

Asociación de la resistencia cardiorrespiratoria con rendimiento académico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en escolares TDAH
Association of cardiorespiratory endurance with academic performance, concentration and hyperactive-attentive behaviour in ADHD schoolchildren

*Sara Suárez-Manzano, *Alba Rusillo-Magdalenó, **Teresa Martínez-Redecillas, *Alberto Ruiz-Ariza
*Universidad de Jaén (España) **Universidad de Granada (España)

Resumen. El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) y la Resistencia Cardiorrespiratoria (RC) se ha vuelto cada vez más relevante en el contexto educativo, ya que se ha descubierto que un nivel adecuado de RC está relacionado con una mayor capacidad de concentración, memoria y aprendizaje en general. Este estudio tiene como objetivo analizar la asociación del nivel de RC de escolares diagnosticados con TDAH con variables relacionadas con el comportamiento en el ámbito educativo. La muestra estaba formada por un total de 94 estudiantes diagnosticados TDAH (44 chicos, 47% y 50 chicas, 53%) de 6 a 12 años de edad (9.48 ± 2.10 años). Para medir la RC se empleó el test Course Navette. El cálculo matemático y el razonamiento lingüístico se evaluó mediante un test *ad hoc*, con el test d2 se midió la concentración y con la prueba EDAH el comportamiento hiperactivo-impulsivo en el contexto educativo. Para el análisis de datos se llevó a cabo una regresión lineal múltiple y un ANCOVA, en ambos se empleó la edad y el IMC como covariables. Los resultados mostraron que una mayor RC en chicos se asoció con un mejor razonamiento lingüístico ($p=.001$) y un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($p=.009$). Las chicas con un alto nivel de RC tenían un mayor razonamiento lingüístico que sus iguales con bajo nivel de RC ($p=.019$). Se concluye que, un mayor nivel de RC se asocia con un menor comportamiento hiperactivo-impulsivo en chicos TDAH y mayor rendimiento académico en ambos sexos, independientemente del IMC y edad de los escolares.

Palabras clave: aprendizaje, funciones ejecutivas, condición física, hiperactividad, estudiantes

Abstract. Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Cardiorespiratory Resistance (CR) has become increasingly relevant in the educational context, as it has been found that an adequate level of CR is related to a greater capacity for concentration, memory and learning in general. This study aims to analyse the association of CR level of schoolchildren diagnosed with ADHD with variables related to behaviour in the educational setting. The sample consisted of a total of 94 students diagnosed with ADHD (44 boys, 47% and 50 girls, 53%) aged 6 to 12 years (9.48 ± 2.10 years). The Course Navette test was used to measure CR. Mathematical calculation and linguistic reasoning were assessed with an *ad hoc* test, concentration was measured with the d2 test and hyperactive-impulsive behaviour in the educational context with the EDAH test. For data analysis, multiple linear regression and ANCOVA were performed, both using age and BMI as covariates. Results showed that higher CR in boys was associated with better linguistic reasoning ($p=.001$) and less hyperactive-attentive behaviour in the classroom ($p=.009$). Girls with a high CR level had better linguistic reasoning than their peers with a low CR level ($p=.019$). It is concluded that, a higher level of CR is associated with lower hyperactive-impulsive behaviour in ADHD boys and higher academic performance in both sexes, independently of BMI and age of the schoolchildren.

Keywords: learning, executive functions, physical fitness, hyperactivity, students

Fecha recepción: 06-08-23. Fecha de aceptación: 10-11-23

Alba Rusillo Magdaleno
arusillo@ujaen.es

Introducción

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno del neurodesarrollo que se caracteriza principalmente por la presencia de falta de atención, hiperactividad y/o impulsividad, según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V) (APA, 2013), que recoge la codificación, clasificación y diagnóstico de los trastornos mentales. Aproximadamente el 5% de los escolares españoles presentan este diagnóstico (Canals et al., 2021), existiendo una mayor prevalencia en chicos que en chicas (1:3) (Canals et al., 2021; Sayal et al., 2018). Con frecuencia, los escolares con este diagnóstico sufren deterioro de la comunicación social y limitaciones funcionales de la co-

municación eficaz, la participación social o los logros académicos y limitaciones en el desarrollo de las relaciones interpersonales, que le acompañan durante toda la infancia (APA, 2013; Thompson et al., 2020).

