría manual de la batería ALPHA-Fitness (Ruiz et al., 2011). Se parte desde la posición de pie, con el brazo que sostiene el dinamómetro (TKK 5101 Grip D®; Takey, Tokyo, Japón) estirado y paralelo. Se realizaron dos intentos con cada mano y se sumó el mayor registro tomado de cada segmento.

Variables evaluadoras del TDAH

La atención selectiva se evaluó el test d2 en su versión española (Seisdedos, 2012). El test consiste en marcar las grafías "d" que se acompaña de dos comas, ya sea colocadas por debajo, por encima o tener una coma abajo y otra arriba. El test incluye un total de 658 grafías dispuestas en 14 líneas. Cada línea tiene 47 letras. Las letras que figuran en la plantilla son la "d" y la "p". La duración total fue de cuatro minutos y 20 segundos. La atención se calculó con la ecuación: [número de elementos procesados - (omisio- nes + errores)].

El comportamiento hiperactivo-desatento en el aula fue medido con la Escala de Evaluación del Déficit de Atención con Hiperactividad [EDAH] (Farré & Narbona, 2013). Este instrumento consta de 20 ítems y permite valorar el comportamiento de escolares. Cada ítem se responde utilizando una escala tipo Likert de cuatro niveles donde 0 = nada, 1 = poco, 2 = bastante y 3 = mucho, de acuerdo con el grado de frecuencia con que se percibe la conducta descrita. Para este estudio se empleó el resultado del factor cuatro (Hiperactividad + Déficit de Atención) que está correlacionado con uno de los criterios diagnósticos del DSM 5 (APA, 2014). Para obtener los percentiles, se transformaron las puntuaciones siguiendo el baremo para población española atendiendo a la edad, donde un mayor percentil se considera una mayor presencia de comportamiento hiperactivo-desatento.

El cálculo matemático se evaluó con el test ad hoc elaborado por Ruiz-Ariza et al. (2018). La prueba consiste en la resolución de operaciones matemáticas dispuestas en

filas. Los participantes deben de resolver el mayor número posible de operaciones matemáticas durante un minuto.

El razonamiento lingüístico se midió con el test ad hoc elaborado por Suárez-Manzano et al. (2018b). La prueba se compone de veinte filas de palabras dispuestas en cuatro columnas. De cada fila, tres palabras pertenecen a una misma familia semántica y una no (por ejemplo; lápiz, goma, río, sacapuntas). Durante un minuto de duración, el participante debe marcar las palabras intrusas de cada fila, completando el mayor número de filas posible.

Otras variables evaluadas

Para obtener las medidas de peso (kg) y talla (m) se utilizó una báscula Inbody R20® y el tallímetro SECA 213®, respectivamente. Ambas medidas se realizaron con ropa ligera y sin zapatos. El IMC fue calculado con la fórmula de Quetelet: kg / m^2 .

Procedimiento

Una vez obtenido el permiso de los centros participantes, se informó de la naturaleza y el propósito de este estudio a padres/madres y/o tutores legales que autorizaron la participación de los niños y niñas. Las indicaciones para el día de la evaluación fueron: no comer una hora antes, no practicar actividad física 24h antes y no modificar la medicación. Las pruebas de condición física se hicieron en grupos de 10 participantes aproximadamente. El cuestionario sociológico y las pruebas cognitivas se realizaron individualmente. El cuestionario de comportamiento fue entregado por el docente-tutor del participante en un sobre cerrado.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media y desviación estándar a menos que se indique lo contrario. Los análisis se realizaron utilizando SPSS versión 23.0 para Windows. El nivel de significancia se estableció en $p < .05$. Para la comparación de las medidas antropométricas y otras variables sociodemográficas, así como las medidas de atención, comportamiento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico, atendiendo al sexo de los participantes, se empleó la prueba t de Student para muestras independientes. Se analizó la asociación entre fuerza y atención, comportamiento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico, mediante análisis de regresión lineal. También se realizó un ANCOVA para estudiar si los escolares con bajo / alto nivel de fuerza, tenían niveles distintos de atención, comportamiento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico.

