



Mecanismos neurofisiológicos que median la relación entre la actividad física y el desempeño cognitivo en jóvenes: una revisión sistemática

Neurophysiological mechanisms that mediate the relationship between physical activity and cognitive performance in young people: a systematic review

Autores

Jaime Alvarado-Melo ¹⁻²
Henry León-Ariza ¹
Angela Figueroa-Palacios ²⁻³
Andrés Rosa-Guillamon ⁴
Eliseo García-Canto ⁴

¹ Universidad de La Sabana,
Colombia

² Universidad Libre, Colombia

³ Escuela Militar de Cadetes
General José María Córdova,
Bogotá, Colombia

⁴ Universidad de Murcia, España

Autor de correspondencia:
Jaime Eduardo Alvarado-Melo
Jaimealvme@unisabana.edu.co

Recibido: 22-12-25

Aceptado: 29-01-26

Cómo citar en APA

Alvarado Melo, J., León Ariza, H., Figueroa Palacios, A., Rosa Guillamon, A., & García Canto, E. (2026). Mecanismos neurofisiológicos que median la relación entre la actividad física y el desempeño cognitivo en jóvenes: una revisión sistemática. *Retos*, 77, 458-474. <https://doi.org/10.47197/retos.v77.118422>

Resumen

Introducción: Pese a que últimamente la evidencia científica vincula muy fuertemente la práctica de actividad física con la mejora de indicadores cognitivos en niños aún existe una "caja negra" sobre los mecanismos neurofisiológicos que subyacen esta relación.

Objetivo: Ofrecer una visión integral sobre la evidencia reciente de mecanismos neurofisiológicos y estructurales que median la relación entre la práctica de actividad física y los indicadores cognitivos en población de 6 a 18 años.

Método: Se realizó la búsqueda de artículos publicados entre 2017 y marzo del 2025 en las bases de datos Scopus, WOS, PubMed y ERIC. Tras un cribado ciego por pares gestionado en Rayyan y siguiendo las recomendaciones PRISMA y la aplicación de criterios específicos, se incluyeron 26 estudios de alta calidad metodológica.

Resultados: Se clasifican en tres vías interconectadas. 1. Molecular: El BDNF periférico presenta respuestas heterogéneas y parece depender de intensidades y perfiles genéticos específicos. 2. Funcional: La actividad física vigorosa y coordinativa mejoran la oxigenación prefrontal y hace que las señales del cerebro (P300) sean más eficientes, facilitando el control inhibitorio. 3. Estructural: Se destaca efecto restaurador en niños con sobrepeso, a quienes el ejercicio muestra remodelación de materia blanca afectada por inflamación derivada del sobrepeso.

Conclusiones: El fortalecimiento de indicadores cognitivos no responde a un solo mecanismo, sino a una serie de adaptaciones neurofisiológicas, eficiencia de redes y cambios morfológicos. Esto sugiere un cambio de paradigma en la prescripción de ejercicio personalizado, donde la demanda cognitiva y la individualidad sean determinantes de las respuestas neurofisiológicas.

Palabras clave

Actividad física; biomarcadores; desempeño cognitivo; jóvenes; neurofisiología.

Abstract

Introduction: While recent scientific evidence has established a robust link between physical activity and cognitive indicators in children, the specific neurophysiological mechanisms underlying this relationship remain a "black box."

Objective: To provide a comprehensive overview of recent evidence regarding the neurophysiological and structural mechanisms mediating the relationship between physical activity practice and cognitive indicators in youths aged 6 to 18.

Method: A systematic search of articles published between 2017, and March 2025 was conducted in Scopus, WOS, PubMed, and ERIC databases. Following PRISMA guidelines, and after a blinded peer screening process managed via Rayyan, 26 studies of high methodological quality were included.

Results: Findings are categorized into three interconnected pathways: 1) Molecular: Peripheral BDNF exhibits heterogeneous responses, appearing to be dependent on specific exercise intensities and genetic profiles. 2) Functional: Vigorous and coordinative PA enhances prefrontal oxygenation and neural signal efficiency (P300), thereby facilitating inhibitory control. 3) Structural: A restorative effect is notably observed in children with overweight/obesity, where exercise promotes the remodeling of white matter integrity previously compromised by adiposity-related inflammation.

Conclusions: The enhancement of cognitive indicators is not driven by a single mechanism, but by a synergistic interplay of neurophysiological adaptations, network efficiency, and morphological changes. These findings suggest a change in thinking towards personalized PA prescription, where cognitive demand and individual variability are key determinants of neurophysiological responses.

Keywords

Physical activity; biomarkers; cognitive performance; youth; neurophysiology.

Introducción

El efecto de la actividad física (AF) sobre los indicadores cognitivos (IC) en niños y adolescentes se ha consolidado como una de las áreas de mayor interés científico para investigadores en el campo de la neurociencia y las ciencias de la educación (Erickson et al., 2019). Existe actualmente un gran número de publicaciones que fundamentan con evidencia empírica la incidencia de la AF no solo en la salud física, sino también en su relación positiva con la función cerebral, la función cognitiva y el rendimiento académico de los escolares (Láinez Villao et al., 2025; Singh et al., 2025).

Estudios recientes, evidencian que la práctica de AF y especialmente, el ejercicio de resistencia aeróbica presenta mayores efectos sobre indicadores cognitivos claves como la atención, la memoria de trabajo (MT), la función ejecutiva (FE), la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (CI) (Liu et al., 2025; Vásquez et al., 2025). De igual forma, se ha podido identificar que los niños con mejor condición física presentan un mejor desempeño relacionado con los IC (Aguayo et al., 2022; García Cantó et al., 2021) y que los beneficios de la práctica de AF se presentan independientemente de la frecuencia, la duración y la intensidad, incluso con pausas activas (Pizá-Mir et al., 2022; Singh et al., 2025).

En esta área, la literatura científica ha establecido consistentemente la incidencia positiva de la AF sobre los indicadores cognitivos y las funciones ejecutivas, siendo estas, un conjunto de habilidades muy importantes para el rendimiento académico. Alvarado-Melo et al. (2024) en su revisión sistemática señalan que la práctica de AF muestra una relación positiva con la atención y especialmente con la atención selectiva, así mismo, también se identificó que la práctica de AF presenta mayor efecto cuando se involucran actividades que contengan mayor carga cognitiva (Tri Kaloka et al., 2024).

Trabajos investigativos como los publicados por Pulido & Ramírez (2020) y Erickson et al. (2015) sugieren que estos efectos se producen por la capacidad que tiene la AF de generar cambios a nivel fisiológico y estructural del cerebro, optimizando las redes neuronales, fundamentales para los procesos de aprendizaje. A pesar de la sólida evidencia empírica existente en la literatura científica sobre este vínculo, persisten vacíos en la comprensión de los mecanismos neurofisiológicos que median la relación de la práctica de AF y los indicadores cognitivos debido a la heterogeneidad de la información y la falta de síntesis integradora.

La práctica de ejercicio y actividad física son un buen ejemplo de cómo el cerebro, especialmente el de los niños se “reorganiza” estructural y funcionalmente mediante un proceso conocido como plasticidad neuronal; ahora se sabe que para que este proceso suceda, se requiere de mediadores moleculares que actúan como factores de crecimiento, siendo principalmente reconocido el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), quién además de producirse en el cerebro, también se produce en órganos como el músculo esquelético (Esvald et al., 2023).

Por otro lado, los cambios estructurales pueden analizarse de manera indirecta evaluando la actividad eléctrica cerebral en áreas específicas de la corteza, o por la presencia de ondas de aparición tardía como P300, que aparecen aproximadamente 300ms después de un estímulo en actividades de atención, memoria o toma de decisiones (Amin et al., 2015), Por último, están los cambios estructurales que mediante técnicas de imagen diagnóstica no invasiva como la resonancia magnética funcional (fMRI) evalúan la actividad cerebral analizando el flujo sanguíneo (Uji & Tamaki, 2023) o mediante la espectroscopia funcional de luz infrarroja cercana, técnica conocida como (fNIRS) que permite evaluar la saturación de oxígeno cerebral en tiempo real (Wang et al., 2016).

En atención a lo anterior, la presente revisión sistemática pretende sintetizar y analizar críticamente la evidencia existente entre la práctica de actividad física y su relación con los mecanismos neurofisiológicos que median los indicadores cognitivos y el rendimiento académico (RA) en escolares de 6 a 18 años.

Luego de la realización de los procesos sugeridos por la metodología PRISMA (Page et al., 2021) sobre la búsqueda y selección de registros en las bases de datos, la aplicación de criterios de inclusión y exclusión y lectura a profundidad por parte de dos investigadores (JAM) y (AFP), se seleccionaron 26 artículos que describen diversidad de enfoques metodológicos y mecanismos investigativos que serán analizados a profundidad para poder entregar un mapeo del estado actual de la temática estudiada.

Con el fin de responder al objetivo de esta revisión, se ha organizado la información en tres grupos temáticos principales: 1. Los mecanismos bioquímicos y neurotróficos, sustancias químicas mensajeras



que viajan por el torrente sanguíneo. 2. Mecanismos de activación y eficiencia neuronal a partir de la función electrofisiológica de áreas específicas del cerebro y la comunicación de neuronas, y 3. Mecanismos estructurales y sistémicos que buscan identificar los cambios morfológicos en las estructuras del cerebro.