Para atender a las principales afecciones que presentan los escolares diagnosticados TDAH en el aula, como la dificultad de aprendizaje, trastornos de conducta y estado de ánimo, el tratamiento más frecuente es el farmacológico, con el suministro del Metilfenidato y derivados de las anfetaminas (Boland et al., 2020). Estos tratamientos son eficaces porque intervienen en la regulación y secreción de dopamina y noradrenalina, contrarrestando diversos síntomas del TDAH asociados a la insuficiente activación del sistema dopaminérgico (Fuster & Pardo, 2021).

La noradrenalina, también conocida como norepinefrina desempeña un rol fundamental en el sistema dopaminérgico. Regula las funciones cognitivas superiores, relacionando la inervación de la corteza prefrontal con el desempeño de tareas cognitivas (Coghill et al., 2019).

No obstante, con frecuencia estos fármacos conllevan efectos secundarios como la disminución del apetito, presentación de agitación o sensación de inquietud, aparición de palpitaciones e infecciones gastrointestinales (Kapoor et al., 2021), lo que causa en familias y especialistas inquietud y deriva en la necesidad de buscar complementos o alternativas que reduzcan estos efectos. Partiendo de la literatura científica que muestra el efecto beneficioso de la práctica de Actividad Física (AF) sobre la cognición y el comportamiento de escolares diagnosticados TDAH, se señala la AF como una opción viable para mejorar estos síntomas (Suarez-Manzano et al., 2018a).

En la última década, ha incrementado notablemente el número de estudios que asocian un adecuado nivel de condición física con un mejor nivel de salud (Castro-Sánchez et al., 2021; Martínez-López et al., 2021; Patiño-Palma & Apolinar-Joven, 2021; Ruiz et al., 2021), de cognición (entendida como la unión de rendimiento académico y cognitivo) y comportamiento en escolares sin diagnóstico TDAH (Álvarez-Bueno et al., 2020; Suárez-Manzano et al., 2023), siendo menos los trabajos realizados en población con diagnóstico TDAH (Castro-Cedeño et al., 2022; Suarez-Manzano et al., 2018a). Por este motivo, la mejora de la condición física por medio de la práctica de AF y en especial la Resistencia Cardiorrespiratoria (RC) adquiere cada vez más importancia en la etapa escolar.

El nivel de RC se asocia positivamente con la salud mental y el rendimiento cognitivo y académico (Lubans et al., 2016; Ortiz-Sánchez et al., 2023; Van Waelvelde et al., 2020). Un reciente estudio de corte transversal, en el que participó un total de 570 escolares españoles (51.7% chicas) de entre ocho y 11 años sin diagnóstico TDAH, reflejó una asociación positiva entre el nivel de RC y el rendimiento académico, debido a la mejora de las funciones ejecutivas (Visier-Alfonso et al., 2020). Así mismo, Lemes et al. (2021) en un estudio en el que participaron 1196 estudiantes de entre 10 y 14 años (49.3% chicas), hallaron que la aptitud y el nivel de fitness, mediaban directamente en el rendimiento cognitivo y el índice de vulnerabilidad escolar en preadolescentes.

La evidencia científica confirma que la práctica de AF produce mejoras en la RC, lo que influye a su vez sobre la neurogénesis, el metabolismo cerebral y las funciones cognitivas (Cárdenas-Vélez et al., 2023; El-Sayes et al., 2019).

Estas mejoras se producen por el desencadenamiento de una compleja secuencia de eventos fisiológicos relacionados con la liberación de neurotransmisores y hormonas, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (Pedersen et al., 2019), así como el aumento de la vascularización cerebral que propicia un mayor aporte de oxígeno y nutrientes, que dan lugar a una mayor plasticidad cerebral (El-Sayes et al., 2019). Sin embargo, es escasa la evidencia científica que analiza estas asociaciones en escolares con diagnóstico TDAH.

En base a lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio fue evaluar la asociación de la RC con variables relacionadas con el rendimiento académico como el cálculo matemático y razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, de escolares diagnosticados TDAH. La hipótesis inicial fue que una mejor RC se asociaba a mejores valores de cálculo matemático y razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula.