Para determinar el punto de corte en el nivel de fuerza (bajo vs. alto), evitando la posible desviación hacia los valores extremos, se empleó la mediana. En todos los casos se tuvieron en cuenta las diferencias de fuerza en función de la edad y el sexo. Para el ANCOVA, se introdujo como factor fijo cada variable dependiente y como covariables la edad y el IMC. Todos los análisis se realizaron por separado para niños y niñas ya que en investigacio-

nes previas se observaron diferencias por sexo en la fuerza muscular de los escolares (Martínez-López et al., 2015; Zhang et al., 2020).

Resultados

Las niñas obtuvieron valores superiores en nivel de estudios de la madre. No se encontraron diferencias significativas en el resto de variables (todos $p > .05$).

Los resultados de asociación del total de participantes muestran que los escolares que tienen una mayor fuerza muscular presentan un mejor comportamiento en el aula (Fuerza tren inferior; $\beta = -.063$; error estándar (EE) = $-.266$; $p = .033$. Fuerza abdominal; $\beta = .271$; error estándar (EE) = $.104$; $p = .008$. Fuerza manual; $\beta = -.337$; error estándar (EE) = $.185$; $p = .010$). Además, los escolares que tenía una mayor fuerza manual presentaban una mayor puntuación en razonamiento lingüístico ($\beta = .250$; error estándar (EE) = $.058$; $p = .011$) (datos no mostrados).

Asociación de la fuerza de tren inferior (salto horizontal) con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, cálculo matemático y razonamiento lingüístico

Los resultados de asociación se presentan en la Tabla 2. Las niñas TDAH que presentaban mayor fuerza mostraban más altos niveles atención ($\beta = .326$; error estándar (EE) = $.151$; $p = .042$). No se hallaron asociaciones significativas en el resto de variables.

Tabla 2.

Asociación de la fuerza del tren inferior (salto horizontal) con atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico en escolares con TDAH. Ajustado por edad e IMC. Resultados diferenciados por sexo.

	Niños (n= 44)			Niñas (n= 50)		
	β	EE	p	β	EE	p
Atención						
Edad (años)	.572	2.479	.001	.126	2.284	.440
IMC	.086	1.416	.504	.074	1.799	.597
Fuerza-salto (cm)	.044	0.218	.780	.326	0.151	.042
Comportamiento h-d						
Edad (años)	.289	1.461	.150	-.003	0.986	.986
IMC	-.128	0.835	.418	-.249	0.776	.093
Fuerza-salto (cm)	-.372	0.129	.060	-.211	0.065	.199
Cálculo Matemático						
Edad (años)	.382	0.466	.056	.363	0.397	.027
IMC	-.118	0.266	.449	.180	0.313	.197
Fuerza-salto (cm)	-.057	0.041	.763	.006	0.026	.967
Razonamiento Lingüístico						
Edad (años)	.540	0.431	.001	.573	0.352	<.001
IMC	.043	0.246	.726	-.023	0.277	.839
Fuerza-salto (cm)	.181	0.038	.232	.178	0.023	.165

Nota: β = Valor de la beta no estandarizada, EE= Error Estándar, IMC = Índice de Masa Corporal (kg/m^2), h-d = hiperactivo-desatento.

La Figura 1 muestra la asociación entre bajo vs. alto nivel de fuerza de tren inferior con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico. Los resultados de nivel de comportamiento hiperactivo-desatento presentaron resultados significativos, donde los niños con un alto nivel de fuerza de tren inferior mostraron valores más bajos de comportamiento hiperactivo-desatento (fig. 1B, $p = .045$).

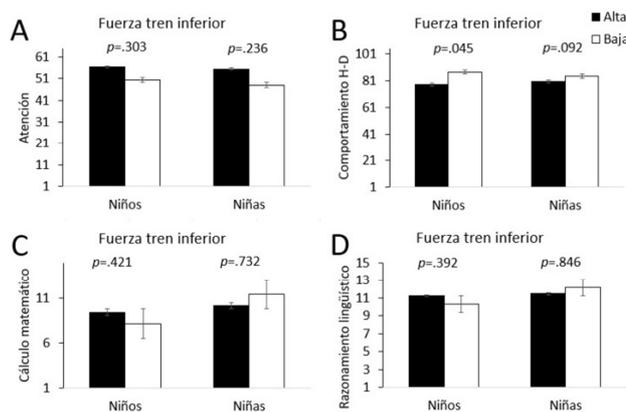


Figura 1. Asociación del nivel de fuerza del tren inferior con atención (A), comportamiento hiperactivo-desatento (B), cálculo matemático (C) y razonamiento lingüístico (D) en niños y niñas diagnosticados con TDAH.

