

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN**

TESIS DOCTORAL

**EFFECTO DE LA PRÁCTICA DE BALONMANO Y ATLETISMO
SOBRE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS DE NIÑOS CHILENOS
EN EDAD ESCOLAR**



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Doctorando: Falonn Harryet Contreras Osorio

Directores: Dr. Luis Javier Chiroso Ríos

Dr. Christian Álex Campos Jara



Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación

Departamento de Educación Física y Deportiva
Facultad de Ciencias del Deporte
Universidad de Granada

**Efecto de la práctica de balonmano y atletismo sobre las
funciones ejecutivas de niños chilenos en edad escolar**

Doctorando: Falonn Harryet Contreras Osorio

Directores: Dr. Luis Javier Chiroso Ríos

Dr. Christian Álex Campos Jara

2022

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Falonn Harryet Contreras Osorio
ISBN: 978-84-1117-443-5
URI: <http://hdl.handle.net/10481/76074>

El doctorando / The doctoral candidate Falonn Harryet Contreras Osorio y el Director de la tesis /and the thesis supervisor/s: D. Luis Javier Chiroso Ríos.

Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección del director de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Guarantee, by signing this doctoral thesis, that the work has been done by the doctoral candidate under the direction of the thesis supervisor/s and, as far as our knowledge reaches, in the performance of the work, the rights of other authors to be cited (when their results or publications have been used) have been respected.

Granada, marzo de 2022

Director de la Tesis /
Thesis supervisor/s;
Luis Javier Chiroso Ríos
Christian Álex Campos Jara

Doctorando / Doctoral candidate:
Falonn Harryet Contreras Osorio

Firma / Signed

Firma / Signed

Dedicatoria

A mi familia, por su generosa comprensión y apoyo.

A mis hijas, por compartir a su madre con este nuevo proyecto.

F. Contreras-Osorio.

Agradecimientos

Agradecimientos

- A Christian, porque es parte esencial de este logro y de los que vendrán. Gracias por compartir este proyecto y formar parte de mi vida.
- A mi Director, Dr. Luis Javier Chiroso Ríos, porque su constante apoyo y gran generosidad impulsó este trabajo, porque es un ejemplo a seguir como profesional y como persona.
- A todos quienes contribuyeron, ofreciendo su tiempo y compartiendo sus conocimientos, especialmente a Iris Paola Guzmán, Darío Martínez, Rodrigo Ramírez, Rodrigo Campos y Enrique Cerda.
- A la Universidad Andrés Bello, por ofrecer las condiciones necesarias para desarrollar este proyecto.
- A la Universidad de Granada, por aceptarme en su programa de Doctorado y abrirme las puertas de esta hermosa área.
- A la Red Pleokinetic, por incluirme entre sus miembros y celebrar juntos los pequeños y grandes triunfos.

Índice

TABLA DE CONTENIDO

1.	<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	20
2.	<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	24
3.	<u>LISTADO DE ABREVIATURAS</u>	28
4.	<u>RESUMEN</u>	32
5.	<u>ABSTRACT OF THE THESIS</u>	38
6.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	44
7.	<u>MARCO CONCEPTUAL</u>	49
7.1	DESARROLLO DE HABILIDADES MOTORAS Y COGNITIVAS	49
7.2	FUNCIONES EJECUTIVAS	50
7.2.1	DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN LA INFANCIA Y ADOLESCENCIA	52
7.2.2	EVALUACIÓN DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN LA EDAD ESCOLAR	55
7.3	RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA, CONDICIÓN FÍSICA, PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y FUNCIONES EJECUTIVAS	59
7.3.1	MECANISMOS QUE EXPLICAN LA RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y HABILIDADES COGNITIVAS	61
7.3.2	PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y FUNCIONES EJECUTIVAS	63
7.4	DEPORTE Y FUNCIONES EJECUTIVAS	64
7.4.1	INFLUENCIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE DEPORTE SOBRE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS	65
7.4.2	DEMANDA COGNITIVA EN EL DEPORTE	67
8.	<u>APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u>	74
9.	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	79
9.1	E1: EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES DEPORTIVAS SOBRE LA FUNCIÓN EJECUTIVA DE LOS NIÑOS; UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS	79
9.2	E2: EFECTOS DEL TIPO DE PRÁCTICA DEPORTIVA SOBRE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS DE ESCOLARES	79
9.3	E3: PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS, ACTIVIDAD FÍSICA, CONDICIÓN FÍSICA Y FUNCIONES EJECUTIVAS EN ESCOLARES DE EDUCACIÓN BÁSICA	79
10.	<u>HIPÓTESIS</u>	83
10.1	HIPÓTESIS E2	83
10.2	HIPÓTESIS E3	83
11.	<u>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u>	88
11.1	TIPOS DE ESTUDIOS	88
11.2	DISEÑO METODOLÓGICO	88
11.2.1	DISEÑO METODOLÓGICO PARA E1	88
11.2.2	DISEÑO METODOLÓGICO PARA E2 Y E3	92
11.3	PROCEDIMIENTOS PARA E2 Y E3	93
11.3.1	MEDICIÓN DE FUNCIONES EJECUTIVAS	93
11.3.2	MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA	94

11.3.3	MEDICIÓN DE PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y DE CONDICIÓN FÍSICA	95
11.3.4	PROCEDIMIENTO GENERAL E2	96
11.3.5	PROCEDIMIENTO GENERAL E3	100
11.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	101
12.	<u>RESULTADOS</u>	106
12.1	RESULTADOS E1	106
12.2	RESULTADOS E2	113
12.3	RESULTADOS E3	121
13.	<u>DISCUSIÓN</u>	129
13.1	DISCUSIÓN E1	129
13.2	DISCUSIÓN E2	134
13.3	DISCUSIÓN E3	139
14.	<u>CONCLUSIONES</u>	150
15	<u>LIMITACIONES DEL ESTUDIO</u>	155
16.	<u>FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</u>	159
17.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	163
18.	<u>ANEXOS</u>	199
18.1	ANEXOS 1	199
18.2	ANEXOS 2	200
18.3	ANEXOS 3	203

Índice de tablas

1. ÍNDICE DE TABLAS

Nº Tabla	Título	Pág.
Tabla 1	Detalle del alcance y diseño de investigación.	88
Tabla 2	Términos de búsqueda y palabras clave utilizadas en cada base de datos.	90
Tabla 3	Programa de entrenamiento en balonmano.	99
Tabla 4	Programa de entrenamiento en atletismo.	100
Tabla 5	Características de los participantes de los estudios seleccionados para la revisión.	106
Tabla 6	Escala PEDro de los estudios incluidos.	107
Tabla 7	Características de la intervención de los estudios incluidos.	108
Tabla 8	Características demográficas, parámetros antropométricos, actividad física, condición física y función ejecutiva pre-post intervención por grupo.	114
Tabla 9	Factores relacionados con una pérdida o cambio nulo en los decatipos de ENFEN.	121
Tabla 10	Edad, parámetros antropométricos, actividad física, condición física y decatipos de ENFEN según sexo.	122
Tabla 11	Relación lineal entre parámetros antropométricos y funciones ejecutivas.	123
Tabla 12	Relación lineal entre actividad física, condición física y funciones ejecutivas.	124
Tabla 13	Asociación entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas.	125

Índice de figuras

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Título	Pág.
Figura 1	Diagrama de flujo de los estudios incluidos en el metaanálisis.	89
Figura 2	Gráfico de embudo de los estudios incluidos para evaluar el riesgo potencial de sesgo.	109
Figura 3	Diagrama de bosque de los efectos sobre la función ejecutiva.	110
Figura 4	Diagrama de bosque de los efectos sobre la memoria de trabajo.	111
Figura 5	Diagrama de bosque de los efectos sobre el control inhibitorio.	112
Figura 6	Diagrama de bosque de los efectos sobre la flexibilidad cognitiva.	113
Figura 7	Frecuencia de cambio entre los momentos pre y post intervención para los decatipos de las tareas de ENFEN entre los grupos.	117
Figura 8	Análisis de correlación entre los puntajes de PAQ-C y los decatipos de ENFEN pre y post intervención para cada grupo.	119
Figura 9	Asociaciones entre la ganancia en la puntuación del PAQ-C y los decatipos de ENFEN por grupo.	120

Listado de abreviaturas

3. LISTADO DE ABREVIATURAS

ENFEN	Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños.
F1	Tarea fluencia fonológica.
F2	Tarea fluencia semántica.
S1	Tarea sendero gris.
S2	Tarea sendero a color.
A	Tarea anillas.
IN	Tarea interferencia.
PAQ-C	Physical Activity Questionnaire for older Children.
IMC	Índice de masa corporal.
CC	Circunferencia de cintura.
ICE	Índice cintura-estatura.
TM6'	Test de marcha de seis minutos.
EPInfant	Escala de medición de esfuerzo percibido infantil.
DME	Diferencia de medias estandarizada.
DE	Desviación estándar.
IC	Intervalo de confianza.

Resumen

4. RESUMEN

Introducción: El deporte es una actividad que genera amplios beneficios para la salud en niños y adolescentes. Sin embargo, un ámbito escasamente abordado es el estudio de los deportes en el contexto educativo, considerando que sus características inherentes permitirían mejorar habilidades cognitivas específicas como las funciones ejecutivas. Los deportes, además de ser atractivos, cognitivamente desafiantes y enfocados en un objetivo, fomentan el desarrollo emocional y social de los niños, potenciando el compromiso personal, la confianza y el orgullo al alcanzar los logros esperados. Estos atributos, junto con otros que caracterizan a algunos tipos específicos de deporte (como las demandas generadas frente a situaciones de interacción entre equipos), favorecen el desarrollo de este conjunto de procesos mentales identificado como “funciones ejecutivas”, que permiten la regulación de pensamientos y acciones durante el comportamiento dirigido a objetivos, siendo responsables del monitoreo y control de los mecanismos que median el uso de la información. Estas habilidades son fundamentales para enfrentar los procesos de aprendizaje y los nuevos desafíos que forman parte del contexto escolar.

Objetivo: La tesis doctoral tiene como objetivo general determinar los efectos de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares sanos. Lo anterior llevó a plantear tres objetivos específicos: (i) analizar toda la información disponible relacionada con el efecto de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares sanos; (ii) analizar las diferencias en la función ejecutiva de niños que practican un deporte de equipo (balonmano), un deporte individual (atletismo) y controles que no participan en actividades deportivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas y (iii) analizar las posibles asociaciones entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas en estudiantes chilenos de educación básica en el momento en que se reintegran a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia

COVID-19 en Chile; cada uno de estos objetivos específicos corresponde a un estudio (E).

Metodología: E1: revisión sistemática y metaanálisis; E2: estudio de tipo cuasi experimental longitudinal; E3: estudio de tipo descriptivo transversal. Para los estudios E2 y E3 participaron voluntariamente 90 estudiantes (género masculino, n = 46; género femenino, n = 44) pertenecientes a un colegio de la comuna de Las Condes, ciudad de Santiago de Chile (Chile), de los niveles quinto y sexto año básico, con edades comprendidas entre los 10 y 12 años (media \pm desviación estándar edad = 11.45 \pm 0.68 años). Las principales variables evaluadas fueron función ejecutiva (memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad cognitiva y planificación), parámetros antropométricos (peso, estatura, índice de masa corporal, circunferencia de cintura e índice cintura estatura), actividad física y condición física (capacidad cardiorrespiratoria, potencia muscular de piernas, fuerza prensil de mano y velocidad de desplazamiento - agilidad).

Resultados: E1: Los programas de intervención basados en el deporte para niños y adolescentes sanos tienen un efecto significativo sobre las principales dimensiones de la función ejecutiva, memoria de trabajo (ES -1.25; 95% CI -1.70; -0.79; $p < 0.0001$), control inhibitorio (ES -1.30; 95% CI -1.98; -0.63; $p < 0.00001$) y flexibilidad cognitiva (ES -1.52; 95% CI -2.20; -0.83; $p < 0.00001$). E2: La intervención mediante atletismo mejoró el desempeño en fluidez semántica ($p = 0,007$), mientras que el grupo de balonmano aumentó su capacidad de inhibición ($p = 0,034$). Además, la actividad física mejoró en ambos grupos de intervención ($p < 0,001$). Mientras que el rendimiento en velocidad de desplazamiento - agilidad mejoró en el grupo de balonmano tras la intervención ($p = 0,008$), la potencia muscular de piernas mejoró en el atletismo ($p = 0,04$) y se observó evidencia de mejora en la fuerza prensil de mano en el balonmano ($p = 0,037$). A su vez, un aumento en la actividad física mostró una asociación con los decatipos de las dimensiones evaluadas para funciones ejecutivas. E3: Mayores índices antropométricos relacionados con adiposidad se relacionaron con una menor memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, planificación y atención ($r = -0,55$ a $-0,22$; $p = 0,031$ a $<0,001$). Por el contrario, mayores niveles de actividad física se relacionaron con una mejor memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, inhibición y atención ($r = 0,19$ a $0,23$;

$p= 0,04$ a $0,02$). Del mismo modo, un mejor rendimiento en velocidad de desplazamiento - agilidad se relacionó con una mejor memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, inhibición, planificación y atención ($r= -0,54$ a $-0,26$; $p= 0,01$ a $<0,001$). Además, una mayor potencia muscular de piernas se relacionó con una mejor memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y atención ($r= 0,21$ a $0,24$; $p= 0,02$ a $0,04$). Por último, una mayor fuerza prensil de mano se relacionó con mejores habilidades de memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, inhibición, planificación y la atención ($r= 0,20$ a $0,31$; $p= 0,04$ a $0,002$).

Conclusión: Al finalizar esta tesis doctoral se puede concluir que, tras una revisión sistemática y metaanálisis, el deporte ha demostrado tener un efecto positivo en la función ejecutiva de niños y adolescentes. Además, sugiere que el deporte organizado puede ser una mejor opción para el desarrollo de la función ejecutiva que el simple aumento de la actividad física. Los escolares que practican deporte de forma sostenida durante 12 semanas presentan mejoras en el rendimiento de sus funciones ejecutivas en flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y control inhibitorio, mientras que el aumento de la actividad física en estos grupos se asocia también con mejoras en atención y planificación, principalmente en el grupo que practica un deporte de equipo. Por otra parte, los parámetros antropométricos, la actividad física y la condición física están relacionadas con las funciones ejecutivas y la atención en escolares. Los presentes hallazgos sugieren la necesidad de implementar intervenciones deportivas que favorezcan el aumento de la actividad física, la condición física y parámetros antropométricos saludables en escolares para mejorar su desarrollo cognitivo.

Palabras claves: funciones ejecutivas; deporte; actividad física; condición física; antropometría.

Abstract of the thesis

5. ABSTRACT OF THE THESIS

Introduction: Sport is an activity that generates wide-ranging health benefits in children and adolescents. However, the study of sports in the educational context has been scarcely addressed, considering that its inherent characteristics would allow improving specific cognitive skills such as executive function. In addition to being attractive, cognitively challenging and goal-focused, sports foster the emotional and social development of children, enhancing personal commitment, confidence, and pride in achieving the expected accomplishments. These attributes, together with others that characterize some specific types of sport (such as the demands generated in situations of team interaction), favor the development of this set of mental processes identified as "executive functions", which allow the regulation of thoughts and actions during goal-directed behavior, being responsible for the monitoring and control of the mechanisms that mediate the use of information. These skills are fundamental to face learning processes and the new challenges that are part of the school context.

Objective: The general objective of this doctoral thesis was to determine the effects of sports practice on executive functions in healthy schoolchildren. This led to three specific objectives: (i) to analyze all the available information related to the effect of sports practice on executive functions in healthy schoolchildren; (ii) to analyze the differences in the executive function of children playing a team sport (handball), an individual sport (athletics) and controls who do not participate in sports activities after a 12-week intervention period, and (iii) to analyze the possible associations between physical activity, physical fitness, anthropometric parameters, and executive functions among primary school children when they return to the classroom in person after >18 months of social isolation and the implementation of restrictions due to the COVID-19 pandemic in Chile; each of these specific objectives corresponds to a study (E).

Methodology: To respond to the general objective and the specific objectives, the following were proposed: E1: systematic review and meta-analysis; E2: longitudinal

quasi-experimental study; E3: cross-sectional descriptive study. For studies E2 and E3, 90 boys and girls (male gender, $n = 46$; female gender, $n = 44$) from a school in the Las Condes commune, Santiago de Chile (Chile), in the fifth and sixth grade, aged between 10 and 12 years ($M \pm SD = 11.45 \pm 0.68$ years) participated voluntarily. The main variables evaluated were executive function (working memory, inhibition, cognitive flexibility and planning), physical activity, physical fitness (aerobic fitness, lower-body muscular power, upper body muscular strength and sprint performance), and anthropometric parameters (body weight, body height, body mass index, waist circumference and waist-to-height ratio).