Método

Diseño y participantes

Se trata de un estudio transversal cuantitativo. Participaron 94 escolares (44 chicos, 47% y 50 chicas, 53%) de entre seis y 12 años (9.48 ± 2.1 años). Se presentó el proyecto a 20 centros escolares y se escogieron cuatro al azar, además participaron las tres asociaciones de Andalucía más cercanas al centro de investigación. 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 tres 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 del estudio. El nivel de estudios de la madre y meses de lactancia fueron superiores en chicas que en chicos ($p=.014$ y $p=.005$, respectivamente). No se encontraron diferencias significativas en el resto de variables (todo $p>.05$).

Criterios de inclusión

1) Tener un informe de diagnóstico TDAH previo, realizado por profesionales usando el manual de diagnóstico DSM-V (APA, 2013). 2) Aparecer registrado el diagnóstico en la plataforma educativa Séneca de la Junta de Andalucía. 3) No tener asociadas otras comorbilidades.

Tabla 1.
Características de los participantes. Los valores se presentan como media y desviación típica o porcentaje

Variable	Total (n= 94)		Chicos (n= 40)		Chicas (n=50)		p
	Media	DT (%)	Media	DT (%)	Media	DT (%)	
Sexo				47%		53%	
Edad (años)	9.48	2.10	9.39	2.14	9.56	2.08	.954
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	17.34	2.62	17.19	2.97	17.47	2.29	.193
Estudios de la madre	Primaria	11%		6%		16%	.005

	Secundaria	21%		22%		20%		
	Universidad	68%		72%		64%		
Fue lactante	Sí	68%		61%		74%	.014	
	No	32%		39%		26%		
Capacidad Cardiorrespiratoria		2.44	1.70	2.43	1.20	2.46	2.05	.206
Cálculo matemático		9.80	5.13	8.77	5.21	10.70	5.24	
Razonamiento lingüístico		11.30	5.80	10.77	6.04	11.76	5.59	.642
Concentración		47.86	31.80	47.34	34.65	48.32	29.43	.080
Comportamiento en el aula		82.28	14.01	82.70	15.90	81.90	12.26	.162

Nota: DT = Desviación Típica, u.a. = unidades arbitrarias.

Medidas

Variables independientes

Resistencia cardiorrespiratoria

Para medir la RC se utilizó el test *Course Navette* de la batería ALPHA-Fitness (Ruiz et al., 2011). Para su realización, se marcaron dos líneas en el suelo, separadas entre sí 20 metros. El alumnado debía recorrer en carreras de ida y vuelta la distancia, siguiendo el ritmo marcado por señales acústicas que iban aumentando su frecuencia. Durante la prueba, el audio marcaba los periodos completos y este valor fue el considerado para el estudio (Lèger et al., 1988).

Variables dependientes

Cálculo matemático y razonamiento lingüístico

Tanto el cálculo matemático, como el razonamiento lingüístico fueron evaluados mediante tests *ad hoc*. Para el primer caso, el alumnado dispuso de un documento con dos columnas de operaciones matemáticas con la tarea de resolver la mayor cantidad posible en un minuto. Esta prueba tiene una fiabilidad test-retest (48 horas, n= 21) de 0.887 (Ruiz-Ariza et al., 2018). La prueba de razonamiento lingüístico evaluó la velocidad de lectura y la comprensión semántica. La planilla de evaluación estaba compuesta de cuatro columnas de palabras y siguiendo la lectura horizontal de las mismas, tres pertenecían a la misma familia semántica y una no (por ejemplo; coche, perro, moto, camión). Igual que en la anterior, disponían de un minuto para marcar el mayor número de palabras intrusas. Esta prueba muestra una fiabilidad test-retest (48 horas, n = 21) de 0.841 (Ruiz-Ariza et al., 2018).

Concentración

Para la evaluación de la concentración se empleó el test d2, versión española (Seisdedos, 2012). El cuadernillo de evaluación está compuesto por un total de 658 grafías, estructuradas en 14 líneas, cada línea tiene 47 letras. Las letras empleadas son "d" y "p". La consigna que se le dio fue que debían marcar las grafías "d" acompañadas de dos comas y éstas podían estar colocadas debajo o encima, o tener una abajo y otra encima de la grafía "d". La duración total fue de 280 segundos (aproximadamente cinco minutos), destinando por cada línea 20 segundos. La Concentración se obtuvo empleando la ecuación: [Aciertos totales - Errores totales por comisión]. La fiabilidad del test-retest (48 h, n= 21) es de > 0.90 (Seisdedos, 2012).