Método

Diseño del estudio

La presente revisión sistemática se realizó siguiendo las recomendaciones planteadas en la guía PRISMA (Page et al., 2021) y la estrategia PICO (Oviedo & Soria Viteri, 2015). Posteriormente, la revisión fue registrada en la plataforma internacional PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) de la Universidad de York, con el código 2025.CRD420251118326.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda de registros se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science (WoS) y ERIC. Se escogieron estas bases de datos principalmente por su cobertura en temas relacionados con la educación, las neurociencias, las ciencias del ejercicio y por recopilar documentos que han pasado por proceso cegado de revisión por pares.

La búsqueda se realizó en el primer trimestre del 2025 y se limitó a la selección de artículos publicados entre enero del 2017 y marzo del 2025. Se filtraron documentos de texto completo en idioma inglés o español con la siguiente ecuación de búsqueda: ("physical activity" OR exercise) AND (brain OR neural OR neuro* OR "cognitive function" OR BDNF OR "myokines" OR "exerkines" OR "exercise factors") AND ("academic performance" OR "academic achievement") AND (student* OR child*)

Selección de estudios

Para la selección de estudios se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión (tabla 1).

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

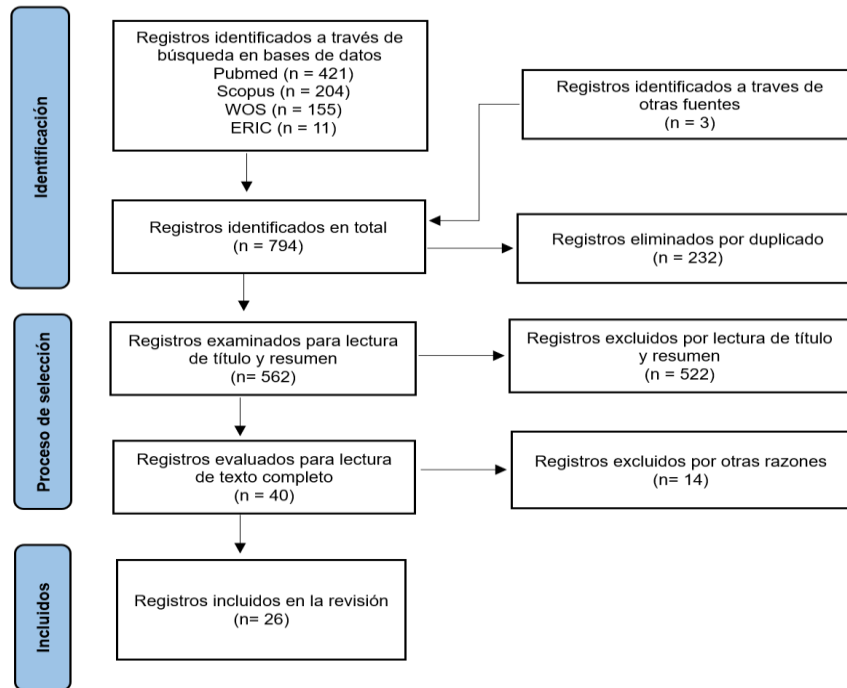
N.º Criterios de inclusión	
1.	Artículos originales con diseños experimental, cuasiexperimental o transversal
2.	Documentos en idioma inglés o español
3.	Población de estudio entre los 6 y los 18 años
4.	Intervención o exposición a prácticas de actividad física, ejercicio o deportes
5.	Reporte de toma o medición de mecanismos neurofisiológicos
6.	Reporte o evaluación de variables de Indicadores cognitivos (IC)
Criterios de Exclusión	
1.	Revisiones, metaanálisis, editoriales, estudios de caso o resúmenes de congresos
2.	Estudios que presenten población clínica o con necesidades educativas especiales
3.	Artículos que no estudien variables neurofisiológicas o de indicadores cognitivos
4.	Estudios que no estuviesen entre las fechas o los idiomas delimitados

Una vez los metadatos fueron extraídos de las bases de datos consultadas, se cargaron al software de gestión para la revisión y selección de literatura Rayyan (Ouzzani et al., 2016) y se procedió a la eliminación de documentos duplicados.

Posteriormente, el proceso de cribado se dividió en dos fases donde dos investigadores (JAM) y (AFP) realizaron de forma independiente la lectura en modo ciego del título, resumen y palabras clave de los artículos, para evaluar su elegibilidad preliminar y asegurar la independencia de la evaluación.

Para la segunda fase, los documentos potencialmente elegibles fueron leídos nuevamente a texto completo por los dos revisores aplicando los criterios de inclusión y exclusión anteriormente descritos. En caso de alguna discrepancia, se resolvió mediante consenso o se consultó a un tercer evaluador (HLA) para tomar una decisión final. El proceso riguroso, permitió finalmente seleccionar 26 documentos que cumplieran con la totalidad de criterios y que se puede observar en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo prisma de la selección de estudios.



Extracción de datos

Para la fase de extracción de datos se diseñó una hoja de registro en Excel que agrupaba seis grandes partes. 1. Las características generales del estudio (nombre de los autores, año, país de publicación y diseño metodológico) 2. Características de la población (número de participantes, rango de edad, distribución por sexo y en algunos artículos características de sobrepeso y obesidad) 3. Las características de la intervención o exposición a la actividad física (tipo, duración, frecuencia, tiempo, intensidad, métodos de verificación objetiva) 4. Mecanismos neurofisiológicos reportados, método de medición, muestra y registro (bioquímicos, neurotróficos, activación y eficiencia neuronal y estructurales, morfológicos) 5. Variables de indicadores cognitivos (hallazgos que relacionan la actividad física sobre el mecanismo neurofisiológico y su relación con el indicador cognitivo) 6. La calidad metodológica de cada estudio (Listas de chequeo del Instituto Joanna Briggs (JBI) para artículos experimentales y analíticos transversales). Los datos fueron extraídos por el investigador (JAM) y posteriormente revisados por (AFP) y (HLA) para garantizar la veracidad de la información relacionada en la hoja de registro.

Evaluación de la calidad metodológica de los estudios

Con el objetivo de determinar la calidad metodológica y la validez interna, se procedió a una valoración crítica de cada artículo incluido en esta revisión. Para este proceso, se seleccionaron las listas de chequeo de evaluación crítica del Instituto Joanna Briggs, reconocidas por su especificidad según el diseño del estudio (Munn et al., 2015).

Para los estudios experimentales (ECA), se utilizó la herramienta de JBI Critical Appraisal Checklist for Randomized Controlled Trials (Barker et al., 2023) que examina 13 dominios clave, que incluyen la aleatorización, el cegamiento y el análisis por intención de tratar. La evaluación se realizó clasificando los artículos en alta calidad cuando cumplía con \geq al 75% (9 a 13) de los ítems, calidad moderada cuando cumplían entre el 50% y el 74% (6 a 8) y, por último, en baja calidad cuando tenían $<$ 50% (0 a 5) de los ítems. Para los estudios de diseño analíticos transversales se utilizó la JBI Critical Appraisal Checklist for Analytical Cross Sectional Studies, la cual presenta 8 criterios que evalúan la claridad en la selección de la muestra, el control de factores de confusión, y la confiabilidad en la exposición y los resultados (AF-variables neurocognitivas).

La evaluación de la calidad metodológica de los artículos transversales se clasificó en alta calidad cuando se cumplía con \geq al 75% (6 a 8) ítems, calidad moderada entre el 50% y el 74% (4 a 5) y baja calidad

cuando se evaluaban con $< 50\%$ (0 a 3). La valoración de esta evaluación crítica se ha vinculado directamente en la primera casilla de las tablas de resultados (Tablas 2, 3 y 4), describiendo cualitativamente la calidad y cuantitativamente el número de ítems alcanzados.

Resultados

En el proceso de selección de estudios, cribado y aplicación de criterios de elegibilidad finalmente se incluyeron 26 estudios en la revisión sistemática (Figura 1). La población total abordada en los estudios es de 2772 participantes con edades comprendidas entre los 6 y 18 años, con características de peso normal, sobrepeso y obesidad.

De los 26 artículos incluidos hay 14 ensayos controlados aleatorizados y 12 estudios analíticos transversales. Los estudios integran diversas realidades geográficas en diferentes continentes principalmente en Europa (España, Países Bajos, Reino Unido, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Lituania, Suecia, Suiza), Norteamérica (EE. UU., Canadá) Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) y Asia (Arabia Saudita). Se resalta que ningún estudio se reportó en América Latina o África.

La evaluación de la calidad metodológica realizada con las herramientas JBI, evidenciaron que 24 estudios tienen una calidad metodológica alta, 2 estudios presentan calidad metodológica moderada y ninguno de los estudios incluidos se determinó con calidad metodológica baja. Para facilitar el análisis de la información y dada la heterogeneidad metodológica de los estudios, los hallazgos se clasificaron en tres grandes dominios: (1) Mecanismos bioquímicos y neurotróficos, (2) Mecanismos de activación y eficiencia neuronal, y (3) Mecanismos estructurales, morfológicos y sistémicos.

Mecanismos bioquímicos y neurotróficos

En el dominio de los mecanismos bioquímicos y neurotróficos se incluyeron 8 estudios (Adelantado-Renau et al., 2022; Alghadir et al., 2020; Diaz-Castro et al., 2021; Knatauskaitė et al., 2021; Latomme et al., 2022; Moreau et al., 2017; Plaza-Florido et al., 2023; Williams et al., 2020) que examinaron las respuestas de biomarcadores ante estímulos producidos por la exposición o práctica de actividad física aguda y crónica.