Results: E1: Sports programs for healthy children and adolescents have a significant effect on the executive function of the participants. Large effect sizes were found in all categories: working memory (ES -1.25 ; 95% CI -1.70 ; -0.79 ; $p < 0.0001$); inhibitory control (ES -1.30 ; 95% CI -1.98 ; -0.63 ; $p < 0.00001$); and cognitive flexibility (ES -1.52 ; 95% CI -2.20 ; -0.83 ; $p < 0.00001$). E2: The athletics intervention promoted semantic fluency ($p = 0.007$), whereas handball increased inhibition ($p = 0.034$). Additionally, physical activity improved in both intervention groups ($p = < 0.001$), whereas sprint performance improved in the handball group following intervention ($p = 0.008$), lower body muscular power improved in athletics ($p = 0.04$), and evidence of improvement in upper body muscular strength was noted in handball ($p = 0.037$). In turn, an increase in the Physical Activity Questionnaire for older Children score showed an association with the Standard Ten scores of executive functions. E3: Higher fat-related anthropometric indexes were associated with lower working memory, cognitive flexibility, planning, and attention ($r = -0.55$ to -0.22 ; $p = 0.031$ to <0.001). In contrast, higher physical activity levels, better sprint performance, higher lower-body muscular power, and greater upper body muscular strength were associated with better working memory, cognitive flexibility, inhibition, planning and attention ($r = 0.19$ to -0.54 ; $p = 0.04$ to <0.001).

Conclusion: At the end of this doctoral thesis it can be concluded that, after a systematic review and meta-analysis, sport can have a positive effect on executive function in children and adolescents. Furthermore, it suggests that organized sport may

be a better option for the development of executive function than simply increasing physical activity. Schoolchildren who practice sport on a sustained basis for 12 weeks show improvements in their executive function performance in cognitive flexibility, working memory and inhibitory control, while increased physical activity in these groups is also associated with improvements in attention and planning, mainly in the group practicing a team sport. On the other hand, anthropometry, physical activity and physical fitness are related to executive functions and attention in schoolchildren. The present findings suggest the need to implement sports interventions that favor the increase of physical activity, physical fitness and healthy anthropometric parameters in schoolchildren to improve their cognitive development.

Keywords: executive functions; sport; physical activity; physical fitness; anthropometry.

Introducción

6. INTRODUCCIÓN

La infancia y adolescencia son periodos relevantes para el desarrollo de habilidades motoras complejas y habilidades cognitivas de orden superior como las funciones ejecutivas, existiendo entre ambas una estrecha relación. Al interactuar con su entorno, los niños y adolescentes se enfrentan a experiencias que requieren control, coordinación e integración de múltiples movimientos corporales en un sistema coherente y organizado, lo que impulsa el desarrollo cognitivo y permite la adquisición de habilidades motoras nuevas, variadas y complejas. Sin embargo, la práctica de tareas motoras conduce a la automaticidad, momento en el cual los recursos cognitivos, representados por las funciones ejecutivas y otros como la atención, pueden destinarse a un nuevo aprendizaje motor que requiera la participación de estas habilidades. Este proceso se observa claramente durante el aprendizaje de un deporte.

La práctica deportiva agrupa un conjunto de características compatibles con los requisitos necesarios para impulsar el desarrollo cognitivo y, en especial, de las funciones ejecutivas. Uno de estos elementos se refiere a la incorporación de actividades progresivamente más desafiantes que obedecen a la estructura propia de cada deporte y, a la vez, se vinculan con los intereses de quienes los practican, favoreciendo su motivación. En el caso de los niños, los estudios que comparan diferentes tipos de deporte sugieren que quienes participan en deportes de habilidad abierta evidencian un desempeño superior en función ejecutiva en comparación con sus pares que practican deportes de habilidad cerrada y controles sedentarios. Los deportes colectivos destacan especialmente, dado que la colaboración con compañeros de equipo, trabajando juntos para cumplir un objetivo compartido, la interacción con miembros de un equipo rival, el elevado nivel de incertidumbre y la necesidad de dar soluciones rápidas a los problemas derivados del juego, aportan estímulos adicionales a los que tienen lugar en deportes individuales.

Por otra parte, la situación sanitaria actual a nivel mundial, marcada por la pandemia a causa de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19), trajo consigo una serie de

limitaciones a la libre circulación, la implementación de medidas de confinamiento y suspensión de actividades presenciales en colegios para muchos países. En respuesta a ello, existe un amplio cuerpo de evidencia, aún en desarrollo, que describe las consecuencias de estas estrategias en los estilos de vida, la salud mental y la salud física de los niños. Particularmente en Chile, la interrupción del funcionamiento de colegios y sus correspondientes clases de educación física durante todo 2020 y parte de 2021, impactaron directamente las experiencias educativas de los niños en edad escolar en torno a la actividad física y deportiva, perjudicando su condición física y favoreciendo el aumento de peso corporal. En este contexto, también se ha descrito una disminución en el desempeño cognitivo de los niños, específicamente en funciones ejecutivas, lo que podría verse influido por la disminución en el nivel de actividad física, menor condición física y el aumento de peso en esta población.

La presente investigación tiene como objetivo general determinar los efectos de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares sanos. Lo anterior llevó a plantear tres objetivos específicos: (i) analizar toda la información disponible relacionada con el efecto de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares sanos; (ii) analizar las diferencias en la función ejecutiva de niños que practican un deporte de equipo (balonmano), un deporte individual (atletismo) y controles que no participan en actividades deportivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas y (iii) analizar las posibles asociaciones entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas en estudiantes chilenos de educación básica en el momento en que se reintegran a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile; cada uno de estos objetivos específicos corresponde a un estudio (E).

Marco conceptual

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1 DESARROLLO DE HABILIDADES MOTORAS Y COGNITIVAS

La infancia es un periodo relevante para el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas, existiendo entre ambas una estrecha relación, especialmente en torno a habilidades motoras complejas y habilidades cognitivas de orden superior como las funciones ejecutivas (Gandotra et al., 2021; McClelland & Cameron, 2019; van der Fels et al., 2015). Esta interrelación se observa desde etapas muy tempranas, en donde los niños deben manifestar respuestas específicas pero flexibles a situaciones nuevas y variadas, lo que fomenta su capacidad de aprendizaje (Adolph, 2008).

Las perspectivas teóricas actuales sugieren que los niños, al interactuar con su entorno, se enfrentan a experiencias que requieren control, coordinación e integración de múltiples movimientos corporales en un sistema coherente y organizado, lo que impulsa el desarrollo cognitivo y permite la adquisición de habilidades motoras nuevas, variadas y complejas (McClelland & Cameron, 2019). Sin embargo, la práctica de tareas motoras conduce a la automatización, momento en el cual los recursos cognitivos, representados por las funciones ejecutivas y otros como la atención, pueden destinarse a un nuevo aprendizaje motor que requiera la participación de estas habilidades (Gandotra et al., 2021; McClelland & Cameron, 2019). Por lo tanto, si las funciones ejecutivas ya no están implicadas en la realización de una tarea motora automatizada, resulta más fácil la ejecución simultánea de una segunda tarea que sí requiere participación de las funciones ejecutivas (Floyer-Lea & Matthews, 2004). Esta relación se manifiesta claramente en el aprendizaje de un deporte y nos permite comprender la forma en que las características cualitativas del ejercicio pueden ser utilizadas para obtener beneficios cognitivos (Pesce, 2012).

Estudios que demuestran la activación paralela de diferentes regiones cerebrales implicadas en la realización de tareas motoras complejas y de funciones ejecutivas, como la corteza prefrontal, el cerebelo y los ganglios basales, apoyan esta relación funcional (Diamond, 2000; Pangelinan et al., 2011; Valkenborghs et al., 2019).

7.2 FUNCIONES EJECUTIVAS

Las funciones ejecutivas son un conjunto de procesos mentales que, mediante su influencia sobre otras habilidades cognitivas consideradas de nivel inferior, permiten la regulación de pensamientos y acciones durante el comportamiento dirigido a objetivos, siendo responsables del monitoreo y control de los mecanismos que median el uso de la información (Friedman & Miyake, 2017). El uso de estas habilidades implica esfuerzo, pero nos permite tener un comportamiento adaptativo y eficiente en situaciones que requieren control atencional, análisis de múltiples variables y una conducta planificada para lograr un objetivo (Diamond, 2013). Existe consenso para su clasificación en tres funciones ejecutivas centrales: inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva (Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000). A partir de ellas, se organizan otras funciones ejecutivas de orden superior, como el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación (Collins & Koechlin, 2012).

La inhibición nos permite controlar la atención, el comportamiento, los pensamientos y/o las emociones para anular una fuerte predisposición interna por seguir impulsos, dar respuestas condicionadas o actuar bajo el control de estímulos ambientales, resistiendo la distracción o la interferencia de información irrelevante proveniente del entorno o la memoria (Friedman & Miyake, 2017; Munakata et al., 2011). El control inhibitorio de la atención o control de la interferencia, a nivel perceptivo, nos permite atender selectivamente a un estímulo que deliberadamente elegimos suprimiendo otros elementos irrelevantes para nuestros fines (Mullane et al., 2009). Este proceso voluntario ha recibido también otras denominaciones, como atención selectiva, control atencional o atención ejecutiva (Posner & DiGirolamo, 1998; Theeuwes, 2010). Otro aspecto del control de la interferencia es la inhibición cognitiva, cuyo propósito es la supresión de representaciones mentales irrelevantes para la tarea en curso, ya sean estas pensamientos o recuerdos no deseados, lo que contribuye con otros procesos cognitivos como la memoria de trabajo (Noreen & Macleod, 2015). Por otra parte, el control inhibitorio también implica el autocontrol, que nos permite resistir tentaciones,

completar las acciones que iniciamos sin darnos por vencidos y retrasar la gratificación (es decir, obligarse a renunciar a un placer inmediato por una recompensa mayor posterior) (Louie & Glimcher, 2010). Esta capacidad hace posible que podamos completar una tarea larga que requiere esfuerzo, evitar decir lo primero que se viene a nuestra mente o llegar a conclusiones precipitadas antes de obtener toda la información sobre los hechos, disminuyendo la probabilidad de cometer errores de impulsividad (Diamond, 2013).

La memoria de trabajo hace posible mantener información en mente y realizar operaciones cognitivas con ella, pudiendo relacionar elementos que se presentan en distintos momentos en el tiempo, generar planes de acción incorporando nueva información y considerando distintas alternativas, identificar relaciones entre diferentes ideas y analizar separadamente componentes de un todo integrado, facilitando nuestra capacidad de razonamiento (Diamond, 2013). Se consideran 2 tipos de memoria de trabajo en función de su contenido, la memoria de trabajo verbal y la memoria de trabajo no verbal (visual-espacial) (Baddeley, 2012). Se describe, además, una función de actualización de la memoria de trabajo, que permitiría reemplazar continuamente la información desactualizada con datos nuevos relevantes, de acuerdo con las demandas de la tarea (Carriedo et al., 2016). Por ello, la memoria de trabajo también influye sobre nuestra capacidad para tomar decisiones, aportando conocimiento conceptual a la información perceptiva que valora constantemente nuestro sistema cognitivo (Diamond, 2013). La memoria de trabajo y el control inhibitorio coexisten y se colaboran mutuamente, ya que es necesario mantener un objetivo en mente para saber qué es necesario inhibir, o bien deben inhibirse viejos patrones de pensamiento para recombinar ideas o hechos de formas nuevas y creativas (Kane et al., 2007). Parece existir, por lo tanto, una estrecha relación entre memoria de trabajo, atención selectiva y atención focalizada, dado que centrarse en la información que tenemos en mente es homologable a focalizar nuestra atención en dichos contenidos durante varios segundos (Stedron et al., 2005). Además, la memoria de trabajo, al poseer una capacidad limitada, requiere de la inhibición para mantener su espacio de trabajo mental limpio de material innecesario, lo cual podría interferir con

el procesamiento de la información, aumentando las posibilidades de cometer errores (Baddeley, 2012).

La flexibilidad cognitiva es la habilidad que permite ajustar nuestro comportamiento de manera adecuada y eficiente a los cambios del entorno (Dajani & Uddin, 2015). Para ello, el sujeto debe identificar los cambios ocurridos, asegurarse de que la estrategia anterior ya no es la más adecuada, inhibir o desconectarse de una tarea o perspectiva anterior y reconfigurar un nuevo conjunto de información que permita generar una respuesta diferente, activando y manipulando información en la memoria de trabajo. De esta forma, la flexibilidad cognitiva interactúa con los demás componentes de la función ejecutiva para cumplir con las nuevas demandas del contexto o la tarea (Dajani & Uddin, 2015; Diamond, 2013). La flexibilidad cognitiva permite cambiar las perspectivas con que analizamos un estímulo espacialmente, interpersonalmente (desde el punto de vista de otra persona) o cambiar la forma en que pensamos acerca de algo, por ejemplo, mediante la búsqueda de soluciones novedosas o creativas para abordar un problema (Howlett et al., 2021).

La función ejecutiva se encuentra entre las habilidades cognitivas más estudiadas durante la infancia y adolescencia, ya que potencia la capacidad de respuesta a exigencias del ambiente, influyendo sobre la salud física, el éxito escolar, el desarrollo cognitivo, social y psicológico (Diamond, 2013).

7.2.1 Desarrollo de las funciones ejecutivas en la infancia y adolescencia

Las funciones ejecutivas tienen un curso de desarrollo particularmente prolongado, experimentando numerosos cambios que demoran más de dos décadas en alcanzar la madurez completa (Diamond, 2002). Mientras que las bases de la función ejecutiva surgen a lo largo del primer año de vida, el desempeño en tareas más complejas no logra su mayor nivel hasta la adolescencia e incluso la adultez temprana (Anderson, 2002; Best, 2010). La infancia media (6 a 12 años), sin embargo, es un periodo especialmente

relevante para el desarrollo de estas habilidades, ya que el inicio de la escolarización formal en su ciclo básico presenta altas demandas académicas y sociales como, por ejemplo, adecuar sus niveles de atención al entorno escolar, ignorar distracciones en el aula o regular las emociones para ajustar su comportamiento y relacionarse con sus pares (Fernández et al., 2021; Poon, 2018).

El desarrollo observado en las funciones ejecutivas presenta un correlato estructural con regiones corticales prefrontales (Gogtay et al., 2004; Tamnes et al., 2013) y con los tractos de materia blanca que conectan dicha corteza con una gran cantidad de regiones cerebrales anatómicamente separadas, brindando conectividad estructural y funcional dentro de las redes cerebrales (Goddings et al., 2021). Durante los años de preadolescencia, se describe un último gran aumento de volumen de la materia gris cortical en las áreas frontales, que parece alcanzar el punto de crecimiento más alto entre los 11 y 12 años para niñas y niños, respectivamente (De Luca & Leventer, 2008; Rapoport et al., 1999). Aunque la corteza prefrontal todavía juega un papel importante en las funciones ejecutivas a lo largo del desarrollo, debe considerarse dentro del contexto de una interacción constante con otros nodos clave que integran diferentes redes cerebrales, las cuales comienzan a activarse y funcionar desde el primer año de vida, experimentando cambios sustanciales a lo largo de la infancia y la adolescencia, tanto en términos de conectividad como de especialización funcional (Fiske & Holmboe, 2019).

El control inhibitorio es una habilidad bastante difícil para los niños pequeños (Diamond, 2013). A partir de los 3 años se ha descrito el desempeño de los niños en tareas que denotan inhibición de respuestas automáticas y capacidad de resistir a la interferencia de distractores en una tarea de conflicto (Gandolfi et al., 2014), identificándose progresos para la inhibición de respuestas dominantes cognitivas y motoras, así como para respuestas de espera con contenido emocional (Lozano & Ostrosky, 2011). Esto sugiere que los niños en edad preescolar poseen cierta capacidad de control inhibitorio, aunque aún son inmaduros y sensibles a las demandas de la tarea (Best, 2010). Sin embargo, el número de respuestas correctas aumenta significativamente con la edad, alcanzando niveles cercanos al de un adulto hacia los 14

o 15 años y siendo el proceso que mejor se establece en la edad adulta (Luna, 2009; Luna et al., 2004). Un estudio longitudinal que describió el desempeño de 1000 niños nacidos en la misma ciudad y en el mismo año durante 32 años, con una tasa de retención del 96%, mostró que los niños que manifestaron mejor control inhibitorio entre los 3 y los 11 años (por ejemplo, eran mejores para esperar su turno, se distraían con menos facilidad, eran más persistentes y menos impulsivos), en la adolescencia tenían mayor probabilidad de continuar sus estudios y menor probabilidad de seguir conductas de riesgo como el consumo de sustancias ilícitas. En la edad adulta, los niños con mejor control inhibitorio manifestaron mejor salud física y mental, incluyendo menor tendencia al sobrepeso y a la hipertensión arterial, además de poseer mayores ingresos y ser más respetuosos de la ley (Moffitt et al., 2011).