Asociación de la fuerza abdominal (abdominales en 30 seg.) con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, cálculo matemático y razonamiento lingüístico

Los resultados de asociación se presentan en la Tabla 3. Los niños TDAH con una mayor fuerza abdominal presentaban un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($\beta = -.515$; EE = $.406$; $p = .001$). No se hallaron asociaciones significativas en el resto de variables.

Tabla 3.

Asociación de fuerza abdominal con atención, concentración, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico en escolares con TDAH. Ajustado por edad e IMC. Resultados diferenciados por sexo.

	Niños (n= 44)			Niñas (n= 50)		
	β	EE	p	β	EE	p
Atención						
Edad (años)	.588	1.924	<.001	.271	2.205	.088
IMC	.054	1.406	.673	.056	1.909	.707
Fuerza abdominal (n°)	.140	0.751	.270	.069	1.084	.648
Comportamiento h-d						
Edad (años)	.096	1.04	.496	-.077	0.924	.625
IMC	.016	0.760	.909	-.248	0.80	.104
Fuerza abdominal (n°)	-.515	0.406	.001	-.098	0.454	.522
Cálculo Matemático						
Edad (años)	.358	0.363	.023	.329	0.365	.029
IMC	-.082	0.265	.595	.199	0.316	.158
Fuerza abdominal (n°)	-.147	0.142	.335	.098	0.180	.494
Razonamiento Lingüístico						
Edad (años)	.64	0.337	<.001	.725	0.326	<.001
IMC	-.011	0.246	.928	-.072	0.282	.535
Fuerza abdominal (n°)	.165	0.132	.173	-.152	0.160	.203

Nota: β = Valor de la beta no estandarizada, EE= Error Estándar, IMC = Índice de Masa Corporal (kg/m^2), n° = número de repeticiones, h-d = hiperactivo-desatento.

La Figura 2 muestra la asociación entre bajo vs. alto nivel de fuerza abdominal con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico. No se hallaron asociaciones significativas.

Asociación de la fuerza manual (dinamometría manual) con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, cálculo matemático y razonamiento lingüístico

Los resultados de asociación se presentan en la Tabla 4. Los niños TDAH que presentaban mayor fuerza manual mostraban un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($\beta = -.568$; EE = $.351$; $p = .009$). Las

niñas con mayor fuerza manual manifestaron un más alto razonamiento lingüístico ($\beta = .324$; error estándar (EE) = .075; $p = .019$).

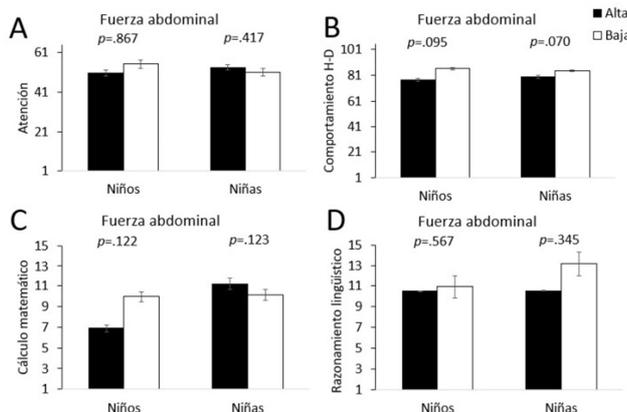


Figura 2. Asociación del nivel de fuerza abdominal con atención (A), comportamiento hiperactivo-desatento (B), cálculo matemático (C) y razonamiento lingüístico (D) en niños y niñas diagnosticados con TDAH.

Tabla 4.

Asociación de fuerza manual con atención, concentración, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico en escolares con TDAH. Ajustado por edad e IMC. Resultados diferenciados por sexo.