Como se describe en la Tabla 2, la evidencia relacionada al Factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) es mixta, donde la duración de la actividad parece ser un determinante muy importante. Mientras que intervenciones crónicas con alta intensidad y duración, como la desarrollada en el estudio de Diaz-Castro et al. (2021), evidenciaron un aumento significativo en los niveles plasmáticos de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), en el Factor de crecimiento nervioso (NGF) y la Irisina, igualmente, lograron reducir simultáneamente marcadores inflamatorios.

Otros estudios experimentales agudos como los desarrollados por (Latomme et al., 2022; Williams et al., 2020) no encontraron cambios significativos en el factor neurotrófico derivado del cerebro BDNF después de la intervención.

Es importante destacar que proyectos investigativos como los desarrollados por el equipo de Active-Brains sugieren que más allá de la cantidad e intensidad de la actividad física, la respuesta cognitiva al ejercicio no es universal y está modulada por la carga genética del niño, manifestándose de manera no uniforme en niños y adolescentes.

Mecanismos de activación y eficiencia neuronal

El mayor número de estudios se encuentra en este segundo grupo, doce en total (de Bruijn et al., 2021; Drollette et al., 2024; Esteban-Cornejo et al., 2021; Kjellenberg et al., 2024; Lind et al., 2019; Ludyga et al., 2019; Mazzoli et al., 2019, 2021; Mora-González et al., 2019, 2020, 2021; Papisideris et al., 2021) (Tabla 3). Estos estudios centraron su investigación en evidenciar las respuestas neuroeléctricas a través de técnicas como el electroencefalograma (EEG) y hemodinámicas con espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) y resonancia magnética funcional (fMRI).

Los hallazgos en esta línea apuntan hacia el efecto facilitador que presenta la actividad física en la eficiencia de la gestión en los recursos neuronales. Estudios como los de Mora-González et al. (2019) aso-

cian un mejor fitness con mayor velocidad de P300, de igual forma, Lind et al. (2019) reporta una asociación positiva incrementando la onda del componente P300 después de una práctica de ejercicio agudo, indicando mayor asignación de recursos atencionales, sugiriendo que esta adaptación se consolida con el tiempo y asociando que un mayor fitness aptitud cardiorrespiratoria (CRF) y muscular se traduce en un procesamiento cognitivo más eficiente y una mayor conectividad funcional. Sin embargo, también se presentan resultados nulos como el evidenciado en el estudio de Ludyga et al. (2019) que no encontró cambios en P300 tras una intervención de 10 semanas.

En la parte hemodinámica, los estudios de Kjellenberg et al. (2024), Mazzoli et al. (2019) y Mazzoli et al. (2021) indican que realizar pausas activas que incorporen desafíos cognitivos al comportamiento sedentario producido por los hábitos comunes de estudio en las instituciones educativas, podrían prevenir la caída en la oxigenación cerebral y la eficiencia cortical reducida, relacionada a largos periodos de inactividad física. El estudio del proyecto ActiveBrains de Esteban-Cornejo et al. (2021) al igual que en las pruebas neuro eléctricas, asoció el fitness con la CRF y motora (velocidad y agilidad) con una mayor conectividad funcional y una segregación más eficiente de las redes del hipocampo mediante resonancia magnética funcional en estado de reposo (fMRI).

Mecanismos estructurales y sistémicos

Finalmente, en la tabla 4 se integraron 6 estudios que abordaron los cambios en la morfología de algunas estructuras a nivel cerebral (Cadenas-Sánchez et al., 2023; Chaddock-Heyman et al., 2021; Esteban-Cornejo et al., 2019; Haapala et al., 2024; Meijer et al., 2022; Ortega et al., 2022). La evidencia extraída de estos artículos muestra que la plasticidad cerebral asociada a la práctica de actividad física no sigue un patrón único.

En la materia blanca, la actividad física parece tener un efecto restaurador en niños con sobrepeso y obesidad (Esteban-Cornejo et al., 2019), efecto que no se observó en el estudio desarrollado por Meijer et al. (2022) con niños con peso normal, donde una intervención de 14 semanas de actividad física vigorosa no fue suficiente para cambiar la microestructura de la materia blanca, sugiriendo que se necesitan intervenciones más largas para posiblemente promover estos cambios.

Por otro lado, la actividad física aeróbica se relaciona con la maduración y adelgazamiento cortical, lo que sugiere una maduración neuronal acelerada, que se manifiesta con mejor eficiencia cognitiva en los niños (Chaddock-Heyman et al., 2021) y la actividad física vigorosa (VPA) se asoció con la expansión de zonas como el tálamo, putamen y globo pálido (Cadenas-Sánchez et al., 2023), relacionándose con mayor inteligencia fluida y total.

Tabla 2. Mecanismos Bioquímicos y neurotróficos.

Autores, año, país, diseño, Calidad JBI	(N) Edad, sexo.	Tipo de AF	Duración (sem) Frecuencia. Tiempo Intensidad AF. Verificación	Mecanismo, método muestra, registro	Variable instrumento cognitivo	Efecto de AF en mecanismo	Relación mecanismo cognición
Alghadir et al. 2020. Arabia Saudita (ET) 8/8 (Alta)	N=150 Edad: 12-18 años - 90 niños - 60 niñas	AF Tiempo libre. METs/sem: LPA <500 MPA 500-2500 VPA >2500	N/A (ET). Variable IPAQ (Cálculo de METs) validada fisiológicamente prueba VO ₂ max Ergoespirometría	Cortisol. Serotonina Regulación emocional neuro plasticidad. Saliva (ELISA). Suero sangre	RA: Promedio notas. FE: Medida indirectamente en calificaciones matemáticas.	Moderados/Activos mostraron ↓ Cortisol salival y ↑ Serotonina sérica que el grupo Leve	RA correlacionó ↑ con serotonina y ↓ con cortisol. Modelo regresión sugiere que la AF y hormonas explican 61-77% de la varianza en el RA.
Diaz-Castro et al. 2021 España (ECA) 9/13 (Alta)	N=103 Solo niños. Edad: 11.2 ± 0.18 años.	EF Escolar GI: Programa progresivo de 6 meses EF. GC: EF estándar	24 sem. Inició 3, aumentó 4 finalizó 5 días/sem. Prog: Inició con 70 min aumentó a 100. VPA. Monitorización FC subgrupo piloto + Cuestionario IPAQ-C.	BDNF, NGF. Mioquina: Irisina. Adipocinas. Leptina, Adiponectina, MCP-1, Osteocrina. Muestra de sangre venosa	RA: Calificaciones escolares.	Neurotrofinas: ↑ de BDNF, NGF e Irisina en el GI vs GC. Metabólico: ↓ de Leptina y marcadores proinflamatorio. ↑ de Adiponectina y Osteocrina.	El GI mostró ↑ en neurotrofinas, y obtuvo calificaciones más altas en matemáticas y EF al final del semestre comparado con el GC.
Adelantado-Renau et al.	N=100. Sobrepeso Obesidad.	CRF. Clasificados en "Fit" vs. "Unfit"	N/A VPA Test de campo para determinar CRF.	1. Neurotrofinas: BDNF, IGF-1, VEGF-A, EGF en plasma.	FE: Flexibilidad, Inhibición, MT. RA:	IGF-1 ↑ Flexibilidad Cognitiva en	La relación entre los FN y la estructura cerebral depende del