Por otra parte, la estructura modular básica de la memoria de trabajo se encuentra presente a partir de los 6 años de edad, mientras que cada componente experimenta una considerable expansión en su capacidad funcional a lo largo de la infancia y adolescencia (Best, 2010; Gathercole et al., 2004; Luciana et al., 2005). El desempeño en tareas de memoria de trabajo ha mostrado un aumento lineal entre los 4 y los 14 años, con una estabilización hacia los 14 y 15 años (Garon et al., 2008; Gathercole et al., 2004). La edad en que se logra un dominio de estas habilidades depende en mayor medida del grado de procesamiento involucrado (complejidad de la tarea) más que del contenido a ser procesado (material verbal versus material visual-espacial) (Conklin et al., 2007; Luciana et al., 2005). Se ha descrito que el rendimiento en la función de actualización de la memoria de trabajo presenta un aumento progresivo desde los 7 a los 15 años, estabilizándose luego de dicho periodo para los procesos de mantención de información, pero continuando hasta la adultez temprana para los procesos que permiten supresión o inhibición de información irrelevante (Carriedo et al., 2016).

La flexibilidad cognitiva comienza su desarrollo en la primera infancia y manifiesta un importante aumento entre los 7 y 9 años de edad, describiéndose que alcanza niveles cercanos a los de un adulto entre las edades de 10 a 12 años (Dajani & Uddin, 2015;

Dick, 2014). Sin embargo, su desempeño sigue mejorando durante la adolescencia (Anderson, 2002), alcanzando su máximo desarrollo entre los 21 y 30 años (Cepeda et al., 2001). La inhibición y la memoria de trabajo contribuyen para lograr un desempeño exitoso en tareas que requieren flexibilidad cognitiva, lo que se ha evidenciado a partir de los cuatro años y medio, favoreciendo sus habilidades de representación de metas para ejercer control sobre los pensamientos y acciones (Chevalier et al., 2012). Por lo tanto, antes de que los niños puedan cambiar con éxito entre conjuntos de respuestas, deben ser capaces de mantener dicha información en su memoria de trabajo e inhibir la activación de un conjunto de datos en función de otro, según las características de la tarea (Garon et al., 2008).

Un estudio reciente que evaluó control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y planificación en una muestra de niños (8 a 12 años), adolescentes (13 a 17 años) y adultos jóvenes (18 a 24 años) saludables coincide con estudios previos (Dajani & Uddin, 2015; Luna, 2009) al sugerir que todas las funciones ejecutivas evaluadas alcanzan su madurez durante la adolescencia (Gordon-Murer et al., 2021). Esto concuerda con investigaciones que muestran la trayectoria de maduración de las principales áreas cerebrales vinculadas con el funcionamiento ejecutivo, dado el aumento de la mielinización y los cambios en la densidad de la materia blanca y gris en esta etapa del desarrollo (Luna et al., 2010; Romero et al., 2021).

7.2.2 Evaluación de las funciones ejecutivas en la edad escolar

Las funciones ejecutivas se entienden como un constructo teórico multidimensional que presenta diversos desafíos al momento de ser evaluado (Pereira et al., 2018). Uno de ellos es la gran variedad de tareas utilizadas para valorar estos procesos mentales, sin existir acuerdo sobre cuáles de ellas son las más apropiadas para este propósito (Miyake et al., 2000; Wade et al., 2020). Una revisión sistemática analizó las pruebas cognitivas utilizadas en la investigación experimental relacionada con actividad física en población de niños y adolescentes, identificando un total de 109 estudios que incluyeron 60 tareas cognitivas diferentes, lo que evidencia la gran cantidad de medidas utilizadas en este campo (Wade et al., 2020). En este estudio, las pruebas más usadas

se enfocaron en la evaluación de funciones ejecutivas y atención, las que fueron (ordenadas de mayor a menor porcentaje en relación con el total de estudios incluidos): Flanker, orientada a la evaluación de flexibilidad cognitiva (12,7%); Stroop, cuyo contenido es el control inhibitorio en torno a la supresión de la interferencia (12,2%); prueba d2 de atención (7,7%); N-Back, orientada a medir actualización de la memoria de trabajo (6,6%); Trail Making Test, para evaluar flexibilidad cognitiva (5,5%), y la tarea Span de Dígitos para evaluar memoria de trabajo verbal (5%). En conjunto, estas seis pruebas representaron aproximadamente el 50% de todas las tareas identificadas. Además, las pruebas que miden el desempeño en torno a las funciones ejecutivas suelen evaluar simultáneamente varios procesos operativos distintos que se encuentran parcialmente superpuestos, lo que se ha denominado “impureza de la tarea” (Miyake et al., 2000).

Otro estudio de revisión reciente identificó las tareas más utilizadas para evaluar las principales dimensiones de la función ejecutiva, es decir, memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad cognitiva, en niños de 6 a 12 años entre los años 2015 a 2020 en los idiomas inglés y español (Fernández et al., 2021). A modo de ejemplo, estos autores describen que la memoria de trabajo fue la función ejecutiva más investigada (24/34 estudios que evaluaron alguna de las tres principales dimensiones de las funciones ejecutivas), evidenciando el uso de 5 diferentes grupos de tareas que obedecen a principios homologables para evaluar memoria de trabajo visuoespacial. También se describe la evaluación de memoria de trabajo verbal, utilizando principalmente diferentes variantes de la tarea de extensión de dígitos en orden directo e inverso, y de la actualización mediante tareas basadas en el paradigma "N-back".

La evaluación de la inhibición en la edad escolar se enfoca principalmente en la capacidad de suprimir una respuesta preponderante y en la capacidad de inhibir la interferencia de un distractor (Diamond, 2013; Fernández et al., 2021). En el primero de estos casos, las tareas requieren inhibir una respuesta automatizada de tipo verbal o motora (Arbel et al., 2018; Barry et al., 2018; Wilson et al., 2018); en el segundo de los

casos se utiliza el efecto Stroop, presentando un estímulo bivalente que puede etiquetarse según dos dimensiones conflictivas mientras se solicita a los participantes que respondan centrándose en una de las dimensiones del estímulo, o bien, se utilizan tareas en donde es necesario suprimir las interferencias causadas por otros estímulos distractores (Hao, 2017; Matte-Gagné et al., 2018).

Para evaluar flexibilidad cognitiva en esta población habitualmente se utilizan pruebas de “cambio de tareas” o “cambio de conjuntos” (Dajani & Uddin, 2015). En las primeras (cambio de tareas), el sujeto debe responder a diferentes instrucciones para los estímulos en función de un cambio en su presentación, por ejemplo, cuando el lado de la pantalla en el que aparece el estímulo y el lado en el que se encuentra la tecla de respuesta coinciden o no (Hoyo et al., 2019). En el segundo caso (cambio de conjuntos), las tareas requieren cambiar la atención entre diferentes características de los mismos estímulos de acuerdo con las instrucciones que se entregan en cada ensayo o cambiar entre reglas dentro de una misma tarea. Por ejemplo, el participante debe centrar su atención en una característica indicada, como el color o la forma, y elegir la categoría en la que el estímulo objetivo coincide con esa característica (Simms et al., 2018; Zelazo, 2006).

Las funciones ejecutivas también pueden evaluarse mediante un conjunto de pruebas agrupadas en una batería, como es el caso de la Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN) (Portellano et al., 2009), cuya aplicación es individual, se indica para escolares hispanohablantes entre 6 y 12 años y tiene una duración aproximada de 30 a 40 minutos por participante. Este instrumento comprende 4 pruebas que permiten evaluar el desarrollo neuropsicológico de los estudiantes en actividades relacionadas con las funciones ejecutivas, entregando en cada tarea un puntaje directo a partir del cual es posible obtener puntuaciones típicas que se expresan en una escala de decatipos ($M = 5.5$, $SD = 2$).

La primera prueba de esta batería se denomina “fluencia verbal” y se compone de 2 partes: “fluencia fonológica” (F1) y “fluencia semántica” (F2). Fluencia fonológica valora la capacidad del estudiante para decir la mayor cantidad de palabras que comiencen

con la letra “M” en un minuto, mientras que la segunda parte evalúa la capacidad para decir la mayor cantidad de palabras pertenecientes a la categoría “animales” en un minuto. El puntaje directo corresponde al número de palabras correctas. La segunda prueba es “senderos” y también consta de 2 partes: “sendero gris” (S1) y “sendero a color” (S2). La parte 1 (S1) consiste en unir lo más rápido posible una serie de números en orden descendente (20 al 1) distribuidos en una hoja. La parte 2 (S2), consiste en unir lo más rápido posible una serie de números en orden ascendente (1 al 21), alternando el color de los números sucesivos (amarillo y rosado). Se debe consignar el tiempo que el estudiante demora en completar cada parte y el puntaje directo se obtiene a partir de una fórmula en donde se ingresan el número de aciertos, número de errores y tiempo empleado. La tercera prueba se denomina “anillas” (A) y consta de 15 ensayos en donde se debe mover un conjunto de argollas, que van aumentando en número a medida que transcurren los ensayos, desde una posición inicial a otra final utilizando material concreto (tablero con argollas de colores) para replicar un dibujo que se encuentra en el cuaderno de estímulos. Se consigna el tiempo empleado por el evaluado en cada ensayo y el puntaje directo es la suma de los tiempos en segundos de todos los ensayos. La última prueba recibe el nombre de “interferencia” (IN) y se encuentra inspirada en el efecto Stroop, en donde se debe nombrar el color de la tinta en que se encuentran impresas 39 palabras (nombres de colores) divididas en 3 columnas. El nombre del color y el color de la tinta de cada palabra nunca coinciden. Se consigna el tiempo total de realización de la prueba, el número de aciertos y número de errores, que luego son incorporados a una fórmula para obtener el puntaje directo. Cada prueba cuenta con ensayos de entrenamiento.

A pesar de que las tareas utilizadas para evaluar función ejecutiva implican demandas complejas que dificultan poder identificar la contribución de una dimensión única (Diamond, 2013; Ferguson et al., 2021), las pruebas contenidas en la batería ENFEN pueden relacionarse con: (1) control inhibitorio, por medio de la tarea IN, que se basa en el efecto Stroop al suponer un alargamiento en el tiempo de respuesta y mayor propensión a cometer errores frente a datos contradictorios (Diamond, 2013;

Friedman & Miyake, 2004; Roy et al., 2018); (2) flexibilidad cognitiva, por medio de las tareas F1, F2 (en conjunto, fluencia verbal) (Diamond, 2013; Koren et al., 2005; Sánchez-López et al., 2021) y senderos, que se asemejan al conocido Trail Making Test (Bowie & Harvey, 2006; Soprano, 2003); y (3) planificación, a través de la tarea A, que es una modificación de la prueba Torre de Hanoi (Diamond, 2013; Maldonado et al., 2019; Peñarrubia et al., 2021). Las tareas de fluencia verbal también han sido consideradas una medida indirecta de memoria de trabajo (Maldonado et al., 2019; Peñarrubia et al., 2021) y sendero gris (parte 1 de senderos) se vincula estrechamente con atención (Soprano, 2003).

La batería ENFEN ha sido utilizada ampliamente con fines clínicos y de investigación (Nieto-Márquez et al., 2020; Maldonado et al., 2019; Moral-Campillo et al., 2020; Navarro-Soria et al., 2020; Nieto-Márquez et al., 2021).

7.3 RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA, CONDICIÓN FÍSICA, PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y FUNCIONES EJECUTIVAS

La actividad física se refiere a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que genera un gasto de energía, mientras que el ejercicio es un subconjunto de la actividad física que se realiza de forma planificada, estructurada y repetitiva para lograr el mantenimiento o mejoras en la condición física. Esta última se refiere a un conjunto de atributos o habilidades físicas que pueden ser medidos con pruebas específicas (Caspersen et al., 1985).

La mantención de un estilo de vida activo durante la infancia y adolescencia favorece el desarrollo cerebral y el funcionamiento cognitivo (Donnelly et al., 2016; Khan & Hillman, 2014; Sibley & Etnier, 2003; Tomporowski et al., 2015), lo que permite comprender el rol de la actividad física y la condición física como marcadores de salud mental, especialmente en torno a las funciones ejecutivas (Best, 2010; Meijer et al., 2020; Tomporowski & Pesce, 2019; Veraksa et al., 2021). Para favorecer el desarrollo cognitivo, diversos estudios indican que tanto el nivel como el tipo de actividad física

son relevantes (Álvarez-Bueno et al., 2017; Belling & Ward, 2015; de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Verburgh et al., 2014; Xue et al., 2019).

Si bien la actividad física aguda ha demostrado efectos positivos sobre algunas dimensiones de las funciones ejecutivas, el efecto sería mayor para las intervenciones que involucran actividad física continua durante varias semanas (de Greeff et al., 2018). Esto es importante para los niños y adolescentes si se considera la influencia de las funciones ejecutivas en la vida diaria y el aumento actual de las conductas sedentarias en esta población (Verburgh et al., 2014), entendiendo que la práctica sostenida de actividad física sienta las bases para generar hábitos saludables que impactan positivamente su salud a largo plazo (Moeijes et al., 2019). Estudios que incorporan medidas objetivas de actividad física han identificado una relación positiva entre un aumento en la actividad física moderada a vigorosa y un mejor desempeño cognitivo en memoria de trabajo (Hsieh et al., 2018; Mala et al., 2020), velocidad de reacción (Syväoja et al., 2014), atención ejecutiva (Booth et al., 2013), flexibilidad cognitiva (Veldman et al., 2020) y planificación (van der Niet et al., 2015).

Algunas revisiones sistemáticas y metaanálisis han analizado los efectos de intervenciones agudas y crónicas de actividad física sobre los resultados cognitivos generales de niños y adolescentes, encontrando efectos positivos en una diversidad de habilidades cognitivas, tales como velocidad de procesamiento, atención, lenguaje y algunas dimensiones de las funciones ejecutivas (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Donnelly et al., 2016; Haapala, 2012; Haverkamp et al., 2020; Hernández-Mendo et al., 2019; Li et al., 2017; Sibley & Etnier, 2003; Vazou et al., 2019). Los metaanálisis que se han enfocado en el efecto de intervenciones de ejercicio físico crónico sobre las funciones ejecutivas de niños y adolescentes, sin aislar de manera particular los programas basados en la práctica deportiva, han mostrado tamaños de efecto pequeños a moderados (Álvarez-Bueno et al., 2017; de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Xue et al., 2019).

Por otra parte, es necesario considerar que la conducta motora humana se entiende de forma multidimensional, en donde existen habilidades motoras básicas (resistencia, fuerza, velocidad, coordinación y flexibilidad) que se describen como más energéticamente determinadas (como la resistencia), más orientadas hacia la información (como la coordinación) o que comparten ambos componentes (como la fuerza y potencia muscular) (Corbin, 1991; Lämmle et al., 2010). Este modelo permite comprender que las habilidades motoras se vinculan en diferente medida con las funciones ejecutivas, que actuarían como mediadoras entre la actividad física y el aprendizaje en los niños (Schmidt et al., 2017).

Los estudios que han analizado la relación entre pruebas específicas de condición física y funciones ejecutivas en niños y adolescentes evidencian asociaciones positivas significativas entre fuerza muscular de la parte superior del cuerpo (pruebas de prensión manual y lanzamiento) con habilidades de planificación, memoria de trabajo e inhibición (Mora-Gonzalez et al., 2019; Veraksa et al., 2021), entre velocidad-agilidad con flexibilidad cognitiva, inhibición y memoria de trabajo (Mora-Gonzalez et al., 2019; Veraksa et al., 2021) y entre capacidad cardiorrespiratoria con flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo visuoespacial y control inhibitorio (Buck et al., 2008; Huang et al., 2015; Meijer et al., 2021; Mora-Gonzalez et al., 2019; van der Fels et al., 2015; Voss et al., 2010; Wu et al., 2011). Otros estudios, que han fusionado los resultados de las pruebas físicas para obtener una medida global de condición física, han identificado que las mejoras en estas medidas se asocian con un mayor desempeño en flexibilidad cognitiva (Mora-Gonzalez et al., 2019), memoria de trabajo (Marchetti et al., 2015) y capacidad de inhibición (Hung et al., 2013).