	Niños (n= 44)			Niñas (n= 50)		
	β	EE	p	β	EE	p
Atención						
Edad (años)	.531	2.316	.001	.082	2.505	.646
IMC	.015	1.649	.919	.087	1.819	.542
Fuerza manual (kg)	.145	0.615	.417	.338	0.507	.054
Comportamiento h-d						
Edad (años)	.32	1.321	.079	.070	1.065	.698
IMC	.175	0.941	.326	-.266	0.773	.072
Fuerza manual (kg)	-.568	0.351	.009	-.290	0.216	.104
Cálculo Matemático						
Edad (años)	.351	0.439	.062	.299	0.432	.090
IMC	-.105	0.312	.564	.193	0.314	.167
Fuerza manual (kg)	-.012	0.116	.955	.105	0.087	.531
Razonamiento Lingüístico						
Edad (años)	.561	0.406	<.001	.461	0.369	.002
IMC	-.069	0.289	.628	.002	0.268	.985
Fuerza manual (kg)	.199	0.108	.245	.324	0.075	.019

Nota: β = Valor de la beta no estandarizada, EE= Error Estándar, IMC = Índice de Masa Corporal (kg/m^2), h-d = hiperactivo-desatento.

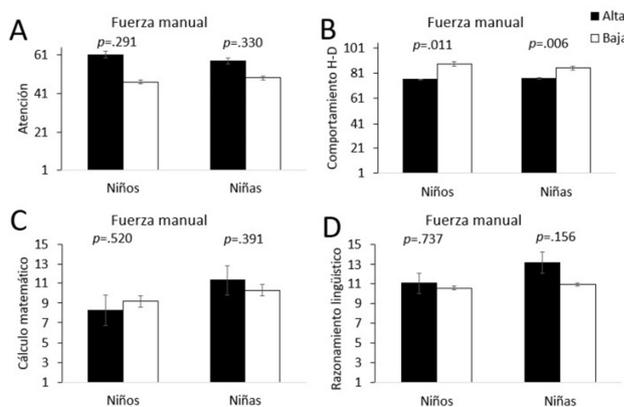


Figura 3. Asociación del nivel de fuerza manual con atención (A), comportamiento hiperactivo-desatento (B), cálculo matemático (C) y razonamiento lingüístico (D) en niños y niñas diagnosticados con TDAH.

La Figura 3 muestra la asociación entre bajo vs. alto ni-

vel de fuerza manual con la atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico. Los niveles de comportamiento hiperactivo-desatento eran significativamente menores en los escolares con un nivel de alto nivel de fuerza manual comparado con aquellos que tenían un bajo nivel de fuerza manual (niños: $p = .011$, fig. 3B y niñas: $p = .006$, fig. 3B). No se observaron asociaciones significativas relativas a la atención, cálculo matemático y razonamiento lingüístico.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar la posible asociación de la fuerza muscular de tren inferior, abdominal y manual con la atención, el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, el cálculo matemático y el razonamiento lingüístico en niños y niñas diagnosticados con TDAH. Los resultados han mostrado que en niños existe una asociación negativa entre el nivel de fuerza abdominal y manual con la presencia de comportamiento hiperactivo-desatento. En niñas, una mayor fuerza de tren inferior se asoció con un mayor nivel de atención y una mayor fuerza manual se asoció a un mayor razonamiento lingüístico. Por otro lado, presentaban un menor comportamiento hiperactivo-desatento los niños que tenían un alto nivel de fuerza de tren inferior y las niñas y niños con un alto nivel de fuerza manual.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los hallados en estudios previos que han analizado la relación entre el nivel de condición física y el rendimiento cognitivo en escolares (Álvarez-Bueno et al., 2020; Ruiz-Ariza et al., 2015). En jóvenes TDAH, con edades de ocho a 12 años ($n = 80$), Tsai et al. (2020) observaron que una mayor potencia y resistencia muscular se asociaba con un mejor control de la interferencia, tiempos de reacción más cortos y amplitudes P3 más grandes (actividad cerebral medida mediante electroencefalograma). Estos resultados son compatibles con los hallados en el presente estudio debido a que las anteriores variables están directamente relacionadas con la atención, el cálculo matemático y el razonamiento lingüístico. Así mismo, Hung et al. (2013) constataron en 32 escolares diagnosticados con TDAH, mediante tarea Go/No-Go, que aquellos que poseían una mayor fuerza muscular mostraban un mayor control inhibitorio tanto a nivel conductual como neuroeléctrico.