2022 España ActiveBrains Project (ET) 8/8 (Alta)	Edad: 10.0 ± 1.2 años. 59 % niños 41% niñas.		Test de Course Navette (20mSRT).	2. Volumen Hipocampal: Segmentación automática en anterior y posterior por MRI.	Matemáticas, lectura, escritura.	niños "Unfit". BDNF asoció ↑ volumen hipocampo Der. solo niños "Fit" EGF: ↓ volumen hipocampal niños "Unfit".	nivel de APF. El fitness actúa como interruptor modulando si el BDNF se traduce en ↑ volumen hipocampal.
Knatauskaitė et al., 2021 Lituania (ECA) 9/13 (Alta)	N=135. Edad: 13.0 años 50.4% niñas 49,6 niños.	Equilibrio, orientación HM fina/gruesa. Correr, juegos de resistencia aeróbica. GC: Tareas escuela	10 sem. 3ses/sem 45 min. MPA. 64- 76% FCmax. Igualada entre GI Pulsómetros (Polar FT1)	Cortisol Salival medido por ELISA Muestras tomadas en tarde.	Procesamiento Visuoespacial: Tarea emparejamiento de rejillas Matemáticas: Notas escolares.	No hubo cambios significativos en los niveles de cortisol salival en ninguno de los grupos, ni diferencias entre grupos	Grupo coordinativo ↑ precisión visuoespacial y matemáticas comparado GC. Esta mejora no se correlacionó con cambios cortisol.
Williams et al. 2020 Reino Unido Ensayo Cruzado Aleatorizado 9/13 (Alta)	N=36. Edad: 12.6 ± 0.5 años. 20 niños 16 niñas	EJ Agudo Fútbol: 60 min. juegos reducidos, técnica. GC: 60 min sentados.	Ses. diseño agudo 1 Ses de fútbol GI y 1 Ses GC 60 min. VPA Media FC: 75% FCmax. Pulsómetros Firstbeat y GPS GPSports.	BDNF medido por ELISA en sangre (suero) capilar.	CI: Test Stroop. MT: Paradigma de Sternberg (1, 3 y 5 ítems). Computarizados	60 min fútbol vigoroso no hubo cambios en niveles de BDNF sérico en ningún punto comparado con el reposo. El nivel de fitness tampoco afectó al BDNF basal.	Fútbol ↑ MT a los 45 min post-EJ, pero solo niños con alto fitness. Dado que el BDNF no cambió, la mejora cognitiva grupo "fit" no puede atribuirse a aumento de FN periférico.
Plaza- Florido et al. 2023 España ActiveBrain Project (ECA) 9/13 (Alta)	N=101 Sobrepeso Obesidad Edad: 10.0 ± 1.5 años. 59% niñas 41% niños.	Programa ActiveBrain Aeróbico fuerza, coordinación.	20 sem 3-5 ses/sem. 90 min/ses. MVPA Monitorizada con pulsómetros.	Puntuación de Riesgo Genético basado en 6 polimorfismos ligados a plasticidad cognición. Muestra de sangre (Leucocitos).	FE: Flexibilidad Cognitiva, Inhibición, MT. HA, Lectura, escritura. Volumen Hipocampal (MRI).	EJ ↑ Flexibilidad cognitiva y las HA, pero solo en niños perfil genético favorable. En niños perfil desfavorable, el EJ no produjo mejoras comparado GC.	La eficacia del EJ para ↑ cognición está mediada por genética. Tener variantes eficientes de genes como BDNF potencia la respuesta del cerebro al estímulo del EJ.
Moreau et al. 2017. Nueva Zelanda (ECA) 11/13 (Alta)	N=305. Edad: 7-13 años 61% niñas 39% niños.	(HIIT): burpees, saltos, sprints vs. Control activo juegos de mesa, ordenador	6 sem. 5 ses/sem 10 min/ses. MPA FC. Pulsómetros (Fitbit Charge HR)	Polimorfismo gen BDNF (Val66Met) medido en saliva. Comparación entre portadores de alelo Met vs. homocigotos Val.	Control Cognitivo: Flanker, Stroop. MT: Digit Span Inverso, Corsi Inverso, 2-back.	El HIIT mejoró la cognición en general, pero el efecto fue moderado por el genotipo BDNF.	Los portadores alelo Met mostraron ↑ ganancia cognitiva tras el EJ que los homocigotos Val.
Latomme et al. 2022 Bélgica ET componente experimental 8/8 (Alta)	N=47. Edad: 9.69 ± 0.60 años. 46.8% niños 53,2 niñas.	AF Aguda: Test de EJ máximo incremental cicloergómetro AF Crónica: Nivel AF habitual.	N/A. 1 Ses agudo; recuerdo de AF habitual. VPA. Ergoespirometría (Agudo) y Cuestionario FPAQ (Crónico).	BDNF medido mediante ELISA. Sangre (suero) venosa	FE. Inhibición Flanker y Go/No. MT (Corsi Block). Flexibilidad Cognitiva. Trail Making, Color Word Interference.	EJ agudo ↑ del BDNF sérico, aunque límite en significación estadística. No hubo correlación entre la AF Crónica y los niveles basales de BDNF.	EJ agudo ↑ la Inhibición. No se encontraron efectos en MT o flexibilidad. No se pudo establecer que BDNF mediara cambios.

Nota: Abreviaturas para las tablas 2, 3 y 4. N/A = No aplica; FE = Funciones ejecutivas. EF = Educación física; AF= Actividad física; APF = Aptitud Física; CRF = Aptitud cardiorrespiratoria; HIIT= High Intensity Interval Training; ECA= Ensayo controlado aleatorizado; ET = Estudio Transversal; Ses = sesión; Sem = Semana; Min = Minutos; FC = Frecuencia cardíaca; Fcmax = Frecuencia cardíaca máxima; VO₂max = Consumo máximo de oxígeno; RA = Rendimiento académico; GC = Grupo control; GI = Grupo intervención; CI = Control inhibitorio; MT = Memoria de trabajo; BDNF= Factor neurotrófico derivado del cerebro; NGF = Factor de crecimiento nervioso; MET= Equivalentes Metabólicos de Tarea; MVPA = Actividad física moderada a vigorosa (Moderate-to-vigorous physical activity); VPA = Actividad física vigorosa (vigorous physical activity); MPA = Actividad física moderada; LPA = Actividad física leve; Fit = En forma ; Unfit = No en forma; ME = Memoria episódica; HC = Habilidades académicas; HM = Habilidades Motoras; EJ = Ejercicio; FN = Factor neurotrófico; IGF-1 = Factor de crecimiento insulínico tipo 1; EGF = Factor de crecimiento epidérmico; EEG = Electroencefalograma; MRI = Resonancia Magnética; fNIRS = Espectroscopia funcional de infrarrojo cercano; fMRI = Resonancia magnética funcional; MRI = Resonancia magnética estructural; DTI = Imagen por tensor de difusión; FA = Anisotropía Fraccional; Der = Derecho; Izq = Izquierdo.

Tabla 3. Mecanismos de activación y eficiencia neuronal. (Función electrofisiológica)

Autores, año, país, diseño, Calidad JBI	(N) Edad, sexo.	Tipo de AF	Duración (sem) Frecuencia. Tiempo Intensidad AF Verificación	Mecanismo, método muestra, registro	Variable instrumento cognitivo	Efecto de AF en mecanismo	Relación mecanismo cognición
Drollette et al. 2024 EE. UU.	N=36 Edad: 9-12 años 18 niños	1. HIIE: Calistenia interválica (30s EJ /	3 visitas laboratorio. 1 por cada condición	P3 (atención) por EEG Regiones:	1. CI (Test Flanker). 2. ME (Tarea de	El Ciclismo (pero no HIIE) ↑ la	HIIE ↑ significativamente la precisión de



Experimenta 1 Cruzado Intra-sujeto 9/13 (Alta)	18 niñas. 30s des). 2. Ciclismo: Continuo en cicloergómetro. 3. GC: Sentado observando video educativo	9 min. 1. HIIE: Alta (>90% FCmax). 2. Ciclismo: Moderada (70% FCmax). FC Polar y Escala esfuerzo percibido	Frontal, Central y Parietal. FN400 LPC recolección mnémica.	reconocimiento de Palabras).	amplitud de FN400 y LPC ↑ asignación de recursos neurales.	memoria vs. Reposo. Sin cambios en Flanker.	
Mora- González et al. 2019 España. (ET) 8/8 (Alta)	N=79. Edad: 8-11 años 51 niños 28 niñas.	APF: Fuerza, Velocidad-Agilidad Batería ALPA. AF Habitual: Sedentaria, Ligera, Moderada, Vigorosa (Acelerómetro)	Registro 7 días. Sedentaria, MVPA VPA, MPA, LPA Acelerómetro ActiGraph GT3X y Tests de Campo Estandarizados.	Amplitud (Recursos atencionales). Latencia (Velocidad de procesamiento) EEG. Interés: Parieto- occipital.	MT. Tarea: Delayed Non- Match-to-Sample.	↑ CRF, Agilidad y AF vigorosa se asociaron con ↑ Amplitud P3. ↑ Agilidad también predijo ↓ Latencia P3.	↑ Agilidad y CRF se asociaron con ↓ tiempo de reacción. Curiosamente, mayor fuerza manual se asoció con ↓ precisión.
Mazzoli et al. 2021 Australia (ECA) 8/13 (Moderada)	N=141. Edad: 6-8 años 76 niños 65 niñas.	Descansos Activos. 1. Cognitivo (Coordinación). 2. Simple (Repetitivo).	6 sem. 5 días /2/día 10 min/día 2x5 min No especificada (Enfoque conductual) Acelerómetro y observación.	Respuesta Hemodinámica por fNIRS: Corteza Prefrontal Dorsolateral Izq. 1. O ₂ Hb. 2. HHb	1. Inhibición 2. MT.	Grupo Cognitivo mostró cambio significativo en hemodinámica vs GC Mayor Eficiencia.	Grupo cognitivo logró mismo rendimiento usando recursos neurales distintos. Cambio extracción O ₂
Ludyga et al. 2019 Alemania Suiza (ECA) 3 brazos 9/13 (Alta)	N=36. Edad 9-10 años.	1. Aeróbico. 2. Coordinativo.	10 sem. 3 días. 45 min Aeróbico: ~140 lpm. Coord: ~124 lpm Monitor FC (Polar).	Componente P300 por EEG región: Centro- parietal: Amplitud y Latencia.	CI (Flanker).	SIN cambios significativos en P300 GI vs GC.	No se encontró relación mecanicista (P300) a pesar de mejoras en APF.
Mazzoli et al. 2019 Australia (ET) 8/8 (Alta)	N=149 total N=69 análisis actividad cerebral (fNIRS). Edad: 7.7 ± 0.6 años. 54% niños 46% niñas	Se cuantifica movimiento clase 2 días sin EF ni deporte escolar. Tiempo sentado, tiempo desplazamiento, número de cambios sentado a estar parado.	N/A (Registro durante 2 días escolares completos) LPA (Stepping en el aula) vs. Sedentaria Inclinómetro de muslo (activPAL™)	Respuesta Hemodinámica por fNIRS: Oxihemoglobina desoxihemo- globina. Corteza prefrontal dorsolateral	Inhibición respuestas Go/No-Go task. Lapsus de atención. MT (NIH Toolbox).	No se encontraron asociaciones significativas entre tiempo sentado, los pasos o las transiciones con la actividad cerebral	A nivel conductual, más se asoció a respuestas más rápidas, pero menos precisas, y más tiempo sentado a mayores lapsus de atención, pero no se reflejó en hemodinámica frontal medida
Mora- González et al. 2020 España (ET) 8/8 (Alta)	N=84 Sobrepeso Obesidad. Edad: 8 - 11 años. 56% niños 44% niñas	1. APF (Fuerza, Velocidad-Agilidad, CRF). Batería Alpha 2. AF Habitual (Leve, Moderada, Vigorosa) y Sedentarismo.	N/A (Registro de 7 días) MVPA 1. Acelerometría (ActiGraph GT3X+) en cadera y muñeca. 2. Batería ALPHA (Test de campo)	Neuroeléctrico por EEG: ROI: Parieto Occipital. Componente P3 Amplitud y Latencia.	CI (Flanker Task: Congruente e incongruente). Medidas: Tiempo de reacción y precisión	1. APF: ↑ Velocidad- Agilidad ↑ Amplitud P3 2. Vigorosa: a ↑ Amplitud P3 3. Moderada: ↑ Latencia P3	La mayor APF predice una neurofisiología más robusta y un ↑ rendimiento conductual en tareas de alta demanda cognitiva.
Kjellenberg et al. 2024 Suecia Proyecto AbbaH teen (ECA) Cruzado 10/13 (Alta)	N=17. Edad 13-15 años 65% niñas 35% niños	Descansos Activos 1. SRA: Ej sentadillas, elevación talones - LPA 2. STEP: Subir y bajar escalón MVPA 3. SOCIAL GC: Sedentarismo continuado	(80 min) condición 4 descansos 3 min cada 17 min. 12 min totales SRA: Leve 57% FCmax. STEP: MVPA 79% FCmax. Monitor FC Polar y Escala de Borg.	Hemodinámico por fNIRS. Región: Corteza prefrontal: Cambios en oxihemoglo- bina y desoxihemo- globina	MT Variables: Precisión y tiempo de reacción.	En condición Sedentaria hubo una ↓ de la oxigenación prefrontal Los descansos activos (SRA y STEP) previenen esta caída. SRA ↑ significativamente la oxigenación	El sedentarismo prolongado apagó la respuesta hemodinámica y ↓ el rendimiento. Los descansos activos mantuvieron el flujo sanguíneo y ↑ el tiempo de reacción
de Bruijn et al. 2021 Países Bajos Proyecto Learning Moving (ECA) 8/13 (Moderada)	N=62. Edad: 8 - 10 años. 48% niños 52% niñas	1. Aeróbica: EJ VPA (correr, saltar). 2. Cognitivamente estimulante: Juegos complejos, reglas cambiantes, deportes de equipo. 3. GC: EF regular.	14 sem. 4 ses/sem GI vs. 2 lecciones sem (GC). 30 min/ses. MVPA GA tuvo más MVPA que los otros. Acelerómetro ActiGraph GT3X	Activación Cerebral por fMRI. (3.0 Tesla): Señal BOLD durante tarea. Análisis de cerebro completo	MT Visuoespacial (Spatial Span Task).	Ni grupo aeróbico ni cognitivamente estimulante mostraron cambios en patrones de activación cerebral comparado con GC	No hubo mejoras diferenciales en el RC conductual entre grupos, ni cambios en la activación cerebral subyacente.