Comportamiento

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 está formado por 20 ítems, permite valorar objetivamente el comportamiento de escolares y es completado por el docente-tutor o tutora del participante. 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-V (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.

Variables de confusión controladas

Índice de masa corporal (IMC)

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 / m².

Procedimiento

En primer lugar, se contactó con los centros participantes, el personal y familiares de los participantes en el estudio, para poder obtener todos los permisos y autorizaciones. Se creó un calendario de actuación y se hicieron llegar las citaciones para acudir a las pruebas. Las pruebas se hicieron en horario 10-12h, siempre que se pudo en los centros escolares de referencia y en caso de no poder acceder el equipo de investigación al centro educativo (participantes captados desde las asociaciones) se realizaron en el centro más cercano o en la Universidad. Las indicaciones para el día de la evaluación fueron: evitar ingesta de comida una hora previa, evitar practicar AF al menos 24 horas antes y no modificar la medicación. La prueba de RC se realizó en grupos de 10 participantes aproximadamente. El cuestionario sociodemográfico y las pruebas para evaluar cálculo matemático, razonamiento lingüístico y concentración, se realizaron individualmente. El cuestionario de comportamiento fue entregado por el docente-tutor o tutora del participante, en un sobre cerrado para asegurar el anonimato.

Análisis estadístico

Para analizar los datos se empleó el paquete estadístico SPSS versión 23.0 para Windows y el nivel de significancia fue establecido en $p < .05$. Para la comparación de las medidas antropométricas y otras variables sociodemográficas, así

como las medidas de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, se empleó la prueba *t de Student* para muestras independientes, dividiendo la base de datos atendiendo al sexo de los participantes. Se analizó la asociación entre RC y cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, mediante análisis de regresión lineal. También se realizó un ANCOVA para estudiar si los escolares con baja RC o alta RC tenían mayor o menor nivel de cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, en el centro escolar. La medida de corte para determinar un bajo/alto nivel de RC fue la mediana de los registros obtenidos por los participantes del estudio en función de su edad y sexo. Para ello se introdujo como factor fijo cada variable dependiente, y como covariables el sexo e IMC. Todos los análisis se realizaron por separado para chicas y chicos, y se ajustaron por edad e IMC, ya que en investigaciones previas se observaron

diferencias por sexo en la RC de los escolares (Rusillo-Magdalenó et al., 2023).

Resultados

Asociación de la Resistencia Cardiovascular (Course Navette) con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula

Los resultados de asociación se presentan en la Tabla 2. Los chicos diagnosticados TDAH que presentaban mayor RC, mostraban un mejor razonamiento lingüístico ($\beta = 0.298$; error estándar; EE= 0.597; $p = .016$) y un menor comportamiento hiperactivo-desatento en el aula ($\beta = -0.344$; error estándar; EE= 2.121; $p = .038$). No se hallaron asociaciones significativas en el resto de variables (todas $p > .05$).

Tabla 2.

Asociación de la RC con cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, en escolares diagnosticados TDAH. Ajustado por edad e IMC. Resultados diferenciados por sexo

	Chicos (n= 44)			Chicas (n= 50)		
	β	EE	<i>p</i>	β	EE	<i>p</i>
Cálculo Matemático						
Edad (años)	0.413	0.378	.012	0.365	0.349	.012
IMC	-0.087	0.259	.566	0.181	0.326	.213
Resistencia (min)	-0.210	0.668	.186	0.005	0.353	.973
Razonamiento Lingüístico						
Edad (años)	0.558	0.338	<.001	0.651	0.314	<.001
IMC	-0.013	0.232	.911	-0.016	0.293	.895
Resistencia (min)	0.298	0.597	.016*	0.082	0.317	.487
Concentración						
Edad (años)	0.413	2.278	.005	0.246	2.087	.102
IMC	0.315	1.565	.024	0.092	1.947	.547
Resistencia (min)	-0.004	4.030	.977	0.146	2.109	.327
Comportamiento						
Edad (años)	0.164	1.199	.316	-0.099	0.880	.511
IMC	-0.044	0.823	.775	-0.250	0.821	.109
Resistencia (min)	-0.344	2.121	.038*	-0.075	0.889	.619

Nota: β = Valor de la beta no estandarizada, EE= error estándar, IMC = índice de masa corporal (kg/m²). * $p < .05$.