7.3.1 Mecanismos que explican la relación entre actividad física y habilidades cognitivas

Se ha planteado que los mecanismos explicativos para la relación entre ejercicio físico y funcionamiento cognitivo se pueden clasificar en dos grandes categorías, aquellos de índole fisiológica y los que se sustentan en procesos de aprendizaje (Lehmann et al., 2020). En esta misma línea, Best (2010) propuso tres mecanismos por los que la

actividad física podría afectar las funciones ejecutivas: a través de cambios fisiológicos en el cerebro, a través de las demandas cognitivas inherentes a los juegos o a través de las demandas requeridas al ejecutar movimientos motores complejos.

Se ha observado que la actividad física aguda eleva inmediatamente el nivel de excitación fisiológica, produciendo un aumento del flujo sanguíneo cerebral y de la conectividad funcional, lo que facilita el rendimiento cognitivo mediante una mayor asignación de atención y mejoras en el procesamiento de la información (de Greeff et al., 2018; Lehmann et al., 2020). Por otra parte, los mecanismos fisiológicos que se encuentran a la base de la relación entre ejercicio físico crónico y funcionamiento cognitivo se fundamentan mayormente en programas de intervención que implementan actividad física aeróbica continua durante varias semanas, generando un entorno metabólico y estructural cerebral propicio para apoyar el funcionamiento cognitivo y los procesos de aprendizaje gracias a que influyen sobre la sinapsis, neuroglia, mielinización, vascularización, la expresión de genes y factores de crecimiento relacionados con la plasticidad cerebral (El-Sayes et al., 2019; Hillman et al., 2008; Hötting & Röder, 2013; Lehmann et al., 2020; Won et al., 2021). Sin embargo, existe evidencia de que el ejercicio aeróbico por sí solo no es el medio más eficaz para mejorar la función ejecutiva, siendo necesario añadir un componente cognitivo adicional para maximizar su efecto (Diamond & Ling, 2016; Moreau, 2015; Pesce et al., 2013; Schmidt et al., 2015; Wang et al., 2013).

Los mecanismos relacionados con el aprendizaje se refieren a las experiencias que tienen lugar mientras se está físicamente activo, centrándose en la demanda cognitiva que existe durante el aprendizaje de habilidades motoras y la coordinación de movimientos complejos, potenciando los procesos de toma de decisiones, la adherencia a las reglas de un juego o el comportamiento flexible frente a las demandas como miembro de un equipo (Crova et al., 2014; Diamond, 2015; Diamond & Lee, 2011). Se ha sugerido que ambos mecanismos son complementarios, lo que significa que una combinación entre ejercicio físico o práctica deportiva que incorpore un componente

aeróbico y actividades cognitivas exigentes tendrá mayor efecto sobre el funcionamiento ejecutivo que el simple aumento de la actividad física o la práctica de ejercicio físico que carezca de demanda cognitiva (Gentile et al., 2020; Lehmann et al., 2020; Moreau, 2015; Schmidt et al., 2015; Tomporowski & Pesce, 2019). Adicionalmente, los autores destacan la importancia de incluir elementos que potencien el desarrollo emocional, social y del carácter de los niños, con actividades progresivamente más desafiantes que aprovechen sus intereses y fomenten su motivación (Diamond, 2012; Gentile et al., 2020).

7.3.2 Parámetros antropométricos y funciones ejecutivas

El cerebro en desarrollo ha mostrado ser altamente sensible a los cambios ambientales, lo que se vincula con estilos de vida y hábitos relacionados al aumento de peso en niños y adolescentes, incluso en edades tempranas y en población con desarrollo típico (Li et al., 2018). Algunas investigaciones han identificado asociación entre un mayor IMC y una disminución en el desempeño de las funciones ejecutivas (Alarcón et al., 2016; Li et al., 2018). Según Ronan et al. (2020), la función ejecutiva se relaciona significativamente con el IMC, CC e ICE en niños de 9 a 11 años de edad, lo que podría explicarse de manera parcial por la reducción en el grosor cortical asociada al aumento de IMC en zonas del córtex prefrontal (Ronan et al., 2020; Yau et al., 2014). Por otra parte, Alarcón et al. (2016) identificaron que el IMC se relaciona inversamente con la precisión de la memoria de trabajo y con la microestructura de la materia blanca que conecta regiones cerebrales vinculadas con esta habilidad cognitiva en adolescentes. Otros estudios, centrados en niños con sobrepeso y obesidad, han evidenciado una influencia recíproca entre cognición y dichas condiciones de salud, describiendo déficits en diferentes dimensiones de las funciones ejecutivas y otros aspectos cognitivos relevantes para el funcionamiento diario (Blanco-Gómez et al., 2015; Favieri et al., 2019; Liang et al., 2014; Mamrot & Hanć, 2019; Sweat et al., 2017; Yau et al., 2014).

Se ha descrito que un aumento en el número de factores de riesgo cardiovascular se relaciona con la disminución de puntajes en pruebas cognitivas, principalmente en torno a atención y funciones ejecutivas, y un menor rendimiento académico en niños y

adolescentes (Davis & Cooper, 2011; Flores-Resendiz et al., 2019; Kamijo et al., 2013). En esta línea, Huang et al. (2015) evidenciaron que el IMC y la CC se asocian negativamente con el control inhibitorio, mientras que los resultados de Kamijo et al. (2013) apoyan la relación entre IMC y masa grasa, como marcadores de adiposidad, con un menor desempeño en control inhibitorio y rendimiento académico en preadolescentes.

7.4 DEPORTE Y FUNCIONES EJECUTIVAS

El deporte es entendido como una actividad que implica esfuerzo físico a través de la competencia, con metas definidas, que contiene reglas formales explícitas y relaciones estructuradas en función de los roles y responsabilidades que asumen quienes los practican (Snyder & Spreitzer, 1974), conociéndose ampliamente los beneficios que confieren para la salud en niños y adolescentes. Éstos incluyen ganancias psicológicas, cognitivas y sociales (Ballester et al., 2015; Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Davis et al., 2011; Eime et al., 2013; Gagliardi et al., 2020; Guddal et al., 2019; Hernández-Mendo et al., 2019; Kadri et al., 2019; Lipowski et al., 2016; Moeijes et al., 2019; Pluhar et al., 2019; Roh et al., 2018), beneficios para la salud musculoesquelética (Diniz et al., 2017; Gümüş et al., 2019; Jackson et al., 2020; Knorr, 2014; Krahenbühl et al., 2018), disminución del riesgo de obesidad o sobrepeso (Chen et al., 2020; Cvetković et al., 2018; Glinkowska & Glinkowski, 2018) y mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud (Moeijes et al., 2019; Vella et al., 2014).

La influencia del deporte sobre el funcionamiento cerebral es especialmente importante al considerar que favorece la integración social de los niños y adolescentes, contribuyendo a su bienestar incluso en la edad adulta (Gale et al., 2012; Wenner et al., 2013). La comprensión de la influencia positiva del ejercicio físico y la práctica deportiva sobre la estructura y función cerebral ha sido posible gracias al uso de técnicas como la resonancia magnética funcional y la electroencefalografía (Chaddock-Heyman et al., 2018; Chen et al., 2016; Cheron et al., 2016; Fink et al., 2018; Fontes et

al., 2015), que complementan la exploración neuropsicológica (Diamond, 2013; Wade et al., 2020).

Los estudios respaldan la asociación entre práctica deportiva y función ejecutiva en niños y adolescentes (Belling & Ward, 2015; Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Diamond & Lee, 2011; Krenn et al., 2018), ya que los deportes agrupan un conjunto de características compatibles con los requisitos necesarios para impulsan su desarrollo (Chirosa et al., 2016; Cho et al., 2017; Gatz et al., 2019; Lakes et al., 2013; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015). Uno de estos elementos se refiere a la incorporación de actividades progresivamente más desafiantes que obedecen a la estructura propia de cada deporte y, a la vez, se vinculan con los intereses de quienes los practican, favoreciendo su motivación (Diamond, 2012; Gentile et al., 2020). Esta relación se cumple especialmente en el caso de los deportes de habilidad abierta, en que las situaciones cambiantes y relativamente impredecibles del entorno requieren anticiparse y tomar decisiones en consideración de múltiples variables, de forma dinámica y flexible (De Waelle et al., 2021; Diamond & Ling, 2019). Los deportes de equipo plantean demandas adicionales al exigir que sus jugadores adhieran a las reglas del juego al mismo tiempo que demuestran capacidad de respuesta frente a situaciones de interacción entre jugadores del mismo equipo y con el equipo rival (Crova et al., 2014; Diamond, 2015; Diamond & Lee, 2011). Los deportes, además de ser atractivos, cognitivamente desafiantes y enfocados en un objetivo, fomentan el desarrollo emocional y social de los niños (Best, 2010; Diamond, 2012; Pesce, 2012; Tomporowski et al., 2015), potenciando el compromiso personal, la confianza y orgullo al alcanzar los logros esperados (Alesi et al., 2016; Belling & Ward, 2015; Diamond & Lee, 2011; Diamond & Ling, 2019; Gentile et al., 2020; Krenn et al., 2018; Schmidt et al., 2015).

7.4.1 Influencia de los distintos tipos de deporte sobre las funciones ejecutivas

Los estudios que analizan la relación entre diferentes tipos de deporte y funciones ejecutivas se orientan principalmente a población adulta (Ballester et al., 2019; Jacobson & Matthaeus, 2014; Krenn et al., 2018; Scharfen & Memmert, 2019; Voss et al., 2010; Wang et al., 2013). Esta evidencia sugiere que los deportistas superan a sus pares

no deportistas en diferentes dimensiones de las funciones ejecutivas y que los diferentes tipos de experiencia deportiva se relacionan con un mejor desempeño en dominios específicos de las funciones ejecutivas (Burriss et al., 2020; Jacobson & Matthaeus, 2014), además de proponer que el desarrollo de las funciones ejecutivas podría verse favorecido en mayor medida por la práctica de deportes estratégicos, de habilidad abierta o de ritmo externo (Ballester et al., 2019; Jacobson & Matthaeus, 2014; Krenn et al., 2018; Wang et al., 2013; Yongtawee et al., 2021).

En el caso de los niños, los estudios que comparan diferentes tipos de deporte son más escasos, aunque también apoyan la idea de que quienes participan en deportes de equipo (fútbol, básquetbol, vóleybol, korfbal o hockey) evidencian un desempeño superior en función ejecutiva, considerando dicho constructo de forma global, en comparación con sus pares que practican deportes a su propio ritmo (ciclismo, natación o atletismo) (De Waelle et al., 2021). Formenti et al. (2021) coinciden con estos hallazgos, ya que describen un desempeño significativamente mayor en control inhibitorio para niños que practican deportes de habilidad abierta (fútbol, básquetbol, vóleybol y artes marciales) en comparación con sus pares que practican deportes de habilidad cerrada (gimnasia rítmica, natación y ballet clásico) y controles sedentarios. Por otra parte, Giordano et al. (2021) compararon el desempeño en funciones ejecutivas y rendimiento académico de niños que practicaban artes marciales, deportes de equipo y controles sedentarios, evidenciando diferencias significativas a favor de los niños que practicaban artes marciales en memoria de trabajo, inhibición, fluencia verbal, atención distribuida y tareas de toma de decisión. Otros estudios también reconocen la importancia de las artes marciales como una alternativa prometedora de intervención para mejorar las funciones ejecutivas, especialmente en torno al control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (Cho et al., 2017; Diamond & Ling, 2019; Lakes et al., 2013; Lo et al., 2019; Wang et al., 2013; Yu et al., 2017), mientras que estudios como los de Alesi et al. (2016), Martín-Martínez et al. (2015), Chiroso et al. (2016) y Schmidt et al. (2015) destacan la importancia de practicar deportes de equipo (fútbol, balonmano, floorball y baloncesto) para favorecer el desarrollo de dimensiones

específicas de las funciones ejecutivas en niños y adolescentes, evidenciando mejoras significativas en memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva. Un estudio realizado por Marchetti et al. (2015) aporta antecedentes adicionales al demostrar que la habilidad para tomar decisiones estratégicas y realizar cooperación táctica en situaciones variables bajo presión de tiempo en un deporte de equipo (balonmano), predice el desempeño para control inhibitorio en adolescentes.

Otro formato de intervención consiste en la generación de programas deportivos enriquecidos (Gentile et al., 2020; Schmidt et al., 2015) en donde se interviene el entrenamiento tradicional para incorporar elementos que fomenten el desarrollo de las funciones ejecutivas seleccionadas por los investigadores, aumentando la demanda cognitiva de las actividades. Un ejemplo de ello es el Enriched Sports Activity Program (ESA Program), que contiene ejercicios de calentamiento modificados para estimular control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva, aplicado en niños y adolescentes de 7 a 14 años de edad pertenecientes a cuatro países de Europa (Gentile et al., 2020). Esta intervención generó mejoras en las habilidades de memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva luego de un periodo de aplicación de 14 semanas.

Algunos estudios que se han enfocado en analizar los efectos de deportes individuales en las funciones ejecutivas de niños y adolescentes también han mostrado resultados positivos significativos para el entrenamiento en tenis sobre memoria de trabajo (Ishihara & Mizuno, 2018), el entrenamiento en triatlón sobre inhibición y regulación cognitiva (Gatz et al., 2019) y la práctica de atletismo (entrenamiento de intervalos) sobre flexibilidad cognitiva (Venckunas et al., 2016).

7.4.2 Demanda cognitiva en el deporte

Una de las características cualitativas de la actividad física, inherente a muchas de sus formas, es la demanda cognitiva, que se relaciona con la complejidad de la actividad en cuanto a factores como la cantidad de información que debe manipularse o la presencia de estímulos que deben ser inhibidos (Best, 2010). Esta característica es capaz de influir sobre el compromiso cognitivo, que se entiende como el grado en que se asignan

recursos mentales para dominar habilidades complejas que implican cierto nivel de esfuerzo (Tomprowski et al., 2015). Algunos estudios que han manipulado la demanda cognitiva de la actividad física no deportiva aguda (Jäger et al., 2014) o crónica (Dalziell et al., 2015; Hillman & Pontifex, 2014; Kamijo et al., 2011; Ludyga et al., 2018; Pesce et al., 2016) en niños y adolescentes, han mostrado efectos positivos sobre las funciones ejecutivas a favor de la condición cognitivamente exigente. Sin embargo, otro grupo de estudios ha optado por utilizar directamente uno o más deportes como intervención para generar una condición de mayor demanda cognitiva (Alesi et al., 2016; Chiroso et al., 2016; Cho et al., 2017; Ishihara & Mizuno, 2018; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016). Esto se debe a que los deportes, en mayor o menor medida dependiendo de sus características particulares, constituyen un contexto natural rico en estímulos que deben ser inhibidos, con condiciones que exigen tomar decisiones e instaurar un comportamiento estratégico, valorando gran cantidad de información proveniente de un entorno cambiante que debe ser almacenada y manipulada (Alesi et al., 2016; Ishihara & Mizuno, 2018; Lo et al., 2019). A ello se suma la necesidad de organizar acciones para abordar las tareas de manera eficiente, monitorear el propio desempeño y evaluar nueva información, fomentando el autocontrol, la autocorrección y la superación personal (Gatz et al., 2019; Lakes et al., 2013; Lo et al., 2019). Además, su práctica brinda experiencias gratificantes que se vinculan con la generación de oportunidades de interacción social y cooperación con otros, especialmente en deportes colectivos (Alesi et al., 2016; Lakes et al., 2013).

En el contexto deportivo las cargas de entrenamiento se pueden dividir en carga externa, en relación con el trabajo prescrito por los entrenadores, e interna, que alude a las respuestas psicofisiológicas de los jugadores (Díaz-García et al., 2021). En relación con este concepto, la carga mental se entiende como el esfuerzo mental necesario para cumplir con los objetivos de la práctica en un determinado periodo de tiempo, lo que se encuentra influenciado por factores cognitivos, emocionales, afectivos, motivacionales y físicos, pudiendo ser manipuladas a través de estrategias específicas (Cárdenas et al., 2015; García-Calvo et al., 2019).