Trabajos previos afirman que niños y adolescentes diagnosticados con TDAH tienen un menor nivel de condición física y de práctica de actividad física que escolares sin diagnóstico. Entre estas, son escasas las investigaciones que han acometido los efectos de la fuerza muscular sobre variables de aprendizaje (Cortese et al., 2022; Suárez-Manzano et al., 2018a; Welsch et al., 2021), sin embargo, los resultados obtenidos en población escolar general son numerosos y en buena medida transferibles. Los estudios que analizan la asociación del nivel de fuerza con variables cognitivas, comportamentales y académicas han mostrado

que un mayor nivel de fuerza se asocia positivamente con un mayor rendimiento cognitivo (Álvarez-Bueno et al., 2020; Donnelly et al., 2016; Santana et al., 2017). Una reciente revisión sistemática ha constatado la asociación positiva entre la fuerza muscular y el bienestar físico, bienestar psicológico, la calidad de la relación familiar y la relación con compañeros en el entorno escolar (Bermejo-Cantarero et al., 2021), variables que podrían ser a su vez determinantes para que, en niños y adolescentes diagnosticados TDAH, mejore el comportamiento hiperactivo-desatento dentro del ambiente escolar.

Una posible explicación de la asociación positiva entre el nivel de fuerza muscular y la cognición de los escolares TDAH subyace en que estos niños y niñas presentan un déficit de las funciones neurotransmisoras y neuroestructurales del cerebro (Bock et al., 2017). Además, un alto nivel de fuerza supone que el niño o niña practica ejercicio físico con regularidad, lo que supone un aumento del flujo sanguíneo, liberación de neurotransmisores y activación del factor neurotrófico derivado del cerebro (El-Sayes et al., 2019). Como consecuencia, se produce una mayor activación del sistema dopaminérgico, de la actividad eléctrica y de la funcionalidad cerebral muy relacionadas tanto con el correcto funcionamiento de las funciones ejecutivas (Lulic et al., 2017; Meeusen & De Meirleir, 1995) como del control de los impulsos del comportamiento (Chakroun et al., 2020).

A pesar de lo anterior y de forma similar al presente estudio, Santana et al. (2017), tras una exhaustiva revisión sistemática que analizó tanto estudios transversales como longitudinales, observaron que existe cierta controversia sobre la asociación entre la fuerza muscular y el rendimiento académico (lengua y matemáticas, principalmente). Por tanto, las investigaciones centradas en población diagnosticada TDAH son aún escasas y no nos consta que en la literatura actual exista estudios que asocian el nivel de fuerza muscular con el rendimiento académico y comportamiento de estos escolares.

El presente estudio presenta algunas limitaciones y fortalezas sobre las que es necesario dejar constancia. Se hace constar como limitación de este estudio el empleo del test d2 en escolares menores de ocho años, para estudios futuros se podrá emplear la nueva versión d2-R (2022) que sí admite participantes a partir de seis años. Además, el carácter transversal de este trabajo no permite establecer relaciones de causalidad. A pesar de lo anterior, este trabajo incluye datos de un alto número de participantes en comparación con estudios similares, los resultados se contrastan mediante diferentes test de fuerza muscular e incluye en sus análisis dos de las principales covariables que mediatizan los resultados en esta etapa: la edad y el IMC. El papel de la fuerza en las variables estudiadas presenta una escasez de investigaciones en niños y adolescentes TDAH. El presente estudio puede ser una referencia para futuros contrastes ya que, por ahora, no es posible una comparación directa de nuestros resultados.

Conclusiones

Se concluye que una mayor fuerza muscular se asocia con una mejor atención y comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula en escolares diagnosticados TDAH, independientemente de su edad e IMC. Una mayor fuerza manual se asocia con un menor comportamiento hiperactivo-desatento en niños y un mayor razonamiento lingüístico en niñas. En niños TDAH la fuerza abdominal también se asoció negativamente con el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula. En niñas TDAH una mayor fuerza del tren inferior se asoció con una mayor atención selectiva. A su vez, presentaban un menor comportamiento hiperactivo-desatento los niños que tenían un alto nivel de fuerza de tren inferior y las niñas y niños con un alto nivel de fuerza manual. Se sugiere promover programas de actividad física orientados al aumento de la fuerza muscular de los escolares diagnosticados TDAH. Para obtener beneficios observables en el proceso de enseñanza-aprendizaje se propone una frecuencia de tres días/semana, durante al menos 12 semanas, de actividad física dirigida al fortalecimiento de músculos y huesos.