durante clases							
Esteban-Cornejo et al. N=99. Edad: 2021 España ActiveBrains Project (ET) 8/8 (Alta)	8 - 11 años Sobrepeso Obesidad 60% niños 40% niñas.	APF 1. CRF 2. Fitness Motor (Velocidad-Agilidad). 3. Fitness Muscular.	N/A (Evaluación única) VPA (Tests de campo) Batería ALPHA (Tests de campo: Navette, 4x10m, fuerza).	Conectividad Funcional por rs-fMRI: Análisis de semilla del Hipocampo, segmentado en anterior, posterior.	RA: Test Woodcock-Muñoz Escritura, lectura, matemáticas.	CRF: a ↑ conexión hipocampo anterior con redes frontales. Fitness Motor: a cerebro más eficiente. Fuerza: No mostró efectos independientes al ajustar por CRF.	La mayor conectividad funcional del hipocampo predijo un ↑ rendimiento en expresión escrita
Papasideris et al. 2021 Canadá (ET) 7/8 (Alta)	N=67. Edad: 13-18 años 41% mujeres 59% hombres	AF Habitual: Medida objetivamente durante 5 días (min de MVPA).	Monitorización continua. Media de 32.39 min/día de actividad MVPVA. Acelerómetro muñeca (Fitbit Inspire) durante 5 días completos.	Hemodinámico por fNIRS: 1. Oxihemoglobina en corteza prefrontal dorsolateral y medial 2. Rendimiento en tarea MSIT.	1. CI: Tarea de Interferencia Multi-Fuente. 2. RA: Notas de Matemáticas e inglés	Más min de AF diaria se asociaron con ↑ activación ↑ Oxihemoglobina en la corteza prefrontal dorsolateral Der durante tarea de interferencia.	AF ↑ rendimiento en IC. Pero la activación cerebral o el rendimiento cognitivo no mediaron la relación con notas escolares. El consumo de comida rápida predijeron ↓ rendimiento.
Mora-González et al. 2021 España ActiveBrains Project (ET) 8/8 (Alta)	N=85 Sobrepeso Obesidad). Edad: 10 - 11 años. 62% niños 38% niñas.	APF (Fitness): 1. CRF (Course Navette). 2. Speed-Agility (4x10m). 3. Muscular (Fuerza).	N/A (ET). VPA (Tests de campo). Batería ALPHA (Tests de campo).	Neuroeléctrico por EEG y sLORETA. Reconstrucción de fuentes en 3D: Densidad de corriente de fuente en áreas de Brodmann.	MT: Tarea Delayed Non-Match-to-Sample. Fases: Codificación, Mantenimiento, Recuperación.	CRF: ↑ densidad corrientes regiones frontales, límbicas y occipitales durante codificación alta. Fuerza muscular: ↓ densidad corriente corteza premotora en recuperación.	La mayor activación en el giro parahipocampal cingulado posterior (BA30) mediada por el CRF se asoció significativamente con ↑ precisión en la tarea de MT.
Lind et al. 2019 Dinamarca (ECA) 9/13 (Alta)	N=81. n=49 muestra EEG. Edad 11-12 48 niños 33 niñas.	1. (SRF: Real Football): Fútbol 3v3 intenso. 2. (SWF Fútbol 3v3 caminando) (MPA). 3. (Resting Football): GC viendo partido (reposo).	Ses. única. 20 min 2 bloques de 10 min SRF: Alta FC media >80-90%. SWF: Moderada FC media 60-70%. Pulsómetro Polar.	Neuroeléctrico por EEG: Componente P300 (Amplitud y latencia en electrodos)	1. CI: Flanker Task. 2. Memoria Declarativa: Tarea visual de memoria (retención a 7 días).	Fútbol intenso mostró ↑ en P300 (frontal) comparado con GC y fútbol caminando, especialmente en ensayos difíciles. Fútbol caminando no mejoró el P300 respecto al GC.	El ↑ del P300 del grupo SRF coincidió con ↑ en la inhibición comparado con SWF. No hubo efectos en memoria declarativa a largo plazo.

Tabla 4. Mecanismos Estructurales, Morfológicos y Sistémicos.

Autores, año, país, diseño Calidad JBI	(N) Edad, sexo.	Tipo de AF	Duración (sem) Frecuencia Semanal Tiempo. Intensidad AF Verificación	Mecanismo, método muestra, registro	Variable instrumento cognitivo	Efecto sobre el mecanismo	Relación mecanismo cognición
Chaddock-Heyman et al. 2021 Estados Unidos (ECA) 9/13 (Alta)	N=115. Edad: 8-9 años. GI: n=62. 36 niñas/26 niños. GC: n=53. 25 niñas/28 niños.	Programa FITKids AF aeróbica y HM juegos no competitivos.	36 sem (9 meses) 5 días/sem 120 min. Aprox. 30-35 min MVPVA sostenida. Monitores de FC Polar, podómetros, acelerómetro.	1. Grosor Cortical por fMRI 2. Modularidad de Red (fMRI en reposo Predictor basal) Regiones: Frontal anterior y parahipocampal.	Eficiencia cognitiva y procesos ejecutivos (Woodcock Johnson III).	Ambos grupos ↓ grosor cortical, el modularidad basal predijo aceleración de maduración neuronal y mejor eficiencia cognitiva	Solo el grupo de AF, el adelgazamiento cortical se correlacionó ↑ en la eficiencia cognitiva.
Haapala et al. 2024 España ActiveBrains Project (ET) 8/8 (Alta)	N=100 Sobrepeso/Obesidad Edad: 8-11 años (60% niños / 40% niñas)	Evaluación de (CRF): 1. Prueba de esfuerzo en cinta 2. Test de Course Navette (20mSRT - Campo).	N/A (ET) 1. Gases: VO ₂ medido directamente. 2. Campo: Vueltas, velocidad final, VO ₂ estimado (Léger, Mahar, Matsuzaka).	Estructural por MRI 3.0 Tesla: 1. Volumen de materia gris total. 2. Volumen del hipocampo.	1. Inteligencia (K-BIT). 2. FE (Composite: Design Fluency, Trail Making, Stroop). 3. RA (Woodcock-Johnson III).	1. Materia gris: El VO ₂ y tiempo en cinta ↑ con volumen materia gris, pero asociación desapareció al ajustar por % grasa corporal. 2. Hipocampo: No se encontró la relación con métricas fitness.	Rendimiento en campo predijo mejor las FE y RA. VO ₂ no se asoció con cognición, y su relación con la estructura parece estar mediada por la adiposidad, no por el fitness.