La Figura 1 muestra la asociación entre bajo vs. alto nivel de RC (dicotomizado siguiendo el punto de corte de la mediana = 2), con el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula. El análisis de razonamiento lingüístico presentó resultados significativos, donde las chicas con un alto nivel de RC mostraron valores más altos que aquellas que tenían un bajo nivel de RC (14.71 ± 5.45 vs. 9.04 ± 4.22 u.a., respectivamente, $p = .014$).

Discusión

El objetivo del presente trabajo de investigación fue analizar la posible asociación entre la RC y el cálculo matemático, razonamiento lingüístico, concentración y comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, en escolares diagnosticados TDAH. Los resultados mostraron que en chicos existe una asociación negativa entre el nivel de RC y el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula, mostrando

un comportamiento más calmado y atento aquellos que tenían mayor RC. Igualmente, se observó una asociación positiva entre el nivel de RC y el razonamiento lingüístico, manifestando mayor razonamiento lingüístico los chicos que tenían mayor RC. En chicas, aquellas que presentaban una alta RC tenían mayor nivel de razonamiento lingüístico que las que presentaban un bajo RC.

En la actualidad, son escasas las investigaciones de diseño transversal que analicen la asociación entre la RC y las variables estudiadas en este trabajo en jóvenes diagnosticados TDAH, o han sido realizadas con una muestra poco representativa. Sin embargo, los hallazgos obtenidos en población sin diagnóstico TDAH son numerosos y en buena medida transferibles.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los hallados en trabajos previos que han analizado la relación entre el nivel de condición física y el rendimiento académico en escolares sin diagnóstico TDAH (Lubans et al., 2016; Ortiz-Sánchez et al., 2023; Van Waelvelde et al.,

2020). Van Waelvelde et al. (2020), observaron en sus investigaciones una asociación positiva entre el nivel de RC y la cognición en escolares. Así mismo, Mezcua-Hidalgo et al. (2020) en un estudio transversal en adolescentes, encontraron mejoras significativas en memoria, cálculo y velocidad de razonamiento lingüístico y creatividad debido a la mejora de la RC.

De igual modo, en escolares TDAH, Muntaner-Mas et al. (2021) mostraron en su reciente trabajo que, el alumnado estonio que participó en el proyecto *European Youth Heart Study* y presentaba una baja RC durante la infancia, tras seis años, en la etapa de adolescencia, presentó más síntomas TDAH, como agresividad, dificultad de concentración e inquietud motora.

En el presente estudio no se obtuvieron resultados significativos en la asociación entre RC y concentración. Resultados coincidentes con los arrojados por Martínez-López et al. (2019) quienes, tras analizar la asociación entre el nivel de RC y concentración, en una población de 2272 escolares sin diagnóstico TDAH, no hallaron resultados significativos en la asociación RC-concentración. Resultados contrarios a los hallados por Domínguez-González et al. (2018) que al analizar las relaciones entre las medidas de condición física y las de atención y concentración, obtuvieron resultados significativos en la asociación entre la concentración y el nivel de RC, en base a los valores máximos de oxígeno.

Este estudio muestra asociación significativa entre el nivel de RC y el comportamiento hiperactivo-desatento en el aula en chicos. Soori et al. (2020) en escolares diagnosticados TDAH observaron que tras un programa de HIIT aeróbico, que consistía en carreras de 20 metros, con descansos de 20-30 segundos (al $> 85\%$ de la frecuencia cardiaca máxima) de seis semanas de duración (3 sesiones/semana, 25-30 minutos/sesión), se obtuvieron mejoras significativas en comportamiento (*Conners' Parent Rating Scale*) y reducción significativa de los niveles de interleucina-13. De acuerdo a los resultados presentados en el estudio de diseño longitudinal de Benzing & Schmidt (2019) en el que participaron 51 escolares diagnosticados TDAH (8-12 años), donde tras realizar tres sesiones a la semana de 30 minutos de exergame a intensidad moderada se observó una mejora en el tiempo de inhibición y por tanto, una mejora significativa en el comportamiento hiperactivo-desatento dentro del aula.