La carga mental se encontraría determinada por el nivel de entropía o incertidumbre que contienen las tareas que enfrenta el deportista en su entorno, exigiendo a mayor entropía, un mayor uso de recursos cognitivos relacionados con las funciones ejecutivas (Badre, 2008; Cárdenas et al., 2015; Catena et al., 2012). Por lo tanto, la manipulación de las variables que aportan incertidumbre en el contexto deportivo permitiría generar estímulos adecuados para estimular las funciones ejecutivas o favorecer el proceso de enseñanza de los deportes en la edad escolar, centrándose en la táctica y desarrollo cognitivo de los estudiantes (Serra et al., 2017). Sin embargo, el grado de entropía de la tarea debe suponer un nivel de complejidad que el sujeto sea capaz de enfrentar, constituyendo un desafío, pero sin superar con creces su capacidad de respuesta (Cárdenas et al., 2015). En esta misma línea, Tomporowski et al. (2015) proponen tres principios que permitirían manipular el compromiso mental de las tareas a través de la actividad física enfocada en el juego: interferencia contextual, control mental y descubrimiento. La interferencia contextual alude a los cambios constantes e impredecibles en las condiciones de un juego, el control mental se refiere a inducir demandas específicas en alguna de las dimensiones de las funciones ejecutivas, ya sea memoria trabajo, flexibilidad cognitiva o capacidad de inhibición, mientras que el descubrimiento se orienta a la generación de juegos en donde se plantea un desafío que puede ser resuelto de múltiples formas, favoreciendo el desarrollo de la creatividad (Tomporowski et al., 2015).

En los deportes de interacción los conceptos antes descritos se relacionan con la “creatividad táctica” de los jugadores, que sería consecuencia de su habilidad para encontrar soluciones novedosas y eficaces frente a los problemas derivados del contexto deportivo (Memmert & Roth, 2007). Los autores sugieren que el desarrollo de esta habilidad es posible gracias a la exposición del jugador a contextos complejos, dinámicos e impredecibles que proporcionan las condiciones necesarias para la expresión de un pensamiento divergente que permita generar respuestas originales, flexibles y fluidas (Ben-Soussan et al., 2015; Santos et al., 2016).

Se han descrito una serie de parámetros que condicionan el grado de incertidumbre en las tareas de entrenamiento, entre las que se cuentan la relación numérica de los deportistas que interactúan en un mismo tiempo y espacio, pudiendo ser una relación

de igualdad, superioridad o inferioridad numérica en interacciones con oposición (características de los deportes de equipo), lo que influye sobre la toma de decisiones durante el juego (Aguilar et al., 2012; Cárdenas et al., 2015). Un segundo factor es la dimensión del espacio disponible, que se relaciona directamente con un tercer elemento, que alude al tiempo disponible para tomar decisiones y ejecutar acciones en situaciones específicas de juego (Pérez Muñoz et al., 2022; Romero et al., 2018). Un cuarto elemento se refiere al grado de libertad de actuación de los jugadores, determinado por el establecimiento de normas o reglas que limitan las posibilidades de acción en condiciones particulares de juego (Cárdenas et al., 2015). En este contexto, el uso de juegos reducidos ofrece la posibilidad de que los jugadores experimenten un contexto de alta variabilidad y elevada participación, regulando la dificultad de las tareas e interviniendo los procesos de toma de decisiones (Sánchez et al., 2018), lo que ha demostrado favorecer las funciones ejecutivas en dimensiones como la flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo (Chirosa et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015).

Aproximación al problema de investigación

8. APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las funciones ejecutivas comprenden un conjunto de procesos mentales susceptibles de ser estimulados en la edad escolar, destacando el rol del ejercicio físico organizado para lograr este propósito (Diamond & Lee, 2011). Sin embargo, el estudio de los deportes en el contexto educativo constituye un ámbito escasamente abordado pese a que sus características inherentes han demostrado mejorar habilidades cognitivas específicas como la memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva o control inhibitorio en niños y adolescentes (Chirosa et al., 2016; Cho et al., 2017; Gatz et al., 2019; Lakes et al., 2013; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015).

Metaanálisis y revisiones sistemáticas previas han analizado los efectos de las intervenciones agudas y crónicas de ejercicio físico sobre los resultados cognitivos generales de niños y adolescentes, encontrando efectos positivos en una diversidad de habilidades cognitivas, tales como velocidad de procesamiento, atención, lenguaje y algunas dimensiones de las funciones ejecutivas (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Donnelly et al., 2016; Haapala, 2012; Haverkamp et al., 2020; Hernández-Mendo et al., 2019; J. Li et al., 2017; Sibley & Etnier, 2003; Vazou et al., 2019). Los metaanálisis que se focalizan específicamente sobre las funciones ejecutivas en preadolescentes, adolescentes y adultos jóvenes (de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Verburgh, Königs, et al., 2014; Xue et al., 2019) muestran mejoras en las funciones ejecutivas analizadas de manera general o al menos en uno de sus dominios, con tamaños de efecto pequeños y moderados (de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Xue et al., 2019). Pese a que existe un creciente cuerpo de evidencia que indica que las intervenciones de ejercicio físico pueden afectar de manera positiva la función ejecutiva (de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Verburgh, Königs, et al., 2014; Xue et al., 2019), hasta ahora no se ha desarrollado una revisión sistemática o metaanálisis que se focalice específicamente en los efectos del deporte sobre las funciones ejecutivas en niños y adolescentes.

Los estudios que analizan la relación entre diferentes tipos de deporte y funciones ejecutivas se orientan principalmente a población adulta (Ballester et al., 2019;

Jacobson & Matthaeus, 2014; Krenn et al., 2018; Scharfen & Memmert, 2019; Voss et al., 2010; Wang et al., 2013). Esta evidencia sugiere que los deportistas superan a sus pares no deportistas en diferentes dimensiones de las funciones ejecutivas y que los diferentes tipos de experiencia deportiva se relacionan con mejor desempeño en dominios específicos de las funciones ejecutivas (Burriss et al., 2020; Jacobson & Matthaeus, 2014), además de proponer que el desarrollo de las funciones ejecutivas podría verse favorecido en mayor medida por la práctica de deportes de habilidad abierta (Ballester et al., 2019; Jacobson & Matthaeus, 2014; Krenn et al., 2018; Wang et al., 2013). En el caso de los niños, los estudios transversales que comparan diferentes tipos de deporte también apoyan la idea de que quienes participan en deportes de habilidad abierta (básquetbol, vóleybol, fútbol, korfbal, hockey o artes marciales) evidencian un desempeño superior en función ejecutiva, en comparación con sus pares que practican deportes de habilidad cerrada (gimnasia rítmica, ciclismo, natación, ballet clásico o atletismo) y controles no deportistas (De Waelle et al., 2021; Formenti et al., 2021). Estudios longitudinales como los de Alesi et al. (2016), Ishihara et al. (2018) y Schmidt et al. (2015) destacan la importancia de practicar deportes de habilidad abierta (fútbol, tenis, floorball y baloncesto) para favorecer el desarrollo de dimensiones específicas de las funciones ejecutivas en los niños, evidenciando mejoras significativas en memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva.

Por otra parte, el cierre de las escuelas durante los meses más críticos de pandemia por COVID-19, desde el 15 de marzo de 2020 en Chile y durante gran parte del 2021, trajo consigo una serie de cambios no saludables en el estilo de vida que disminuyeron los niveles de actividad física y condición física de niños y adolescentes, perjudicando parámetros físicos y cognitivos como el nivel de adiposidad y la función cognitiva (Bustos-Arriagada et al., 2021; Chambonnière et al., 2021; Lavigne-Cerván et al., 2021). Sin embargo, se desconoce la relación entre funciones ejecutivas, actividad física, condición física y parámetros antropométricos en escolares en el momento en que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.

Objetivos General y Específicos

9. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los efectos de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares.

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo general de la tesis, esta se divide en tres estudios (E1, E2 y E3) con sus respectivos objetivos específicos.

9.1 E1: Efectos de las intervenciones deportivas sobre la función ejecutiva de los niños: una revisión sistemática y metaanálisis.

- Recopilar toda la evidencia científica disponible sobre intervenciones deportivas enfocadas a mejorar las funciones ejecutivas en niños y adolescentes sanos.
- Analizar el efecto de los programas deportivos sobre la función ejecutiva en una o más de sus tres dimensiones principales en niños y adolescentes sanos.

9.2 E2: Efectos del tipo de práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas de escolares.

- Analizar las diferencias en distintas dimensiones de la función ejecutiva de escolares que practican un deporte de habilidad abierta (balonmano), un deporte de habilidad cerrada (atletismo) y controles que no participan en actividades deportivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas.

9.3 E3: Parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas en escolares de educación básica.

- Analizar las asociaciones entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas en escolares sanos al momento en que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.

Hipótesis

10. HIPÓTESIS

10.1 Hipótesis E2:

- H0:**
- a) La práctica de balonmano no tiene efecto sobre las funciones ejecutivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas en escolares de educación básica.
 - b) La práctica de atletismo no tiene efecto sobre las funciones ejecutivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas en escolares de educación básica.
 - c) La práctica de balonmano y atletismo no se diferencian en cuanto a su efecto sobre las funciones ejecutivas en escolares de educación básica.
- H1:**
- a) La práctica de balonmano tiene efecto sobre una o más dimensiones de las funciones ejecutivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas en escolares de educación básica.
 - b) La práctica de atletismo tiene efecto sobre una o más dimensiones de las funciones ejecutivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas en escolares de educación básica.
 - c) La práctica de balonmano y atletismo tiene efecto sobre diferentes dominios de las funciones ejecutivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas en escolares de educación básica.

10.2 Hipótesis E3:

- H0:**
- a) No existe relación entre actividad física y funciones ejecutivas en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.
 - b) No existe relación entre pruebas de condición física y funciones ejecutivas en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e

implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.

- c) No existe relación entre parámetros antropométricos asociados al nivel de adiposidad y funciones ejecutivas en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.

- H1:**
- a) A mayor actividad física, mejor desempeño en uno o más dominios de la función ejecutiva en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.
 - b) A mayor rendimiento en pruebas de condición física, mejor desempeño en uno o más dominios de la función ejecutiva en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.
 - c) A mayor valor para parámetros antropométricos asociados al nivel de adiposidad, menor desempeño en uno o más dominios de la función ejecutiva en escolares de educación básica que regresan a clases presenciales luego de >18 meses de aislamiento social e implementación de restricciones por la pandemia COVID-19 en Chile.

Metodología

11. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

11.1 Tipos de estudios

A continuación, se detallan los diseños de investigación aplicados (Tabla 1).

Tabla 1. Detalle del alcance y diseño de investigación.

Estudio	Diseño de investigación
E1	Revisión sistemática y metaanálisis.
E2	Cuasi experimental, longitudinal.
E3	No experimental, transversal descriptivo.

Observaciones: E1 = estudio 1; E2 = estudio 2; E3 = estudio 3.

11.2 Diseño metodológico

11.2.1 Diseño metodológico para E1

Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo la lista de verificación de los elementos de notificación preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA) (Shamseer et al., 2015) (Figura 1).

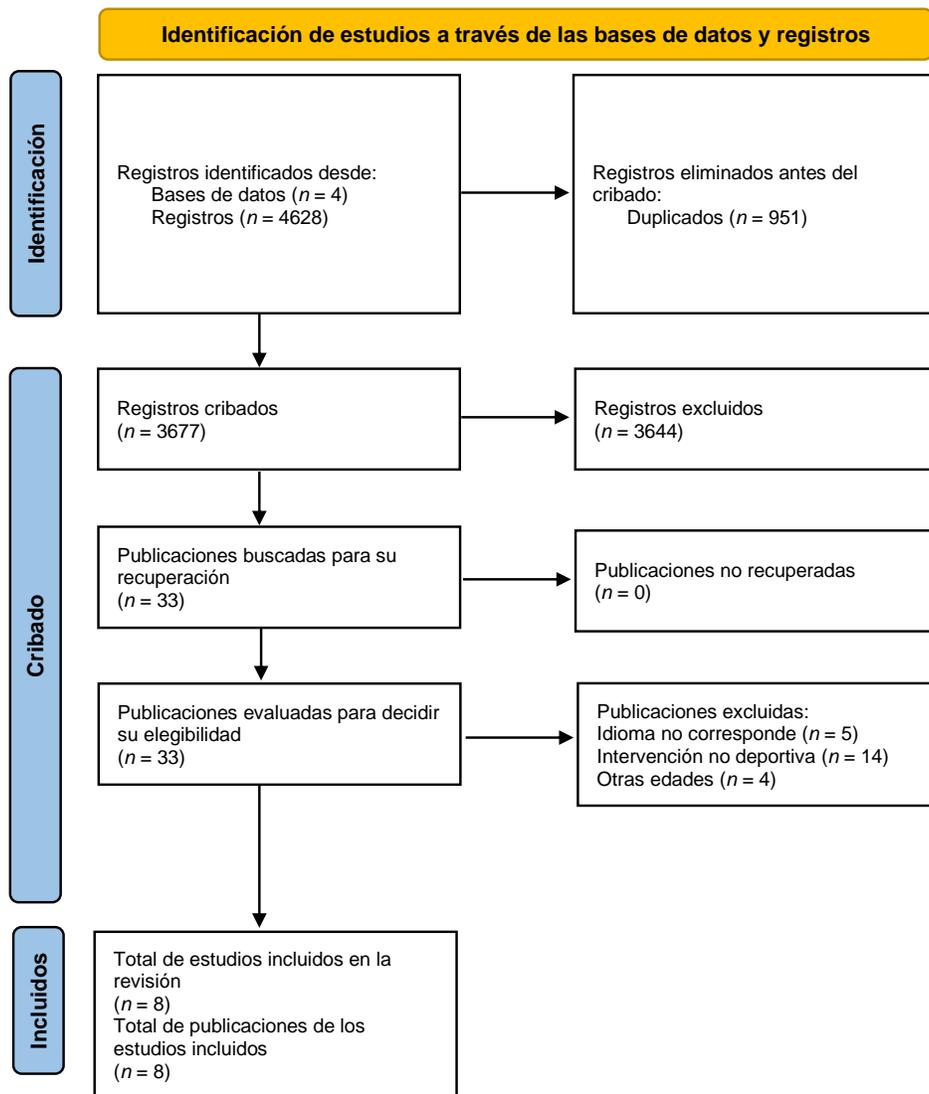


Figura 1. Diagrama de flujo de los estudios incluidos en el metaanálisis.

Estrategia de búsqueda: En noviembre de 2020, dos investigadores independientes (FCO y CCJ) buscaron títulos y resúmenes en las bases de datos electrónicas académicas Web of Science, SCOPUS, EBSCO y PubMed utilizando palabras clave MeSH y no MeSH para las familias “función ejecutiva” y “deportes”, junto con operadores booleanos AND/OR (Tabla 2). Todos los resultados de la búsqueda se extrajeron e importaron a un administrador de referencias (Mendeley, versión 1.19.4).

Tabla 2: Términos de búsqueda y palabras clave utilizadas en cada base de datos.

Búsqueda 1		Búsqueda 2
"Executive Functions" OR "Cognitive Functions" OR Cognition OR "Executive Control", "Cognitive Functioning" OR "Cognitive Control".	AND	"Sports" OR "Athletics" OR "Sport Practice" OR "Sport Performance" OR "Physical Activity".

Observaciones: "AND", "OR" = términos booleanos.

Criterio de elegibilidad: La elegibilidad de cada investigación se midió según los siguientes criterios de inclusión: (i) idioma inglés o español; (ii) estudios longitudinales con, al menos, un grupo experimental (diseño pre y post intervención); (iii) estudios realizados en niños o adolescentes sanos en edad escolar (entre 6 y 17 años inclusive); (iv) estudios que utilizaran intervenciones crónicas basadas en el deporte (programas de intervención que incluyeran actividades deportivas durante varias semanas) y supervisadas por un experto; (v) evaluación directa de al menos una de las principales categorías de la función ejecutiva (memoria de trabajo, inhibición o flexibilidad cognitiva); (vi) el estudio debía contener datos suficientes para calcular el tamaño del efecto. La búsqueda no tuvo restricciones de fecha de publicación.

Se excluyeron todos los estudios que (i) contemplaron mediciones agudas; (ii) estudios en que no se contó con acceso al texto completo, presentaciones de conferencias, tesis, libros, editoriales, artículos de revisión, opiniones de expertos y estudios descriptivos; (iii) estudios que incluyeran medidas indirectas de función ejecutiva.