Esteban-Cornejo et al. 2019 España/EE.UU. Proyectos ActiveBrains y FITKids2 (ET) 8/8 (Alta)	N total = 342. 1. ActiveBrains (España): n=100 (100% Sobrepeso Obesidad, 10.0 años). 2. FITKids2 (EE.UU.): n=242 (Mezcla Normopeso Sobrepeso, 8.6 años)	APF: 1. (CRF). 2. Fitness motor Velocidad-agilidad. 3. Fitness muscular Fuerza tren superior/inferior.	N/A (ET) (VPA) 1. Test de Navette (España) y Cinta con gases (EE. UU). Motor: 4x10m run. Muscular: Dinamometría, salto longitudinal.	Estructural por MRI de 3.0 Tesla: Volumen de materia blanca mediante morfometría basada en vóxeles. Análisis cerebro completo	RA: Test Woodcock-Johnson III (España) y KTEA2 (EE. UU.). Áreas: Matemáticas, lectura y escritura	1. CRF ↑ materia blanca en sobrepeso - obesidad España y USA no hubo asociación normopeso. 2. Motor - Muscular: ↑ Materia blanca regiones motoras y asociación.	El ↑ volumen de materia blanca en la corteza insular se relacionó significativamente con ↑ habilidades de cálculo matemático
Ortega et al. 2022 España ActiveBrain Project (ECA) 9/13 (Alta)	N=109 Edad: 10.0 ± 1.1 años. 100% Sobrepeso Obesidad	Programa ActiveBrains: Ej aeróbico + fuerza + coordinación. Juegos.	20 sem. 3 ses de 90 min/sem. 60' aeróbico + 30' fuerza/coordinación (VPA): FC media 138 lpm (70% FCmax). El 38% del tiempo >80% FCmax. Pulsómetros todas las ses. + acelerómetro + asistencia min 70%	Estructural por MRI: 1. Volumen del hipocampo. 2. Grosor cortical y volúmenes subcorticales (Exploratorio). 3. Conectividad (fMRI) hipocampo-prefrontal.	Inteligencia: Cristalizada, fluida y total. FE: Flexibilidad, Académico: Matemáticas, lectura, escritura	A pesar de la mejora en fitness, no hubo cambios significativos en el volumen del hipocampo, ni en estructura o función de otras áreas cerebrales comparado con el GC.	Ej ↑ la Inteligencia cristalizada, total y Flex. Cognitiva. Esto no fue mediado por cambios estructurales en cerebro, fueron mediados parcialmente por ↑ en CRF.
Cadenas-Sánchez et al. 2023 España ActiveBrains Project (ET) 8/8 (Alta)	N=100 (Sobrepeso - Obesidad). Edad: 10.0 ± 1.1 años. 40% niñas 60% niños.	Niveles de AF Habitual: 1. (LPA). 2. (MPA). 3. (VPA). 4. Sedentarismo.	N/A (ET). Monitorización continua. Sedentario a Vigoroso Acelerómetro de muñeca (ActiGraph GT3X+).	Estructural por MRI: Análisis expansión contracción superficie estructuras subcorticales (Globo Pálido, Putamen, Tálamo, Núcleo, Accumbens, Amígdala).	Inteligencia: Cristalizada, fluida y total (K-BIT).	VPA: Se asoció ↑ Globo Pálido, putamen y tálamo. Sedentarismo: Se asoció a contracción Tálamo Izq y Núcleo Accumbens Der. Fitness: El CRF se asoció a expansión amígdala Der. Fuerza se asoció expansión globo pálido.	La expansión del globo Pálido Der se asoció significativamente con una mayor inteligencia fluida y total.
Meijer et al. 2022 Países Bajos Proyecto Learning by Moving (ECA) 9/13 (Alta)	N=93. Edad: 9.13 ± 0.62 años. (51% niñas / 49% niños).	1. Aeróbica: Ej repetitivos de VPA 2. Cognitivamente estimulante: Juegos complejos, deportes de equipo. 3. GC: EF regular (2 veces/sem).	14 sem. 4 ses/sem (GI) vs. 2 ses/sem (GC). 30 minutos por sesión. (VPA. Aeróbico, cognitivo, control). Acelerómetro (ActiGraph GT3X+) + observación de clases	1. Materia Blanca: DTI/FA 2. Redes en reposo (rs-fMRI): Análisis de componentes independientes en 5 redes principales.	Batería Neurocognitiva: Procesamiento de información. Atención. MT (Visuoespacial y verbal). Inhibición e interferencia.	No hay interacción grupo x tiempo microestructura de materia blanca ni actividad redes en reposo. La dosis EJ no fue suficiente para inducir plasticidad estructural o funcional detectable.	No hubo mejoras diferenciales en la cognición entre grupos, y por tanto, no hubo mediación por cambios cerebrales.

Discusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática sugieren realizar una comprensión más profunda de como la práctica de AF presenta efectos en el cerebro en desarrollo, alejándose de la relación simplista que mayor cantidad de AF equivale a más cerebro. Este fenómeno es altamente específico y dependiente del contexto, ya que no emerge de una única vía, sino de una sinergia dinámica de tres mecanismos (moleculares, funcionales y estructurales) que operan bajo principios de precisión y entendiendo las características individuales de cada persona.

Resulta interesante comparar los resultados de los estudios incluidos en esta revisión, y encontrar una paradoja que refleja una inconsistencia en la respuesta a la AF. De los más importantes, es observar



como en la literatura científica, el BDNF ha sido considerado uno de los mecanismos más citados en la plasticidad cerebral, nuestro análisis muestra que su respuesta a la práctica de AF no es uniforme y universal. Mientras las intervenciones (crónicas) de larga duración y alta intensidad como las desarrolladas por Diaz-Castro et al. (2021) aumentaron los niveles plasmáticos de BDNF, NGF e irisina, los esfuerzos agudos o de actividad física moderada no presentaron efectos similares y una asociación directa con el fortalecimiento de IC (Latomme et al., 2022; Williams et al., 2020). Esta contradicción sugiere una hipótesis nueva donde el BDNF sistémico no siempre es un biomarcador sensible a cambios en IC en niños y adolescentes, y que su liberación este mediada por umbrales de intensidad muy específicos, los cuales no siempre se alcanzan en contextos educativos.

De igual forma, la evidencia presenta un determinismo o perfil genético del individuo como filtro para el fortalecimiento y desarrollo de IC y como respuesta a la práctica de AF al demostrarse que los portadores del alelo Met en el gen BDNF, que tradicionalmente se asocia con menor plasticidad basal, pueden tener un beneficio en memoria de trabajo (MT) tras intervenciones de alta intensidad (HIIT) (Moreau et al., 2017). Por el contrario, aquellos individuos con predisposiciones genéticas favorables parecen capitalizar mejor los ejercicios crónicos potenciando su flexibilidad cognitiva. Lo anterior indica que la práctica de AF podría estar relacionada en la nivelación de brechas biológicas en algunos individuos, así como para potenciar el talento en otras personas (Plaza-Florido et al., 2023).

Alternativamente, la práctica de AF y su efecto en el fortalecimiento de IC podría estar mediado por vías antiinflamatorias o de reducción de adipocinas inflamatorias en niños con exceso de peso mediante un efecto de modulación, reduciendo la inflamación y creando un entorno bioquímico propicio para el aprendizaje (Latomme et al., 2022).

Los datos derivados de los artículos que analizaron efectos estructurales muestran un patrón interesante al observarse que, parecido a lo que sucede con el BDNF, las adaptaciones a nivel cerebral (materia blanca y materia gris) no funcionan igual en todos los sujetos. Los estudios del proyecto ActiveBrains que presenta como población de estudio a niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, demostraron que la AF optimiza la conectividad funcional y actúa en un escenario de plasticidad compensatoria (Esteban-Cornejo et al., 2021; Mora-González et al., 2020).

El estudio de Esteban-Cornejo et al. (2019) comparó la población de los proyectos ActiveBrain y Fitkids, desarrollados en España y Estados Unidos respectivamente y encontró que la AF presenta un efecto protector en niños con sobrepeso, pero estos resultados desaparecen en niños con peso normal, al no mostrar cambios significativos y actuar bajo un desarrollo normal, lo que se relaciona directamente con lo evidenciado en el estudio de Haapala et al. (2024) quienes demostraron que al ajustar el porcentaje de grasa corporal, las asociaciones estructurales desaparecían, sugiriendo que la práctica de AF no permite agrandar estructuras internas del cerebro, sino que actúa protegiendo y restaurando estructuras de niños con alta adiposidad y con cerebros vulnerables a inflamación metabólica.

Es importante resaltar que no solo se presenta crecimiento sino también cambios en la forma de las estructuras cerebrales, Cadenas-Sánchez et al. (2023) describen que niveles elevados de AF y condición física se asocian con la expansión del globo pálido, parte fundamental en la integración de circuitos motores y cognitivos, y que altos niveles de comportamiento sedentario se asocia con la contracción del tálamo y el núcleo accumbens, lo que sugiere que largos tiempos de inactividad física genera procesos de atrofia funcional que compromete los centros de procesamiento sensorial.

La evidencia derivada del análisis de los documentos nos permite proponer una cronología de dosis-respuesta, inicialmente en las adaptaciones neurofisiológicas donde los cerebros de los niños y adolescentes pueden responder a la práctica de AF relativamente en tiempos cortos, con estímulos de una única sesión de práctica deportiva (fútbol intenso) incrementando la amplitud de la onda P300 (Lind et al., 2019) o con pausas activas manteniendo la oxigenación prefrontal, evitando que la conducta sedentaria la reduzca (Kjellenberg et al., 2024), situación que no se cumple con los cambios estructurales visibles con técnicas como resonancia magnética estructural MRI o imagen por tensor de difusión DTI, donde se requeriría de dosis de AF masivas y prolongadas que son más difíciles de implementar en contextos escolares.