De acuerdo con esto, García-Pérez et al. (2021) expusieron que, a través de las clases de Educación Física, el nivel de involucración directa en la práctica de AF del alumnado TDAH condujo a un impacto positivo en el comportamiento en el aula, pudiendo incluso sustituir al tratamiento farmacológico. Sin embargo, los trabajos expuestos no estudiaron las posibles diferencias en cuanto al sexo de la muestra.

Estos hallazgos podrían deberse a las mejoras del funcionamiento y estructura cerebral a las que se asocia una mejor RC (McGee & Hargreaves, 2020; Pedersen et al., 2019). Considerando que para mejorar la capacidad de RC es necesario la práctica de AF, la cual aumenta la disponibilidad

de oxígeno, nutrientes y glucosa en el cerebro, debido a la liberación de neurotransmisores y aumento de la calidad y cantidad del flujo sanguíneo (Stillman et al., 2020). La práctica de AF evidencia una mayor activación del sistema dopaminérgico, el cual está estrechamente ligado con la mejora de las tareas cognitivas y por ende el rendimiento cognitivo (Chaddock-Heyman et al., 2020). En niños TDAH, la disminución del comportamiento hiperactivo-desatento en el aula y el control de los impulsos es debido a la mejora de los niveles de las funciones ejecutivas (Chakroun et al., 2020)

Los estudios que comparan sus resultados respecto al sexo son escasos y, por tanto, no se pueden comparar directamente con los obtenidos en la presente investigación. Lee et al., (2015) proponen fomentar estudios que diferencien los resultados entre chicos y chicas, en base al deterioro académico y social que afecta significativamente a las niñas diagnosticadas TDAH.

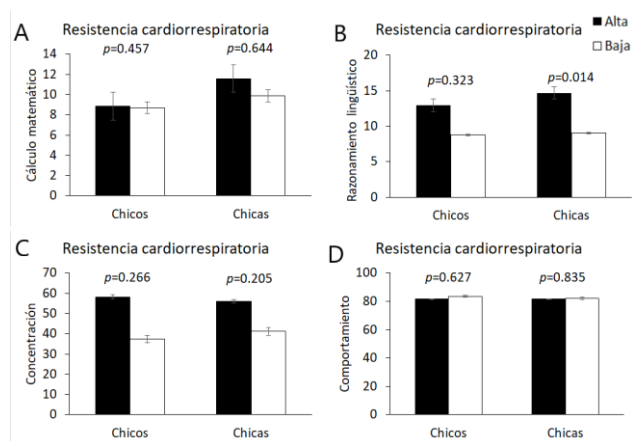


Figura 1. Asociación de la baja/alta resistencia cardiorrespiratoria con cálculo matemático (A) y razonamiento lingüístico (B), concentración (C) y comportamiento hiperactivo-desatento (D), en chicos y chicas diagnosticados TDAH.

Fortalezas y Limitaciones del estudio y futuras investigaciones

Somos conscientes de que en este trabajo existen limitaciones como la elección de la mediana como punto de corte para el nivel de RC, ya que el corte en la población de estudio en general podría variar. Así como el escaso número de estudios realizados en escolares con dificultades de aprendizaje que limita en gran medida la comparación directa de nuestros resultados. A pesar de lo anterior, el presente trabajo incluye datos de un alto número de participantes en comparación con estudios previos, en los análisis se han incluido dos de las principales covariables que mediatizan la condición física en esta etapa: la edad y el IMC, así como la distinción de los resultados por sexo. Son escasas las investigaciones que analicen el rol de la RC en las variables estudiadas en jóvenes diagnosticados TDAH, por lo que el este estudio puede ser considerado referente para futuros trabajos ya que, por ahora, no es posible una comparación directa de nuestros resultados.

Conclusiones y Aplicaciones prácticas

Se concluye que en chicos diagnosticados TDAH un mayor nivel de RC presentan mayor razonamiento lingüístico y menor comportamiento hiperactivo-impulsivo en el aula independientemente de su edad e IMC. A su vez, las chicas con un alto nivel de RC muestran mayor razonamiento lingüístico. Se sugiere potenciar programas de ejercicio físico dirigidos a la mejora de esta capacidad física desde los centros escolares, instituciones locales y agrupaciones deportivas. Para obtener mejoras significativas, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de escolares diagnosticados TDAH, se propone una práctica habitual, de al menos 3 días/semana, durante al menos 12 semanas, de AF dirigida a la mejora de la RC.