Criterios de selección: Después de la eliminación de duplicados, dos revisores (FCO, CCJ) evaluaron de forma independiente los artículos mediante el análisis de sus resúmenes. A continuación, se obtuvo el texto completo de cada artículo seleccionado y se examinó según los criterios de inclusión y exclusión. Cada criterio se evaluó como sí o no. Cualquier desacuerdo entre los revisores se resolvió mediante discusión o se solicitó la intervención de un tercer investigador (DMG). Para mantener un orden correcto y la comunicación en la revisión, se utilizó el gestor de referencias

bibliográficas en línea EndNote Web (disponible gratuitamente en <http://myendnoteweb.com>; visitada el 1 de diciembre 2020). Luego de esta primera etapa, se leyeron íntegramente los artículos previamente seleccionados.

Evaluación de calidad metodológica: Dos revisores (FCO y CCJ) realizaron evaluaciones de calidad independientes utilizando la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (Anexo 1); en caso de diferencias, un tercer investigador (CM) llegó al consenso final. La escala PEDro permite identificar los ensayos clínicos aleatorios que pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Se incluye un criterio adicional (criterio 1) que se refiere a la validez externa de los estudios, sin embargo, éste no es utilizado para calcular la puntuación PEDro.

Extracción de datos: Se utilizó un formulario de Excel para la extracción de datos. A partir de cada artículo seleccionado para revisión se consideró la siguiente información: (i) nombre del autor y año de publicación; (ii) tamaño de la muestra y sexo de los participantes; (iii) origen de la muestra (por ejemplo, club deportivo o escuela); (iv) estatus socioeconómico; (v) edad de los sujetos; (vi) características del programa de intervención, en términos de duración, frecuencia, organización y duración de las sesiones, así como otros datos relevantes; (vii) la experiencia deportiva de los participantes; (viii) la actividad física regular de los participantes durante el programa de intervención y los deportes incluidos en el programa de intervención; (ix) las dimensiones de la función ejecutiva evaluadas y los instrumentos utilizados; y (x) las limitaciones, sugerencias, aplicaciones y conclusiones descritas en los estudios.

Todos los cálculos se realizaron utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, EE.UU.) con los datos extraídos de cada publicación. Se utilizó Review Manager (RevMan) versión 5.3.5 para todos los gráficos de bosque de los análisis estadísticos. El estadístico Q de Cochran (Cochran, 1954) fue usado para evaluar la heterogeneidad entre los estudios. Además, se utilizó el estadístico I^2 ($I^2 > 50\%$).

11.2.2 Diseño metodológico para E2 y E3

Aspectos éticos E2 y E3: Todos los sujetos fueron informados por escrito de los procedimientos a utilizar y tanto los estudiantes como sus apoderados firmaron un formulario de asentimiento o consentimiento informado antes de iniciar su participación en el estudio. El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad Andrés Bello, Chile (nº 009/2021) (Anexo 2). El procedimiento se realizó de acuerdo con la última versión de la Declaración de Helsinki (2013).

Participantes E2 y E3: Se incluyeron 90 estudiantes (género masculino, n = 46; género femenino, n = 44) de un colegio de la comuna de Las Condes, ciudad de Santiago, Chile, que cursaban quinto y sexto año básico, con edades comprendidas entre 10 y 12 años ($M \pm DE = 11,45 \pm 0,68$ años). El nivel socioeconómico de los participantes fue identificado como "alto" considerando el índice de nivel socioeconómico estimado para el año 2019 respecto de su lugar de residencia, según Mena et al. (2021).

Participantes E2: Los estudiantes se clasificaron en tres grupos: (1) no deportistas: participantes que no participaban deporte de manera adicional a sus clases de educación física en el colegio, (2) estudiantes que participaban en un taller extraescolar de balonmano, y (3) estudiantes que participaban en un taller extraescolar de atletismo (sólo pruebas de pista, por ejemplo, 400 m).

Criterios de exclusión E2: Los criterios de exclusión fueron los siguientes (i) antecedentes médicos que impidieran la práctica deportiva (enfermedades cardiovasculares, deficiencias visuales graves, enfermedades neurológicas o enfermedades pulmonares que requirieran el uso de oxígeno); (ii) lesión que afectara al aparato osteoarticular en el momento del estudio; (iii) problemas de comprensión lectora o auditiva; (iv) encontrarse ausente durante los periodos de evaluación pre o post intervención; (v) asistencia inferior a 80% en las sesiones de intervención para los

grupos experimentales; (vi) práctica regular de ejercicio físico o deporte durante uno o más días a la semana fuera del contexto escolar, y (vii) contar con experiencia deportiva previa en balonmano o atletismo.

11.3 Procedimientos para E2 y E3

11.3.1. Medición de funciones ejecutivas

Se empleó la batería Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN) (Portellano et al., 2009), cuya aplicación es individual y se indica para escolares hispanohablantes entre 6 y 12 años, inclusive. Su aplicación tuvo una duración aproximada de 30 a 40 minutos por participante. Esta batería comprende cuatro pruebas que permiten evaluar el desarrollo neuropsicológico de los estudiantes en actividades relacionadas con las funciones ejecutivas, entregando en cada tarea un puntaje directo a partir del cual es posible obtener puntuaciones típicas que se expresan en una escala de decatipos ($M = 5.5$, $DE = 2.0$). Cada una de sus cuatro partes cuenta con un ensayo de entrenamiento.

La primera prueba se denomina “fluencia verbal” y se compone de dos partes: “fluencia fonológica” (F1) y “fluencia semántica” (F2). Fluencia fonológica valora la capacidad del sujeto para decir la mayor cantidad de palabras que comiencen con la letra “M” en un minuto, mientras que la segunda parte evalúa la capacidad para decir la mayor cantidad de palabras pertenecientes a la categoría “animales” en un minuto. El puntaje directo corresponde al número de palabras correctas. La segunda prueba es “senderos” y también consta de dos partes: “sendero gris” (S1) y “sendero a color” (S2). La parte 1 (S1) consiste en unir lo más rápido posible una serie de números en orden descendente (20 al 1) distribuidos en una hoja. La parte 2 (S2), consiste en unir lo más rápido posible una serie de números en orden ascendente (1 al 21), alternando el color de los números sucesivos (amarillo y rosado). Se debe consignar el tiempo que el estudiante demora en completar cada parte y el puntaje directo se obtiene a partir de una fórmula en donde se ingresan el número de aciertos, número de errores y tiempo empleado. La tercera prueba se denomina “anillas” (A) y consta de 15 ensayos en donde se debe mover un

conjunto de argollas (que van aumentando en número en la medida que aumenta el número de ensayos) desde una posición inicial a otra final, utilizando material concreto (tablero con argollas de colores) para replicar un dibujo que se encuentra en el cuaderno de estímulos. Se consigna el tiempo empleado por el estudiante en cada ensayo y el puntaje directo es la suma de los tiempos en segundos de todos los ensayos. La cuarta y última prueba es “interferencia” (IN) (inspirada en el efecto Stroop), en donde se debe nombrar el color de la tinta en que se encuentran impresas 39 palabras (nombres de colores) divididas en tres columnas. El nombre del color y el color de la tinta en que se encuentra impresa cada palabra nunca coinciden. El estudiante debe nombrar el color de la tinta para cada palabra. Se consigna el tiempo total de realización de la prueba, el número de aciertos y número de errores, que luego son incorporados a una fórmula para obtener el puntaje directo.

La batería ENFEN ha sido utilizada ampliamente con fines clínicos y de investigación (Nieto-Márquez et al., 2020; Maldonado et al., 2019; Moral-Campillo et al., 2020; Navarro-Soria et al., 2020; Nieto-Márquez et al., 2021).

11.3.2 Medición de la actividad física

La actividad física de los niños se evaluó mediante el Physical Activity Questionnaire for older Children (PAQ-C), versión validada al español (Kowalski et al., 2004), el cual se diseñó para ser aplicado a niños de educación básica, aproximadamente entre 8 y 14 años de edad. Este cuestionario valora la práctica de actividad física en los últimos 7 días a través de nueve preguntas sobre su tipo y frecuencia. Consta, además, de un décimo ítem que se utiliza para identificar a los alumnos que tuvieron una actividad inusual durante la semana anterior, sin recibir puntuación. Las respuestas se califican en una escala de 5 puntos.

11.3.3 Medición de parámetros antropométricos y de condición física

La estatura de los participantes se midió sin zapatos, con una precisión de 0.1 mm y una escala de 0–2.50 m. utilizando un estadiómetro portátil (Seca & Co. KG, Hamburgo, Alemania). El peso corporal (kg) fue evaluado vistiendo camiseta, pantalones cortos y sin zapatos, utilizando una báscula digital (TANITA™, model 331, Tokio, Japón). Estas variables antropométricas fueron medidas de acuerdo con el procedimiento descrito por Ross and Marfell-Jones (Ross & Marfell-Jones, 1991). El índice de masa corporal (IMC) fue calculado como el peso corporal dividido por la estatura al cuadrado en metros (kg/m^2). Además, se midió la circunferencia de cintura (cm) sobre el borde de la cresta ilíaca, a través del ombligo, utilizando una cinta métrica flexible, con una precisión de 0,1 cm. El índice cintura-estatura (ICE) se obtuvo dividiendo la circunferencia de cintura (CC) por la estatura. Un $\text{ICE} > 0.5$ se considera factor de riesgo metabólico de acuerdo con estándares internacionales (Chung et al., 2016).

Para evaluar potencia de piernas se utilizó la prueba de salto horizontal (Eurofit, 1993), en donde los participantes saltan hacia adelante la mayor distancia posible, balanceando sus brazos, doblando sus rodillas y despegando ambas piernas al mismo tiempo del piso. La distancia es medida en centímetros (cm) desde la línea de salida marcada en el piso hasta el punto de aterrizaje, en la parte posterior del talón. Para medir velocidad de desplazamiento y agilidad se utilizó la prueba de velocidad 10x5 m (Eurofit, 1993), en donde los participantes corren lo más rápido posible entre dos conos que se posicionan a 5 metros de distancia uno del otro, realizando cinco ciclos en total (50 metros). Se mide, en segundos, el tiempo que demora cada participante en realizar los cinco ciclos. La fuerza prensil de mano se evaluó mediante dinamometría manual con un dinamómetro hidráulico marca JAMAR (Dinamómetro Hidráulico de Mano® Modelo PC-5030 J1, Fred Sammons, Inc., Burr Ridge, IL: EE. UU.), con una precisión de 0.1 lbf, en donde los participantes debían tomar el dinamómetro con su mano dominante (con el brazo colgando a un costado del cuerpo) y apretar lo más fuerte posible durante al menos 2 segundos. Se consideró el mejor de dos intentos (Eurofit, 1993). El test de marcha de seis minutos (TM6´) es una prueba submáxima que se utilizó para evaluar capacidad cardiorrespiratoria (Jalili et al., 2018; Rodríguez-

Núñez et al., 2018; Statement, 2002), en donde se pidió a los participantes que caminaran lo más rápido posible, sin correr, en un pasillo de 30 metros de longitud marcado en cada uno de sus extremos. Se consignó la distancia recorrida en metros luego de transcurridos 6 minutos.

11.3.4 Procedimiento general E2

En una primera instancia, se socializaron las características y alcances del estudio con el cuerpo directivo y docentes del establecimiento, solicitando autorización para incorporar a estudiantes de los niveles quinto y sexto básicos, quienes iniciaban su incorporación a actividades deportivas formales (Arias, 2015; González et al., 2015). Una vez obtenida la autorización del colegio, se entregó la misma información a los padres o tutores legales de los cursos seleccionados mediante comunicación escrita y envío de consentimiento informado. En este documento se les consultó si su hijo(a) presentaba alguno de los criterios de exclusión considerados como parte de la investigación, indicando que en tales casos no podría ser incluido(a) en el estudio. Además, se preguntó si deseaba que su hijo(a) participara en un taller deportivo extraescolar durante el año en curso y se informó que, en caso de reportar su decisión como positiva, tal asignación sería al azar entre dos alternativas, balonmano y atletismo. En caso de que los padres y estudiantes quisieran participar en el estudio sin realizar deporte, se indicó que sería incluido como grupo control para recibir las evaluaciones correspondientes. A continuación, se le informó sobre las características del estudio a los niños(as) cuyos padres autorizaron su participación, solicitando su asentimiento informado. Se decidió considerar las preferencias de apoderados y estudiantes sobre su incorporación a actividades deportivas dada la importancia de los aspectos motivacionales para la generación de experiencias positivas que potencien el proceso de aprendizaje y los resultados cognitivos de los participantes (Nieto-Márquez et al., 2021).

El Consentimiento Informado fue enviado a un total de 140 apoderados, pertenecientes a cuatro cursos completos de 35 estudiantes cada uno, sin embargo, sólo 128 fueron devueltos firmados a los investigadores. A continuación, se solicitaron los asentimientos informados de los estudiantes, obteniendo autorización en 117 casos. Del total de participantes que decidió no realizar deporte (33), 3 de ellos fueron eliminados del estudio por cambio de domicilio (1) o ausencia a una de las instancias de evaluación (2). De un total de 84 participantes que decidieron realizar deportes, 24 de ellos fueron eliminados mediante aplicación de los criterios de exclusión en el transcurso del estudio.

Una vez firmados los consentimientos y asentimientos informados, a todos los participantes se les aplicó el PAQ-C mediante entrevista directa. De esta forma se verificó, con información entregada por los propios estudiantes, que no realizaban ejercicio físico o deporte fuera del contexto escolar de forma adicional a las clases de educación física. Los estudiantes que cumplieron todos los criterios para incorporarse al estudio fueron asignados aleatoriamente a los grupos experimentales o al grupo control, dependiendo de su decisión de practicar o no deporte.

Cada periodo de evaluación (previo y posterior a la intervención) incluyó las mediciones con los instrumentos informados en dos sesiones y dentro de la jornada escolar. Los parámetros antropométricos peso corporal, estatura y CC fueron evaluados por la enfermera del colegio, quien cuenta con más de 10 años de experiencia profesional y fue capacitada por el equipo investigador para realizar dichas mediciones. Las pruebas para medir condición física (salto horizontal, velocidad 10x5 m, dinamometría manual y TM6'), fueron realizadas por el equipo de profesores de educación física del colegio, quienes también recibieron una capacitación previa. La evaluación de actividad física mediante cuestionario PAQ-C y la evaluación de función ejecutiva con la batería ENFEN fueron realizadas por un equipo de fonoaudiólogas especialmente entrenadas para la aplicación directa e individual de estos instrumentos en una sala independiente para cada participante, libre de distractores y siempre en el mismo orden, resguardando que las condiciones de aplicación fueran las mismas para

todos los estudiantes. Ningún evaluador conocía previamente el grupo al cual se encontraba asignado cada participante.

Un grupo experimental recibió el programa de intervención en balonmano, al segundo grupo experimental se le aplicó el programa de intervención en atletismo, considerando exclusivamente pruebas de pista, y el grupo control no realizó actividad deportiva. Todos los grupos tuvieron clases de educación física por 180 minutos semanales (2 sesiones de 90 minutos cada una) como parte de sus actividades escolares regulares.

Los niños que participaron en talleres extracurriculares tuvieron 120 minutos semanales adicionales del deporte al que fueron asignados en dos sesiones semanales de igual duración (60 min) y en días diferentes a los de educación física. Esto implica que los participantes de ambos grupos experimentales practicaron actividad física estructurada por 4 días a la semana (dos días de educación física y dos días de deporte extracurricular). Los talleres se llevaron a cabo en el mismo colegio, en un horario posterior al término de clases regulares, siendo guiados por dos profesores de educación física pertenecientes al cuerpo académico regular del establecimiento. La intervención tuvo una duración total efectiva de 12 semanas, sin incluir los periodos de evaluación inicial y final. Se aplicó a los participantes la escala de medición del esfuerzo percibido infantil (EPInfant) (Rodríguez-Núñez et al., 2019; Rodríguez-Núñez & Manterola, 2016) inmediatamente después de haber finalizado cada sesión de entrenamiento de balonmano y atletismo. Este instrumento fue administrado por los profesores de educación física encargados utilizando descriptores numéricos, verbales e ilustraciones (Anexo 3). El rango de esfuerzo percibido se encontró entre 5 y 7 por sesión de entrenamiento según EPInfant, que corresponde a una intensidad moderada a vigorosa (Rodríguez-Núñez et al., 2019; Rodríguez-Núñez & Manterola, 2016).