Sin embargo, el estudio derivado del proyecto ActiveBrains liderado por Ortega et al. (2022) plantea que la práctica de AF puede mejorar IC sin necesidad de presentar cambios estructurales en el cerebro, demostrando que la función puede cambiar mucho antes que la estructura morfológica. Todo lo anterior



nos lleva a proponer un nuevo paradigma sobre la respuesta cognitiva a la práctica de AF y ejercicio, donde no existen fórmulas mágicas con tiempos o cantidades establecidas, sino corresponden a señales biológicas individuales que advierten de predisposiciones innatas que moderan el verdadero efecto de la AF. Lo que funciona para un niño con obesidad, no necesariamente funciona en niños con peso normal.

Estos datos marcan una guía para la educación en general y para la educación física en particular, donde la respuesta no está en solo “moverse más” sino en conocer quien se está moviendo y que características individuales tiene. De forma complementaria, se observó que las intervenciones de AF presentan un vínculo importante entre movimiento, rendimiento académico y procesos cognitivos, evidencia ya relacionadas investigaciones anteriores (Caamaño-Navarrete et al., 2025; Laínez Villao et al., 2025)

Aplicaciones prácticas

Los hallazgos, nos permiten proponer aplicaciones prácticas como la necesidad de convertir las clases tradicionales de EF en escenarios donde no solo se desarrollen ejercicios cardiovasculares repetitivos o prácticas dirigidas a técnicas deportivas, sino que se transformen en espacios para integrar tareas de alta complejidad motora que desafíen el cerebro para maximizar los beneficios de la AF. De igual forma, la principal recomendación está dirigida a los equipos directivos y profesores de las instituciones educativas para que se adopten medidas que permitan la aplicación de actividades escolares más activas, y que transformen las dinámicas tradicionales impuestas por los modelos educativos que priorizan altos niveles de comportamientos sedentarios. La inclusión de pausas activas en las actividades escolares puede presentar un beneficio muy grande para la población escolar a nivel fisiológico y académico.

Limitaciones de la revisión

Dentro de las limitaciones que presenta la revisión sistemática se pudo identificar principalmente tres. 1. Existe una alta heterogeneidad en los protocolos de medición de los artículos estudiados tanto en las variables neurofisiológicas como en las cognitivas, lo que dificulta una comparación directa de la magnitud de los efectos. 2. Existe un alto número de artículos incluidos dentro de la revisión que presentan muestras relativamente pequeñas, lo que limita la potencia para identificar efectos en otros contextos específicos y 3. Se presenta una limitación en el momento de generalizar hallazgos ya que un alto número de artículos provienen mayoritariamente de un mismo proyecto de investigación (ActiveBrains Project).

Conclusiones

Lejos de confirmar que “más AF es igual a más inteligencia”, esta revisión sistemática muestra que la relación entre el cuerpo en movimiento y el cerebro en desarrollo es una sinergia dinámica que depende del contexto y esta mediada por características biológicas y metabólicas individuales. La evidencia analizada se puede resumir en tres conclusiones generales.

La primera gran conclusión es que no existe un mecanismo único que explique la mejora cognitiva producida por la práctica de AF, sino que este desenlace se produce de una convergencia que presenta la reducción de la inflamación sistémica, la optimización de la eficiencia neurobiológica y de remodelación estructural producido por estímulos adecuados. El cerebro del niño no cambia por una sola vía, sino por la sumatoria que produce un entorno metabólico más saludable y una red neuronal más eficiente.

La segunda gran conclusión es que la práctica de AF parece tener mayor efecto donde más se necesita, al presentar un efecto restaurador y un aumento en el volumen de materia blanca en niños con sobrepeso y obesidad, efecto que es inexistente en niños con peso normal. La AF actúa principalmente contrarrestando el daño inflamatorio y generando una homeostasis al cerebro. En niños con peso normal los beneficios de la AF son más evidentes a nivel funcional que morfológico.

La tercera gran conclusión es que la cognición reside en gran parte de la complejidad motriz que se desarrolle en la práctica de AF. Es importante atender no solo a la cantidad de movimiento reflejado en gasto calórico, sino que también atender a la calidad del movimiento. Es importante entender que la práctica aeróbica facilita los procesos fisiológicos, pero es la práctica con carga en demandas cognitivas (coordinación, agilidad, deportes de equipo, habilidades motrices) la que estimula mayormente las redes neuronales encargadas del rendimiento académico y las funciones ejecutivas.



Financiación

Esta investigación fue financiada por la Convocatoria Interna de Apoyo a Proyectos de Investigación de la Universidad de La Sabana, el APC fue cubierto bajo el código financiero GL0000000001918. Asimismo, este artículo fue apoyado por la Universidad Libre de Colombia a través del acta No 001 de 2022.

Referencias

- Adelantado-Renau, M., Esteban-Cornejo, I., Mora-Gonzalez, J., Plaza-Florido, A., Rodriguez-Ayllon, M., Maldonado, J., Victoria Escolano-Margarit, M., Gómez Vida, J., Catena, A., Erickson, K. I., & Ortega, F. B. (2022). Neurotrophic factors and brain health in children with overweight and obesity: The role of cardiorespiratory fitness. *European Journal of Sport Science*, 23(4), 637–648. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2044912>
- Aguayo, B. B., Román, P. Á. L., Sánchez, J. S., & Vallejo, A. P. (2022). Effect of physical activity and fitness on executive functions and academic performance in children of elementary school. A systematic review. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17(51), 85–103. <https://doi.org/10.12800/ccd.v17i51.1699>
- Alghadir, A. H., Gabr, S. A., & Iqbal, Z. A. (2020). Effect of gender, physical activity and stress-related hormones on adolescent's academic achievements. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114143>
- Alvarado-Melo, J., León-Ariza, H., & Ladino, E. (2024). Physical activity in students and its association with attention. A systematic review. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 56, 834–845. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.102537>
- Amin, H. U., Malik, A. S., Kamel, N., Chooi, W. T., & Hussain, M. (2015). P300 correlates with learning & memory abilities and fluid intelligence. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0077-6>
- Barker, T. H., Stone, J. C., Sears, K., Klugar, M., Tufanaru, C., Leonardi-Bee, J., Aromataris, E., & Munn, Z. (2023). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for randomized controlled trials. *JBI Evidence Synthesis*, 21(3), 494–506. <https://doi.org/10.11124/JBIES-22-00430>
- Caamaño-Navarrete, F., Arriagada-Hernández, C., Sandoval-Obando, E., Lagos-Hernández, R., Delgado-Floody, P., & Fuentes-Vilugrón, G. (2025). Pausas activas y funciones cognitivas en el contexto escolar. Una revisión sistemática. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 74, 423–438. <https://doi.org/10.47197/retos.v74.117320>
- Cadenas-Sánchez, C., Migueles, J. H., Verdejo-Román, J., Erickson, K. I., Esteban-Cornejo, I., Catena, A., & Ortega, F. B. (2023). Physical activity, sedentary time, and fitness in relation to brain shapes in children with overweight/obesity: Links to intelligence. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 33(3), 319–330. <https://doi.org/10.1111/sms.14263>
- Chaddock-Heyman, L., Weng, T. B., Loui, P., Kienzler, C., Weissshappel, R., Drollette, E. S., Raine, L. B., Westfall, D., Kao, S. C., Pindus, D. M., Baniqued, P., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2021). Brain network modularity predicts changes in cortical thickness in children involved in a physical activity intervention. *Psychophysiology*, 58(10), 1–21. <https://doi.org/10.1111/psyp.13890>
- de Bruijn, A. G. M., van der Fels, I. M. J., Renken, R. J., Königs, M., Meijer, A., Oosterlaan, J., Kostons, D. D. N. M., Visscher, C., Bosker, R. J., Smith, J., & Hartman, E. (2021). Differential effects of long-term aerobic versus cognitively-engaging physical activity on children's visuospatial working memory related brain activation: A cluster RCT. *Brain and Cognition*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2021.105812>
- Diaz-Castro, J., Garcia-Vega, J. E., Ochoa, J. J., Puche-Juarez, M., Toledano, J. M., & Moreno-Fernandez, J. (2021). Implementation of a Physical Activity Program Protocol in Schoolchildren: Effects on the Endocrine Adipose Tissue and Cognitive Functions. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.761213>
- Drollette, E. S., Pasupathi, P. A., Slutsky-Ganesh, A. B., & Etnier, J. L. (2024). Take a Break for Memory Sake! Effects of Short Physical Activity Breaks on Inhibitory Control, Episodic Memory, and