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-B]. También se recibió apoyo del Programa de Formación del 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

- Álvarez-Bueno, C., Hillman, C.H., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pozuelo-Carrascosa, D.P. & Martínez-Vizcaíno, 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 (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5 ®)*. American Psychiatric Pub.
- Benzing, V. & Schmidt, M. (2019). The effect of exergaming on executive functions in children with ADHD: A randomized clinical trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(8), 1243-1253. <https://doi.org/10.1111/sms.13446>
- Boland, H., DiSalvo, M., Fried, R., Woodworth, K.Y., Wilens, T., Faraone, S.V. & Biederman, J. (2020). A literature review and meta-analysis on the effects of ADHD medications on functional outcomes. *Journal of Psychiatric Research*, 123(1), 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.01.006>
- Canals, S.J., Morales, H.P., Roigé, C.J., Voltas, M.N. & Hernandez, M.C. (2021). 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>
- Cárdenas-Vélez, D., Alarcón-López, F. & Torre-Ramos, E. (2023). Beneficios cognitivos y emocionales de la actividad física en escolares. *La promoción de la actividad física en la sociedad contemporánea: orientaciones para la práctica profesional*, 1(1), 39.
- Castro-Cedeño, V., Moreira-Arteaga, E., Alcívar-Intriago, M. & Vera-Ormaza, B. (2022). La actividad física como optimización en la calidad de vida de jóvenes con trastornos de atención. *Digital Publisher CEIT*, 7(1), 393-406. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.1-1.936>
- Castro-Sánchez, M., Vico-Cobos, A., Rojas-Jiménez, M., García-Mármol, E. & Chacón-Cuberos, R. (2021). Autoevaluación de la condición física y la salud según factores sociodemográficos en adolescentes de Granada (España). *Journal of Sport and Health Research*, 13(1), 10.
- Chaddock-Heyman, L., Weng, T.B., Kienzler, C., Weissshappel, R., Drollette, E.S., Raine, L.B., Westfall, D.R., Kao, S.C., Baniqued, P., Castelli, D. M., Hillman, C.H. & Kramer, A. F. (2020). Brain network modularity predicts improvements in cognitive and scholastic performance in children involved in a physical activity intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14(1), 346. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00346>
- 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(1), e51260. <https://doi.org/10.7554/eLife.51260>
- Coghill, D., Chen, W. & Silva, D. (2019). Organización e indicaciones del tratamiento para el TDAH. *TDAH*, 93(1).
- Domínguez-González, F., Moral-Campillo, L., Reigal, R.E. & Hernández-Mendo, A. (2018). Condición física y atención selectiva en una muestra preadolescente. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 18(2), 33-42.
- 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.
- Fuster, E. & Pardo, M. (2021). Tratamiento farmacológico del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). *Actualidad en farmacología y terapéutica*, 19(3), 178-181.
- Gapin, J.I. & Etnier, J.L. (2014). Parental perceptions of the effects of exercise on behavior in children and adolescents with ADHD. *Journal of sport and Health science*, 3(4), 320-325.
- García-Pérez, L., Molina-Sánchez, F.J. & Martínez-Domingo, J.A. (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. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4141074>
- 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/jcsm.8984>
- Lee, S. K., Lee, C. M. & Park, J. H. (2015). Effects of combined exercise on physical fitness and neurotransmitters in children with ADHD: a pilot randomized controlled study. *Journal of physical therapy science*, 27(9), 2915-2919.
- Lèger, L.A., Mercier, D., Gadoury, C. & Lambert J. (1988). The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(1), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Lemes, V., Gaya, A.R., Sadarangani, K.P., Aguilar-Farias, N., Rodriguez-Rodriguez, F., de Lucena, C.M., Fochesatto, C. & Cristi-Montero, C. (2021). Physical Fitness Plays a Crucial Mediator Role in Relationships Among Personal, Social, and Lifestyle Factors With Adolescents' Cognitive Performance in a Structural Equation Model. The Cogni-Action Project. *Frontiers in pediatrics*, 9(1), 656916. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.656916>
- Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., Kelly, P., Smith, J., Raine, L. & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth: a systematic review of mechanisms. *Pediatrics*, 138(3). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1642>