El método de entrenamiento en balonmano incorporó bloques de tareas, ejercicios o juegos, combinando el trabajo de fases de ataque, repliegue, defensa y contraataque de

manera analítica o combinada. Igualmente, se manipularon variables como el espacio de juego, el número de jugadores y el tiempo de resolución. La estructura del programa consistió en 10 minutos de entrenamiento deportivo básico, 40 minutos del ejercicio principal y 10 minutos de vuelta a la calma con estiramientos. El entrenamiento deportivo básico incluyó desplazamientos progresivos, movilidad articular y trabajo en parejas (por ejemplo, salto sobre una persona). El ejercicio principal involucró 5 minutos de tareas de mejora individual (por ejemplo, lanzamiento 1x1), 10 minutos de tareas de mejora de una fase (por ejemplo, 3x2 en tres zonas del campo en ataque), 10 minutos de tareas de combinación de fases (por ejemplo, 3x3 contraataque-repliegue), partiendo de un trabajo defensivo con limitación de tiempo para resolver la tarea y 15 minutos de juego real (por ejemplo, partidos con igualdad y desigualdad numérica), buscando variabilidad en la tarea. Los 10 minutos finales incluyeron trabajo de vuelta a la calma con estiramientos. El método de entrenamiento de balonmano se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Programa de entrenamiento en balonmano.

Etapa	Contenidos	Duración (min)
Entrenamiento deportivo básico	Desplazamientos progresivos, movilidad articular y trabajo en parejas	10
	Tareas de mejora individual. Ejemplo: lanzamiento 1x1	5
Ejercicio principal	Tareas de mejora de una fase. Ejemplo: 3x2 en tres zonas del campo en ataque	10
	Tareas de combinación de fases. Ejemplo: 3x3 contraataque-repliegue	10
	Juego real. Ejemplo: partidos combinando igualdad y desigualdad numérica	15
Vuelta a la calma	Estiramientos	10

El método de entrenamiento en atletismo consistió en 10 minutos de entrenamiento deportivo básico, 40 minutos del ejercicio principal y 10 minutos de vuelta a la calma con estiramientos. El entrenamiento deportivo básico incluyó 5 minutos de trote aeróbico continuo más 5 minutos de trabajo de movilidad articular y estiramientos. El ejercicio principal involucró 10 minutos de trabajo de habilidades atléticas básicas con componente técnico (por ejemplo, carrera en el lugar, skipping y saltos alternos), 10 minutos de ascensiones y repeticiones a través del juego, 10 minutos de introducción

al fartlek (similar al entrenamiento de intervalos de alta intensidad) y 10 minutos de carrera continua. Los 10 minutos finales incluyeron trabajo de vuelta a la calma con estiramientos (Tabla 4).

Tabla 4. Programa de entrenamiento en atletismo.

Etapa	Contenidos	Duración (min)
Entrenamiento deportivo básico	Trote aeróbico continuo	5
	Movilidad articular y estiramientos	5
Ejercicio principal	Habilidades atléticas básicas con componente técnico	10
	Ascensiones y repeticiones a través del juego	10
	Introducción al fartlek	10
	Carrera continua	10
Vuelta a la calma	Estiramientos	10

11.3.5 Procedimiento general E3

En una primera instancia, se socializó con el cuerpo directivo y docentes del establecimiento las características y alcances del estudio. Una vez obtenida la autorización del colegio, se informó a los padres o tutores legales de los estudiantes mediante comunicación escrita y envío de consentimiento informado. A continuación, se le informó sobre las características del estudio a los estudiantes cuyos padres autorizaron su participación, solicitando su asentimiento informado.

Una vez obtenidos los consentimientos y asentimientos informados, se realizaron las mediciones con los instrumentos informados en dos sesiones, dentro de la jornada escolar. En la primera sesión se realizó la evaluación de parámetros antropométricos (peso corporal, estatura y CC) por parte de la enfermera del colegio, quien cuenta con más de 10 años en experiencia profesional y fue capacitada por el equipo investigador para realizar dichas mediciones, y las pruebas para medir condición física (salto horizontal, velocidad 10x5 m, dinamometría manual y TM6'), las que fueron realizadas por el equipo de profesores de educación física del colegio, quienes también recibieron

una capacitación previa. En la segunda sesión se aplicó la batería ENFEN, para evaluar función ejecutiva, y el cuestionario PAQ-C para valorar el nivel de actividad física. Estas últimas evaluaciones fueron realizadas por un equipo de fonoaudiólogas especialmente entrenadas para la aplicación directa e individual de estos instrumentos, que se llevó a cabo en una sala independiente para cada participante, libre de distractores y siempre en el mismo orden, resguardando que las condiciones de aplicación fueran las mismas para todos los participantes.

11.4 Análisis estadístico

E1: Todos los cálculos se realizaron utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, EE.UU.) con los datos extraídos de cada publicación. Se utilizó Review Manager (RevMan) versión 5.3.5 para generar todos los gráficos de bosque de los análisis estadísticos. Para evaluar la heterogeneidad entre los estudios se utilizaron los estadísticos Q de Cochran e I^2 ($I^2 > 50\%$) (Cochran, 1954). Los efectos de los programas deportivos sobre la función ejecutiva se calcularon para cada estudio incluido, tras la codificación de los cambios pre-post intervención y las desviaciones estándar (DE) de ambos conjuntos de datos. Se calculó la diferencia de medias estandarizada (DME) restando los valores basales y los valores posteriores a la intervención de las medidas de la función ejecutiva. El análisis del tamaño del efecto se realizó mediante el método de DerSimonian y Laird (DerSimonian & Laird, 1986). Se generaron diagramas de bosque para demostrar los efectos específicos sobre la función ejecutiva y cada una de sus categorías principales con intervalo de confianza (IC) del 95%. Se realizó un análisis de sensibilidad para identificar los estudios altamente influyentes que podrían haber sesgado el análisis. Los $ES \leq 0,2$, $\leq 0,5$, $\leq 0,8$ y $\geq 0,8$ se consideraron triviales, pequeños, moderados y grandes, respectivamente (Cohen, 1988).

- E2:** El análisis estadístico se realizó con el programa STATA v15.0 (StataCorp, College Station, TX, EE.UU.). Los datos descriptivos se presentan como media y desviación estándar. Se utilizó un análisis de prueba t para comparar las diferencias en las características antropométricas, la actividad física, la condición física y los decatipos dentro de los grupos. Para las comparaciones entre grupos, se compararon las proporciones entre las variables categóricas según el cambio en las puntuaciones de la función ejecutiva mediante una prueba de Chi-cuadrado. Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para examinar las asociaciones entre las puntuaciones del PAQ-C, el delta (Δ) de cambio de la puntuación en el PAQ-C y el delta (Δ) de cambio pre-post intervención en los decatipos para las tareas de ENFEN. Las variables asociadas a la pérdida y al cambio nulo tras la intervención en las tareas de ENFEN se evaluaron mediante regresión logística. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$.
- E3** El análisis estadístico se realizó con el programa STATA v15.0 (StataCorp, College Station, TX, EE.UU.). La distribución normal se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Como todas las variables eran continuas, los valores se presentaron como media y desviación estándar. Las diferencias entre sexos se determinaron mediante la prueba t de Student. Para determinar la asociación entre los parámetros antropométricos y la condición física, se realizó un análisis de regresión lineal multivariado, incluyendo valores de IC del 95% para las correlaciones. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. Los valores de correlación (r) se interpretaron según Akoglu (2018).

Resultados

12. RESULTADOS

12.1 Resultados E1

Estudios incluidos y características de los estudios: Ocho estudios, que incluyeron 424 sujetos, cumplieron los criterios de inclusión (Tabla 5) (Alesi et al., 2016; Chiroso et al., 2016; Cho et al., 2017; Ishihara et al., 2017b; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016). Los estudios incluidos fueron de tipo longitudinal, con mediciones previas y posteriores a la intervención. De los ocho estudios, la memoria de trabajo se registró en seis de ellos (Alesi et al., 2016; Chiroso et al., 2016; Ishihara et al., 2017b; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016), el control inhibitorio en cinco (Chiroso et al., 2016; Cho et al., 2017; Ishihara et al., 2017b; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015) y la flexibilidad cognitiva en seis estudios (Chiroso et al., 2016; Ishihara et al., 2017b; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016).

Tabla 5. Características de los participantes de los estudios seleccionados para la revisión.

Referencia	País	N	Sexo	Edad (años)	NSE
Alesi et al., 2016	Italia	44; GE: 24, GC: 20	44 M	GE: 8.8 (1.1); GC: 9.3 (0.9)	Medio
Chiroso et al., 2016	España	39; GE: 20, GC:19	39 F	15.41 (0.50)	NR
Cho et al., 2017	Korea	30; GE: 15, GC:15	18 M/12 F	GE: 11.20 (0.77); GC: 11.33 (0.72)	NR
Ishihara et al., 2017	Japón	32; GE:19, GC: 13	20 M/12 F	9 (1)	NR
Lo et al., 2019	China	29; GE:14, GC: 15	22 M/7 F	GE: 13.36 (1.15); GC: 13.47 (1.24)	NR
Martín-Martínez et al., 2015	España	54	14 M/40 F	15.35 (0.48)	NR
Schmidt et al., 2015	Suiza	181; GE1: 69; GC: 55	82 M/99 F	11.35 (0.60)	NR
Venckunas et al., 2016	Lituania	18; GE: 8, GC: 10	14 M/4 F	GE: 17.0 (1.1); GC: 17.5 (1.8)	NR

N: número de sujetos; M: masculino; F: femenino; GE: grupo experimental; GC: grupo control; NSE: nivel socioeconómico; NR: no reportado.

Evaluación de calidad metodológica: Los estudios incluidos oscilaron entre una puntuación de 3 a 6 puntos, lo que indica calidad pobre a moderada (Maher et al., 2003). Se observaron los siguientes puntos débiles: no todos los estudios cegaron a los participantes o a los investigadores respecto de la intervención y tuvieron una aleatorización parcial o ausente (Chiroso et al., 2016; Cho et al., 2017; Ishihara et al.,

2017b; Lo et al., 2019; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016), valores de grupo diferentes al inicio del estudio (Lo et al., 2019; Schmidt et al., 2015) y un nivel de cumplimiento deficiente, considerando el puntaje total obtenido (Ishihara et al., 2017b; Schmidt et al., 2015; Venckunas et al., 2016) (Tabla 6).

Tabla 6: Escala PEDro de los estudios incluidos.

Study	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Alesi et al., 2016				✓				✓	✓	✓	✓	5
Chirosa et al., 2016		✓		✓				✓	✓	✓	✓	6
Cho et al., 2017	✓	✓		✓				✓	✓	✓	✓	6
Ishihara et al., 2017				✓						✓	✓	3
Lo et al., 2019								✓	✓	✓	✓	4
Martín-Martínez et al., 2015		✓		✓				✓	✓	✓	✓	6
Schmidt et al., 2015		✓								✓	✓	3
Venckunas et al., 2016				✓						✓	✓	3

Características de los estudios incluidos: Las edades de los participantes osciló entre $8,8 \pm 1,1$ años y $17,5 \pm 1,8$ años. Seis de los ocho estudios incluidos incorporaron tanto a niños como a niñas en su muestra, sin embargo, uno incorporó exclusivamente a niñas (Chirosa et al., 2016) y otro sólo a niños (Alesi et al., 2016). Los programas de intervención incluyeron uno o varios de los siguientes deportes: fútbol, tenis, taekwondo, judo, floorball, baloncesto, balonmano y atletismo. La duración total de los programas osciló entre 6 semanas y 1 año, con una frecuencia de 1 a 5 sesiones por semana y 30 a 90 minutos por sesión. Tres de los estudios se realizaron en clubes deportivos, mientras que el resto se llevó a cabo en el contexto escolar. Un estudio incorporó a jugadores novatos que nunca habían participado en programas deportivos, tres estudios incluyeron a participantes con 3-4 años de experiencia en el deporte (vela, tenis y judo) y cuatro estudios no informaron sobre la experiencia previa de los participantes (Tabla 7).

Tabla 7: Características de la intervención de los estudios incluidos.

Estudios	Entrenamiento	Deporte	Duración de la intervención	Frecuencia semanal	Duración de las sesiones	Intensidad
Alesi et al., 2016	Ejercicios de habilidades individuales. Juegos de uno contra uno, tres contra tres y cinco contra cinco.	Fútbol	6 meses	2/semana	75 min.	No reportada
Chirosa et al., 2016	1º sesión: 6 juegos reducidos 3 × 3 (2 fútbol sin portero, 2 baloncesto y 2 balonmano sin portero). 2º sesión: 3 juegos reducidos 3 × 3 (fútbol sin portero, baloncesto y balonmano sin portero).	Fútbol, baloncesto y balonmano	8 semanas	3/semana	1º sesión: 60 min. 2º sesión: 30 min.	(1) FC: 175.68 ± 11.39 ppm (2) Percepción media de esfuerzo: 13.20 ± 1.53
Cho et al., 2017	Entrenamiento físico, Poomsae, patadas, gimnasia con movimientos de TKD.	Taekwondo	16 semanas	5/semana	60 min.	Rango de esfuerzo percibido: 11-15
Ishihara et al., 2017	Clases de tenis (ejercicios no especificados).	Tenis	12 meses	GE1: 1/semana GE2: 4/semana	No reportada	Moderada a vigorosa
Lo et al., 2019	Técnicas de caída, derribar, empuje hacia abajo, gancho hacia abajo y Randori (combate de judo).	Judo	8 semanas	3/semana	90 min.	No reportada
Martín-Martínez et al., 2015	1º sesión: 6 juegos reducidos 3 × 3 (2 fútbol sin portero, 2 baloncesto y 2 balonmano sin portero). 2º sesión: 3 juegos reducidos 3 × 3 (fútbol sin portero, baloncesto y balonmano sin portero).	Fútbol, baloncesto y balonmano	8 semanas	2/semana	1º sesión: 60 min. 2º sesión: 30 min.	(1) FC: 175.96 ± 10.26 ppm (2) Percepción media de esfuerzo: 13.36 ± 1.39
Schmidt et al., 2015	GE1 (alto compromiso cognitivo, alto esfuerzo físico): juegos en equipo. GE2 (bajo compromiso cognitivo, alto esfuerzo físico): ejercicios aeróbicos.	Floorball y baloncesto	6 semanas	2/semana	45 min.	Moderada a vigorosa
Venckunas et al., 2016	Entrenamiento de intervalos (200 a 1000 metros), aumentando progresivamente el número de repeticiones y el tiempo destinado a ejercicio de alta intensidad cada semana.	Atletismo	7 semanas	3/semana	En aumento, desde 42 min. a 90 min.	FC durante el ejercicio: 190 ppm FC en reposo: 130 ppm

ppm: pulsaciones por minuto; FC: frecuencia cardíaca; min: minutos; TKD: taekwondo.

Evaluación del riesgo potencial de sesgo: No se detectó ningún sesgo de publicación ni heterogeneidad en este metaanálisis. El gráfico de embudo revela que la mayoría de los puntos de datos del gráfico están dentro del embudo, lo que indica que no existe sesgo ni heterogeneidad entre los estudios. Si los puntos de datos presentaran resultados fuera del embudo invertido, esto denotando asimetría y sesgo (Figura 2).

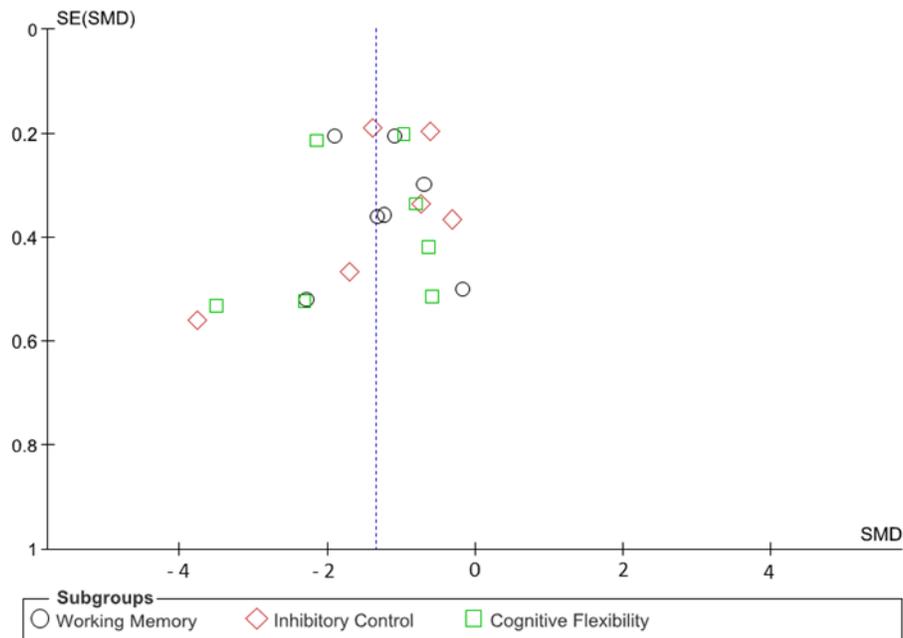


Figura 2. Gráfico de embudo de los estudios incluidos para evaluar el riesgo potencial de sesgo.