Referencias

- Álvarez-Bueno, C., Hillman, C.H., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pozuelo-Carrascosa, D.P., & Martínez-Vizcaino, V. (2020). Aerobic fitness and academic achievement: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 38(5), 582-589. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1720496>
- American Psychiatric Association (2014). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
- Bermejo-Cantarero, A., Álvarez-Bueno, C., Martínez-Vizcaino, V., Redondo-Tébar, A., Pozuelo-Carrascosa, D.P., & Sánchez-López, M. (2021). Relationship between both cardiorespiratory and muscular fitness and health-related quality of life in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Health and quality of life outcomes*, 19(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0487.1000222>
- 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, J., Morale, P., Roigé, J., Voltas, N., & Hernández, 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>
- Carrel, A.L., Clark, R.R., Peterson, S.E., Nemeth, B.A.,

- Sullivan, J., & Allen, D.B. (2005). Improvement of fitness, body composition, and insulin sensitivity in overweight children in a school-based exercise program: a randomized, controlled study. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *159*(10), 963-968. <https://doi.org/10.1001/archpedi.159.10.963>
- Catalá-López, F., Hutton, B., Núñez-Beltrán, A., Page, M.J., Ridao, M., Macías Saint-Gerons, D., Catalá M.A., Tabarés-Seisdedos, R. & Moher, D. (2017). The pharmacological and non-pharmacological treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: a systematic review with network meta-analyses of randomised trials. *PLoS one*, *12*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180355>
- Cerrillo-Urbina, A.J., García-Hermoso, A., Martínez-Vizcaíno, V., Pardo-Guijarro, M.J., Ruiz-Hermosa, A., & Sánchez-López, M. (2018). Prevalence of probable attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms: result from a Spanish sample of children. *BMC pediatrics*, *18*(1), 111. <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1083-1>
- 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*. <https://doi.org/10.7554/eLife.51260>
- Cortese, S., Sabé, M., Chen, C., Perroud, N., & Solmi, M. (2022). Half a century of research on attention-deficit/hyperactivity disorder: A scientometric study. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *104*769. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104769>
- Dimitri, P., Joshi, K., & Jones, N. (2020). Moving more: physical activity and its positive effects on long term conditions in children and young people. *Archives of disease in childhood*, *105*(11), 1035-1040. <http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2019-318017>
- 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. *The Neuroscientist*, *25*(1), 65-85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- Farré, A. & Narbona, J. (2013). *EDAH. Escalas para la evaluación del trastorno por déficit de atención con hiperactividad* (séptima edición revisada). Madrid: TEA
- Harpin, V., Mazzone, L., Raynaud, J.P., Kahle, J., & Hodgkins, P. (2016). Long-term outcomes of ADHD: a systematic review of self-esteem and social function. *Journal of attention disorders*, *20*(4), 295-305. <https://doi.org/10.1177/1087054713486516>
- Hung, C.L., Chang, Y.K., Chan, Y.S., Shih, C.H., Huang, C.J., & Hung, T.M. (2013). Motor ability and inhibitory processes in children with ADHD: a neuroelectric study. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *35*(3), 322-328. <https://doi.org/10.1123/jsep.35.3.322>
- Janssen, A., Leahy, A.A., Diallo, T.M., Smith, J.J., Kennedy, S.G., Eather, N., Mavilidi, M.F., Wagemakers, A., Babic, M.J. & Lubans, D.R. (2020). Cardiorespiratory fitness, muscular fitness and mental health in older adolescents: a multi-level cross-sectional analysis. *Preventive medicine*, *132*. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.105985>
- Kapoor, V., Ferri, R., Stein, M.A., Ruth, C., Reed, J., & DelRosso, L.M. (2021). Restless sleep disorder in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *17*(4), 639-643. <https://doi.org/10.5664/jcs.m.8984>
- Lulic, T., El-Sayes, J., Fassett, H.J., & Nelson, A.J. (2017). Physical activity levels determine exercise-induced changes in brain excitability. *PLoS One*, *12*(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173672>
- Martínez-López, E.J., Hita-Contreras, F., Moral-García, J.E., Grao-Cruces, A., Ruiz, J.R., Redecillas-Peiró, M.T., & Martínez-Amat, A. (2015). Association of low weekly physical activity and sedentary lifestyle with self-perceived health, pain, and well-being in a Spanish teenage population. *Science & Sports*, *30*(6), 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.04.007>
- Meeusen, R., & De Meirleir, K. (1995). Exercise and brain neurotransmission. *Sports Medicine*, *20*(3), 160-188. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520030-00004>
- Ortega, F.B., Ruiz, J.R., Castillo, M.J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International journal of obesity*, *32*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Padulo, J., Bragazzi, N.L., De Giorgio, A., Grgantov, Z., Prato, S., & Ardigo, L.P. (2019). The effect of physical activity on cognitive performance in an Italian elementary school: Insights from a pilot study using structural equation modeling. *Frontiers in physiology*, *10*, 202. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00202>
- Polanczyk, G.V, Salum, G.A., Sugaya, L.S., Caye, A., & Rohde, L.A. (2015). Annual Research Review: A meta-analysis of the worldwide prevalence of mental disorders in children and adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *56*(3), 345-365. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12381>
- Ruiz-Ariza, A., Casuso, R.A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E.J. (2018). Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Computers & Education*, *116*, 49-63.