- Event-Related Potentials in Children. *Brain Sciences*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/brain-sci14070626>
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. In *Current Opinion in Behavioral Sciences* (Vol. 4, pp. 27–32). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.01.005>
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 51, Number 6, pp. 1242–1251). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>
- Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., Raine, L. B., Stillman, C. M., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Catena, A., Ortega, F. B., & Hillman, C. H. (2019). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: Findings from the activebrains and FITKids2 projects. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00208>
- Esteban-Cornejo, I., Stillman, C. M., Rodriguez-Ayllon, M., Kramer, A. F., Hillman, C. H., Catena, A., Erickson, K. I., & Ortega, F. B. (2021). Physical fitness, hippocampal functional connectivity and academic performance in children with overweight/obesity: The ActiveBrains project. *Brain, Behavior, and Immunity*, 91, 284–295. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.10.006>
- Esvald, E. E., Tuvikene, J., Kiir, C. S., Avarlaid, A., Tamberg, L., Sirp, A., Shubina, A., Cabrera-Cabrera, F., Pihlak, A., Koppel, I., Palm, K., & Timmus, T. (2023). Revisiting the expression of BDNF and its receptors in mammalian development. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1182499>
- García Cantó, E., Rosa Guillamón, A., José Carrillo López Ministerio De Educación, P., Deporte, C. Y., & José Pérez-Soto, J. (2021). Relación entre condiciones físicas y atención cognitiva de los niños de educación primaria. *Revista Digital de Educación Física*, 70, 95–113. <https://www.researchgate.net/publication/353038200>
- Haapala, E. A., Lubans, D. R., Jaakkola, T., Barker, A. R., Plaza-Florido, A., Gracia-Marco, L., Solis-Urra, P., Cadenas-Sanchez, C., Esteban-Cornejo, I., & Ortega, F. B. (2024). Which indices of cardiorespiratory fitness are more strongly associated with brain health in children with overweight/obesity? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 34(1). <https://doi.org/10.1111/sms.14549>
- Kjellenberg, K., Ekblom, Tarassova, O., Fernström, M., Nyberg, G., Ekblom, M. M., Helgadóttir, B., & Heiland, E. G. (2024). Short, frequent physical activity breaks improve working memory while preserving cerebral blood flow in adolescents during prolonged sitting - AbbaH teen, a randomized crossover trial. *BMC Public Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-024-19306-y>
- Knatauskaitė, J., Pukėnas, K., Trinkūnienė, L., & Budde, H. (2021). A randomized controlled trial on the influence of two types of exercise training vs control on visuospatial processing and mathematical skills: The role of cortisol. *Physiology and Behavior*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113213>
- Laínez Villao, M. D., Cevallos Suarez, A. P., Vera Rodríguez, B. E., & Alcivar Ponce, J. L. (2025). Deporte, recreación e inteligencia emocional: un estudio bibliométrico sobre su relación con el rendimiento académico (2000–2024). *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 72, 1186–1195. <https://doi.org/10.47197/retos.v73.117603>
- Latomme, J., Calders, P., Waelvelde, H. Van, Mariën, T., & De Craemer, M. (2022). The Role of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in the Relation between Physical Activity and Executive Functioning in Children. *Children*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/children9050596>
- Lind, R. R., Beck, M. M., Wikman, J., Malarski, K., Krstrup, P., Lundbye-Jensen, J., & Geertsen, S. S. (2019). Acute high-intensity football games can improve children's inhibitory control and neurophysiological measures of attention. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(10), 1546–1562. <https://doi.org/10.1111/sms.13485>
- Liu, L., Xin, X., & Zhang, Y. (2025). The effects of physical exercise on cognitive function in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1556721>

- Ludyga, S., Koutsandréou, F., Reuter, E. M., Voelcker-Rehage, C., & Budde, H. (2019). A randomized controlled trial on the effects of aerobic and coordinative training on neural correlates of inhibitory control in children. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jcm8020184>
- Mazzoli, E., Salmon, J., Teo, W. P., Pesce, C., He, J., Ben-Soussan, T. D., & Barnett, L. M. (2021). Breaking up classroom sitting time with cognitively engaging physical activity: Behavioural and brain responses. *PLoS ONE*, 16(7 July). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253733>
- Mazzoli, E., Teo, W. P., Salmon, J., Pesce, C., He, J., Ben-Soussan, T. D., & Barnett, L. M. (2019). Associations of class-time sitting, stepping and sit-to-stand transitions with cognitive functions and brain activity in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph16091482>
- Meijer, A., Königs, M., Pouwels, P. J. W., Smith, J., Visscher, C., Bosker, R. J., Hartman, E., & Oosterlaan, J. (2022). Effects of aerobic versus cognitively demanding exercise interventions on brain structure and function in healthy children—Results from a cluster randomized controlled trial. *Psychophysiology*, 59(8), 1–23. <https://doi.org/10.1111/psyp.14034>
- Mora-González, J., Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Rodriguez-Ayllon, M., Molina-García, P., Hillman, C. H., Catena, A., Pontifex, M. B., & Ortega, F. B. (2019). Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(9), 1352–1363. <https://doi.org/10.1111/sms.13456>
- Mora-González, J., Esteban-Cornejo, I., Migueles, J. H., Rodriguez-Ayllon, M., Molina-Garcia, P., Cadenas-Sanchez, C., Solis-Urra, P., Plaza-Florado, A., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Hillman, C. H., Catena, A., & Ortega, F. B. (2021). Physical fitness and brain source localization during a working memory task in children with overweight/obesity: The ActiveBrains project. *Developmental Science*, 24(3). <https://doi.org/10.1111/desc.13048>
- Mora-González, J., Esteban-Cornejo, I., Solis-Urra, P., Migueles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Molina-Garcia, P., Rodriguez-Ayllon, M., Hillman, C. H., Catena, A., Pontifex, M. B., & Ortega, F. B. (2020). Fitness, physical activity, sedentary time, inhibitory control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains project. *Psychophysiology*, 57(6), 1–18. <https://doi.org/10.1111/psyp.13579>
- Moreau, D., Kirk, I. J., & Waldie, K. E. (2017). High-intensity training enhances executive function in children in a randomized, placebo-controlled trial. *ELife*, 6. <https://doi.org/10.7554/eLife.25062>
- Munn, Z., MCLinSc, S. M., Lisy, K., Riitano, D., & Tufanaru, C. (2015). Methodological guidance for systematic reviews of observational epidemiological studies reporting prevalence and cumulative incidence data. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 147–153. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000054>
- Ortega, F. B., Mora-Gonzalez, J., Cadenas-Sanchez, C., Esteban-Cornejo, I., Migueles, J. H., Solis-Urra, P., Verdejo-Román, J., Rodriguez-Ayllon, M., Molina-Garcia, P., Ruiz, J. R., Martinez-Vizcaino, V., Hillman, C. H., Erickson, K. I., Kramer, A. F., Labayen, I., & Catena, A. (2022). Effects of an Exercise Program on Brain Health Outcomes for Children With Overweight or Obesity: The ActiveBrains Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 5(8), e2227893. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.27893>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Oviedo, C. P., & Soria Viteri, J. (2015). Pregunta de investigación y estrategia PICOT. *Revista Medicina*, 19(1), 66–69. <https://doi.org/10.23878/medicina.v19i1.647>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 372, n71., 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papasideris, M., Ayaz, H., Safati, A. B., Morita, P. P., & Hall, P. A. (2021). Examining the relationships among adolescent health behaviours, prefrontal function, and academic achievement using fNIRS. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100983>
- Pizá-Mir, B., Benito, B., Rodríguez, L., & González, F. (2022). Physical exercise based on active breaks on cognitive function and mathematical competence in undergraduate students. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 45, 970–977. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.92669>



- Plaza-Florido, A., Esteban-Cornejo, I., Mora-Gonzalez, J., Torres-Lopez, L. V., Osuna-Prieto, F. J., Gil-Cosano, J. J., Radom-Aizik, S., Labayen, I., Ruiz, J. R., Altmäe, S., & Ortega, F. B. (2023). Gene-exercise interaction on brain health in children with overweight/obesity: the ActiveBrains randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 135(4), 775–785. <https://doi.org/10.1152/jap-physiol.00435.2023>
- Pulido, R. O., & Ramírez, M. L. (2020). Actividad física, cognición y rendimiento escolar: una breve revisión desde las neurociencias. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 38, 868–878. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.72378>
- Singh, B., Bennett, H., Miatke, A., Dumuid, D., Curtis, R., Ferguson, T., Brinsley, J., Szeto, K., Petersen, J. M., Gough, C., Eglitis, E., Simpson, C. E. M., Ekegren, C. L., Smith, A. E., Erickson, K. I., & Maher, C. (2025). Effectiveness of exercise for improving cognition, memory and executive function: A systematic umbrella review and meta-meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 59, Number 12, pp. 866–876). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108589>
- Tri Kaloka, P., Nopembri, S., & Elumalai, G. (2024). Improvement of Executive Function Through Cognitively Challenging Physical Activity with Nonlinear Pedagogy In Elementary Schools. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 51, 673–682. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101024>
- Uji, M., & Tamaki, M. (2023). Sleep, learning, and memory in human research using noninvasive neuroimaging techniques. *Neuroscience Research*, 189, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2022.12.013>
- Vásquez, E., Mayanza, O., Morejón, S., & Barcia, A. (2025). Impacto de las actividades físico-deportivas en las funciones ejecutivas en estudiantes de Educación General Básica en Milagro. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 68, 838–850. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.115383>
- Wang, C. C., Kuo, J. R., Chen, Y. C., Chio, C. C., Wang, J. J., & Lin, B. S. (2016). Brain tissue oxygen evaluation by wireless near-infrared spectroscopy. *Journal of Surgical Research*, 200(2), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.10.005>
- Williams, R. A., Cooper, S. B., Dring, K. J., Hatch, L., Morris, J. G., Sunderland, C., & Nevill, M. E. (2020). Effect of football activity and physical fitness on information processing, inhibitory control and working memory in adolescents. *BMC Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09484-w>

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Jaime Eduardo Alvarado-Melo	jaimealvme@unisabana.edu.co	Autor
Henry Humberto León-Ariza	henry.leonar@clinicaunisabana.edu.co	Autor
Angela María Figueroa-Palacios	angela.f.p@hotmail.com	Autora
Andrés Rosa-Guillamon	andres.rosa@um.es	Autor
Eliseo García-Canto	eliseo.garcia@um.es	Autor
Jaime Eduardo Alvarado-Melo	jaimealvme@unisabana.edu.co	Traductor