- Martínez-López, E. J., Grao-Cruces, A., De la Torre-Cruz, M. J., & Ruiz-Ariza, A. (2019). Associations between physical fitness and academic performance in teenagers. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 41(1), 63-75.
- 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>
- McGee, S.L. & Hargreaves, M. (2020). Exercise adaptations: molecular mechanisms and potential targets for therapeutic benefit. *Nature Reviews Endocrinology*, 16(9), 495-505.
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Brandão de Loureiro, V. & Martínez-López, E. J. (2020). Capacidades físicas y su relación con la memoria, cálculo matemático, razonamiento lingüístico y creatividad en adolescentes. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 37(1), 473-479.
- Muntaner-Mas, A., Ortega, F.B., Femia, P., Kiive, E., Eensoo, D., Mäestu, J., Franke, B., Reif, A., Faraone, S.V. & Harro, J. (2021). Low cardiorespiratory fitness and obesity for ADHD in childhood and adolescence: A 6-year cohort study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(4), 903-913. <https://doi.org/10.1111/sms.13905>
- Ortiz-Sánchez, J. A., Pozo-Cruz, J. D., Álvarez-Barbosa, F. & Alfonso-Rosa, R. M. (2023). Análisis longitudinal de composición corporal, función física y rendimiento académico en niños/as. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 1(47), 268-274.
- Patiño-Palma, B.E. & Apolinar-Joven, L.Y. (2021). Nivel de escolaridad en padres y condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Fisioterapia*, 43(2), 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2020.09.002>
- Pedersen, B.K. (2019). Physical activity and muscle-brain crosstalk. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(7), 383-392. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0174-x>
- Ruiz, E.J., Sánchez, I.A., Rincon, A.D., Sánchez, N.D., Mendoza, D. & Lozano, S. (2021). Niveles de actividad física en adolescentes de Colombia. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10(3), 78-98. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2021.v10i3.12533>
- Ruiz, J.R., Castro-Pinero, J., Espana-Romero, V., Artero, E.G., Ortega, F.B., Cuenca, M.M., Jimenez-Pavón, D., Chillón, P., Girela-Rejón, M.J., Mora, J., Gutiérrez, J., Suni, J., Sjöström, M. & Castillo, M.J. (2011). Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 518-524. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2010.075341>
- 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(1), 49-63. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.002>
- Rusillo-Magdaleno, A., Suárez-Manzano, S., Solas-Martínez, J.L. & Ruiz-Ariza, A. (2023). Asociación de un bajo nivel de condición física con el exceso de peso en adolescentes. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 1(47), 729-737.
- 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)
- Seisedos, N. (2012). Adaptación española D2, test de atención de Brickenkamp (4ª Edición revisada). Madrid: TEA Ediciones
- 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>
- 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>
- Suarez-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(1), 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. <https://doi.org/10.7352/IJSP.2018.49.531>
- Suárez-Manzano, S., Rusillo-Magdaleno, A., Solas-Martínez, J. L., & Loureiro, V. (2023). Asociación de la fuerza muscular con atención, comportamiento hiperactivo-desatento, cálculo matemático y razonamiento lingüístico en escolares diagnosticados TDAH. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 1(47), 753-760.
- Thompson, M., Wilkinson, L. & Woo, H. (2020). Social characteristics as predictors of ADHD labeling across the life course. *Society and Mental Health*, 11(2),91-112. <https://doi.org/10.1177/2156869320916535>
- Van Waelvelde, H., Vanden Wyngaert, K., Mariën, T., Baeyens,

- D. & Calders, P. (2020). The relation between children's aerobic fitness and executive functions: A systematic review. *Infant and Child Development*, 29(3), e2163. <https://doi.org/10.1002/icd.2163>
- Visier-Alfonso, M.E., Sánchez-López, M., Martínez-Vizcaíno, V., Jiménez-López, E., Redondo-Tébar, A. & Nieto-López, M. (2020). Executive functions mediate the relationship between cardiorespiratory fitness and academic achievement in Spanish schoolchildren aged 8 to 11 years. *PloS one*, 15(4), e0231246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231246>
- 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>
- 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>