- <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.002>
Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N.E.M., & Martínez-López, E.J. (2015). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10(1), 108-133.
<https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1184699>
Ruiz, J.R., España, V., Castro, J., Artero, E.G., Ortega, F.B., Cuenca, M., Jiménez, D., Chillón, P., Girela, M.J., Mora, J., Gutiérrez, A., Suni, J., Sjöstrom, M. & Castillo, M.J. (2011). Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 26(6), 1210-1214.
- Santana, C.C.A., Azevedo, L.B., Cattuzzo, M.T., Hill, J.O., Andrade, L.P., & Prado, W.L. (2017). Physical fitness and academic performance in youth: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(6), 579-603.
<https://doi.org/10.1111/sms.12773>
- Sayal, K., Prasad, V., Daley, D., Ford, T., & Coghill, D. (2018). ADHD in children and young people: prevalence, care pathways, and service provision. *The Lancet Psychiatry*, 5(2), 175–186.
[https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(17\)30167-0](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(17)30167-0).
- Seisdedos, N. (2012). *Adaptación española D2, test de atención de Brickenkamp* (4ª Edición revisada). Madrid: TEA Ediciones.
- Silva, L. A. D., Doyenart, R., Henrique Salvan, P., Rodrigues, W., Felipe Lopes, J., Gomes, K., ... & Silveira, P. C. (2020). Swimming training improves mental health parameters, cognition and motor coordination in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *International journal of environmental health research*, 30(5), 584-592.
<https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1612041>
- Stillman, C.M., Esteban-Cornejo, I., Brown, B., Bender, C.M., & Erickson, K.I. (2020). Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends in neurosciences*, 43(7), 533-543.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.04.010>
- Suárez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M.J., & Martínez-López, E.J. (2018a). 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>
- Suárez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M.J., & Martínez-López, E.J. (2018b). Effect of monitored cooperative HIIT on attention, concentration, memory, linguistic reasoning and mathematical calculation in ADHD youth. *International Journal of Sport Psychology*, 49(6), 531-551.
- Sullivan, R.A., Kuzel, A.H., Vaandering, M.E., & Chen, W. (2017). The association of physical activity and academic behavior: a systematic review. *Journal of school health*, 87(5), 388-398.
<https://doi.org/10.1111/josh.12502>
- Tsai, Y.J., Huang, C.J., Hung, C.L., Kao, S.C., Lin, C.F., Hsieh, S.S., & Hung, T.M. (2020). Muscular fitness, motor competence, and processing speed in preschool children. *European Journal of Developmental Psychology*, 17(3), 415-431.
<https://doi.org/10.1080/17405629.2019.1661835>
- 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, 100379.
<https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100379>
- World Health Organization (2019). *International statistical classification of diseases and related health problems* (11th ed.). <https://icd.who.int/>
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: a systematic review. *BioMed research international*, 1, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2017/2760716>
- 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>