Efectos de las actividades deportivas sobre las funciones ejecutivas: Los resultados de la función ejecutiva se muestran en el diagrama de bosque de la Figura 3. La diferencia en las funciones ejecutivas entre las mediciones previas y posteriores a la intervención se evaluó mediante un metaanálisis de todos los estudios incluidos. Las tres categorías principales de la función ejecutiva se separaron en diferentes análisis de subgrupos. Debido a la potencial heterogeneidad, se incorporó un modelo de efectos aleatorios con I^2 y se utilizó para evaluar las medidas de función ejecutiva. Se detectó una heterogeneidad significativa en los ocho estudios incluidos en el

metaanálisis ($I^2 = 83\%$) y se observó un gran tamaño del efecto para los resultados de la función ejecutiva (ES -1,34; IC del 95% -1,67, -1,01; $p < 0,00001$).

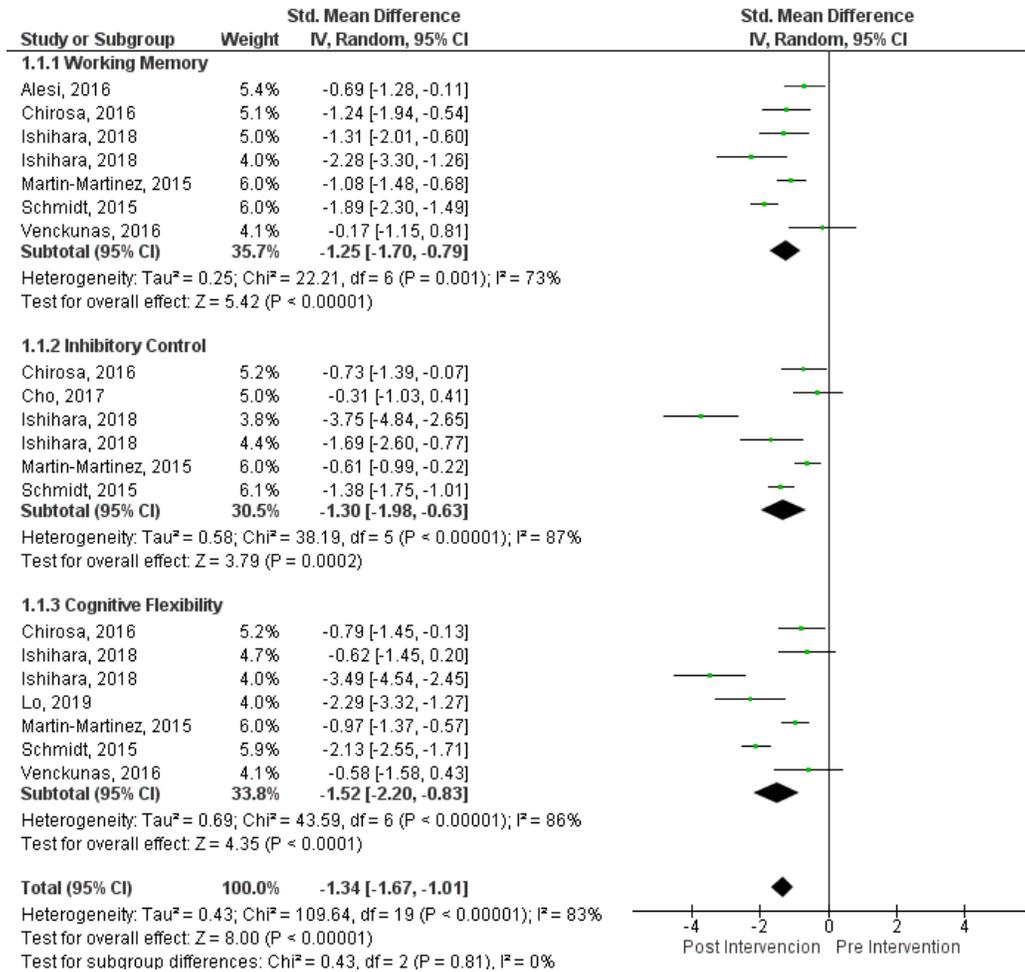


Figura 3. Diagrama de bosque de los efectos sobre la función ejecutiva. La línea vertical indica la estimación global del tamaño del efecto medio estandarizado de los estudios combinados. La línea horizontal indica el intervalo de confianza (IC) del 95%, los cuadrados indican las estimaciones, el tamaño del cuadrado es proporcional al tamaño de la muestra, y el rombo indica las estimaciones combinadas meta-analíticamente con IC del 95%. IV = varianza inversa.

Efectos de las actividades deportivas sobre la memoria de trabajo: Los resultados para la memoria de trabajo se muestran en el diagrama de bosque de la Figura 4. El diagrama de bosque contiene la DME y los correspondientes intervalos de confianza (IC) para las mediciones de memoria de trabajo, así como la prueba de efecto global y el análisis de heterogeneidad de la memoria de trabajo en los grupos experimentales de los estudios incluidos. Se incluyen siete mediciones pertenecientes a seis estudios.

Se detectó una heterogeneidad significativa en este subgrupo ($I^2 = 73\%$). Cuando se aplicó un análisis de efectos aleatorios, se observó un gran tamaño del efecto para los resultados de la memoria de trabajo (ES -1,25; IC del 95% -1,70, -0,79; $p < 0,001$).

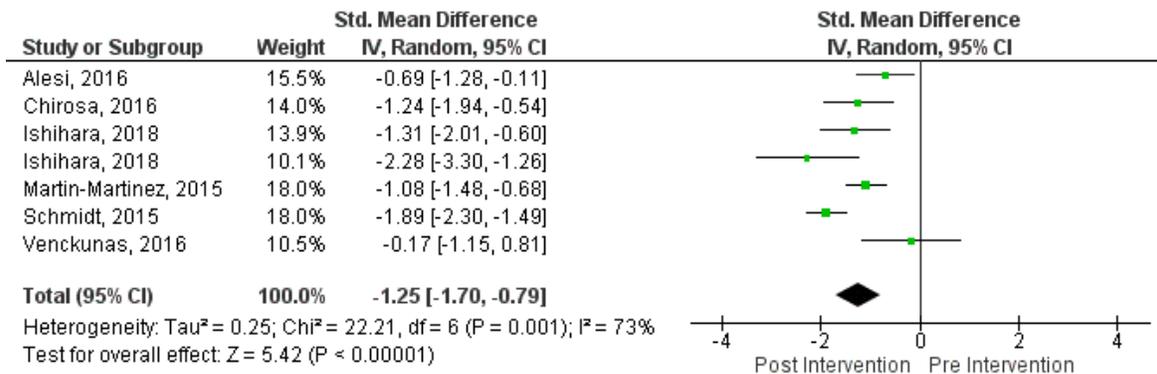


Figura 4. Diagrama de bosque de los efectos sobre la memoria de trabajo. La línea vertical indica la estimación global del tamaño del efecto medio estandarizado de los estudios combinados. La línea horizontal indica el intervalo de confianza (IC) del 95%, los cuadrados indican las estimaciones, el tamaño del cuadrado es proporcional al tamaño de la muestra, y el rombo indica las estimaciones combinadas meta-analíticamente con IC del 95%. IV = varianza inversa.

Efectos de las actividades deportivas sobre el control inhibitorio: Los resultados del control inhibitorio se muestran en el diagrama de bosque de la Figura 5. El diagrama de bosque contiene la DME y los correspondientes IC para las mediciones del control inhibitorio, así como la prueba de efecto global y el análisis de heterogeneidad del control inhibitorio en los grupos experimentales de los estudios incluidos. Se incluyen seis mediciones correspondientes a cinco estudios. Se detectó una heterogeneidad significativa en este subgrupo ($I^2 = 87\%$). Cuando se aplicó un análisis de efectos aleatorios, se observó un gran tamaño del efecto para los resultados de control inhibitorio (ES -1,30; IC del 95% -1,98, -0,63; $p < 0,00001$).

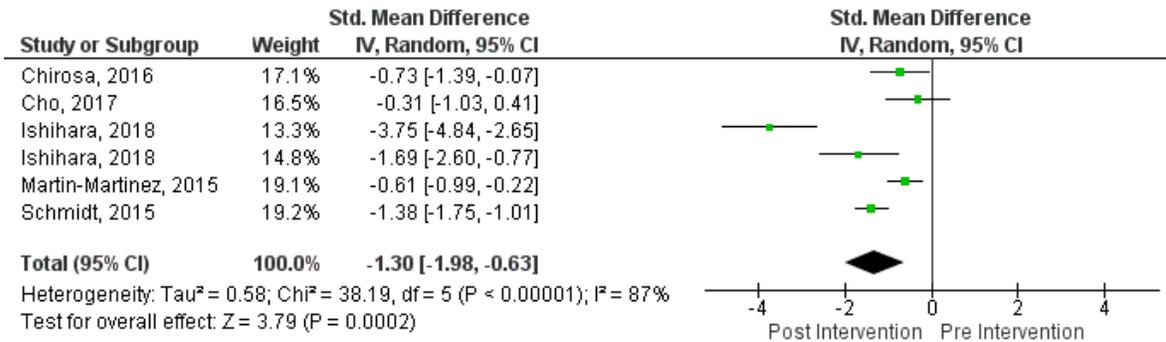


Figura 5. Diagrama de bosque de los efectos sobre el control inhibitorio. La línea vertical indica la estimación global del tamaño del efecto medio estandarizado de los estudios combinados. La línea horizontal indica el intervalo de confianza (IC) del 95%, los cuadrados indican las estimaciones, el tamaño del cuadrado es proporcional al tamaño de la muestra, y el rombo indica las estimaciones combinadas meta-analíticamente con IC del 95%. IV = varianza inversa.

Efectos de las actividades deportivas sobre la flexibilidad cognitiva: Los resultados para flexibilidad cognitiva se muestran en el diagrama de bosque de la Figura 6. El gráfico de bosque contiene la DME y los correspondientes IC para las mediciones de flexibilidad cognitiva, así como la prueba de efecto global y el análisis de heterogeneidad de la flexibilidad cognitiva para los grupos experimentales de los estudios incluidos. Se incluyen datos de siete mediciones para un total de seis estudios. Se detectó una heterogeneidad significativa en este subgrupo ($I^2 = 86\%$). Cuando se aplicó un análisis de efectos aleatorios, se observó un gran tamaño del efecto para los resultados de flexibilidad cognitiva (ES -1,52; IC del 95%: -2,20, -0,83; $p < 0,00001$).

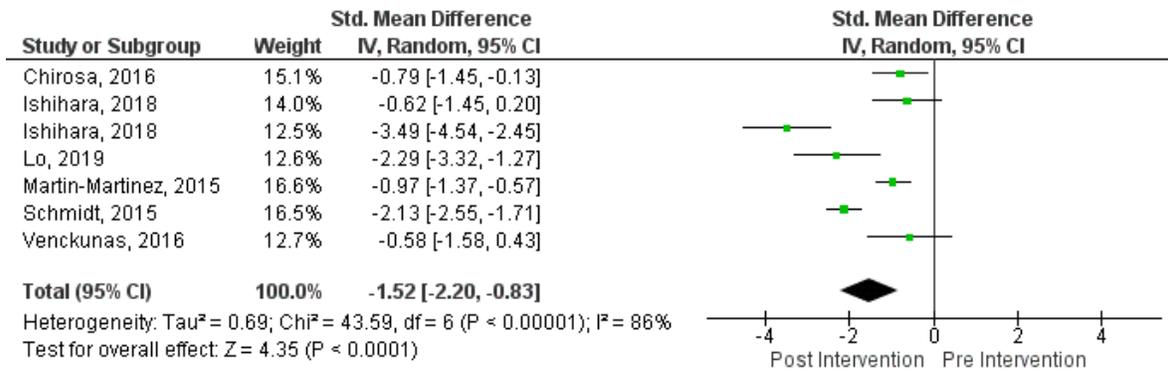


Figura 6. Diagrama de bosque de los efectos sobre la flexibilidad cognitiva. La línea vertical indica la estimación global del tamaño del efecto medio estandarizado de los estudios combinados. La línea horizontal indica el intervalo de confianza (IC) del 95%, los cuadrados indican las estimaciones, el tamaño del cuadrado es proporcional al tamaño de la muestra, y el rombo indica las estimaciones combinadas meta-analíticamente con IC del 95%. IV = varianza inversa.

12.2 Resultados E2

Características demográficas, parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas entre los grupos: En la Tabla 8 se describen las características previas y posteriores a la intervención de los tres grupos, observándose que en el grupo control, la puntuación de las tareas F1 e IN aumentó a las 12 semanas de seguimiento ($p < 0,05$), mientras que la intervención con atletismo y balonmano durante 12 semanas promovió un aumento de las puntuaciones del PAQ-C (atletismo, $p = < 0.001$; balonmano, $p = 0,002$), TM6' ($p = < 0,001$ para ambos grupos), prueba de velocidad 10 × 5 m (sólo balonmano, $p = 0,008$), prueba de salto horizontal (sólo atletismo, $p = 0,04$) y dinamometría manual (sólo balonmano, $p = 0.037$), así como un aumento en la puntuación de la tarea F2 ($p = 0,007$) en el grupo de atletismo y la puntuación de la tarea IN ($p = 0,034$) en el grupo de balonmano.

Tabla 8. Características demográficas, parámetros antropométricos, actividad física, condición física y función ejecutiva pre-post intervención por grupo.

<i>Características de los participantes</i>	Pre intervención	Post intervención	p-value	Pre intervención	Post intervención	p-value	Pre intervención	Post intervención	p-value
Grupos	Grupo control			Atletismo			Balonmano		
Edad	11.45±0.60	-	-	11.4±0.85	-	-	11.41±0.59	-	0.93
Sexo			-			-			-
Niñas	15 (50%)	15 (50%)		14 (46.7)	14 (46.7)		15 (50.0)	14 (46.7)	
Niños	15 (50%)	15 (50%)		16 (53.3)	16 (53.3)		15 (50.0)	16 (53.3)	
Parámetros antropométricos									
Peso (kg)	42.7±7.67	43.1±7.7	0.87	44.5±7.65	45.28±8.16	0.69	43.6±8.17	43.86±8.29	0.90
Estatura (m)	1.48±0.05	1.50±0.05	0.27	1.52±0.048	1.53±0.049	0.31	1.49±0.08	1.51±0.08	0.52
CC (cm)	70.1±10.7	69.8±10.34	0.90	71.46±5.78	70.3±5.16	0.43	70.4±6.44	69.86±6.26	0.73
ICE (CC/estatura)	0.47±0.07	0.46±0.07	0.72	0.46±0.04	0.45±0.038	0.27	0.47±0.04	0.46±0.03	0.43
IMC (kg/m ²)	19.3±3.7	19.1±3.4	0.78	19.17±3.1	19.2±3.34	0.97	19.26±2.44	19.0±2.41	0.67
Actividad física									
PAQ-C	2.73±0.96	3.02±1.0	0.26	2.6±0.56	3.09±0.51	<0.001	2.49±0.58	3.4±0.54	0.002
Condición física									
TM6' (m)	381.4±98.5	381.5±95.2	0.91	384.9±51.5	726.5±70.6	<0.001	330.3±16.9	734.0±74.6	<0.001
10 × 5 m (s)	23.4±2.7	23.7±2.7	0.63	22.49±2.32	21.58±1.72	0.08	21.94±2.01	20.6±1.75	0.008
Salto horizontal (cm)	134.7±15.3	134.4±14.4	0.93	143.8±21.7	155.6±23.1	0.04	152.7±12.1	157.26±14.56	0.19
Dinamometría manual (kg)	14.7±3.3	14.9±3.25	0.81	17.86±7.03	21.0±5.93	0.06	18.96±4.12	21.16±3.86	0.037
ENFEN									
Fluencia fonológica (F1)	11.96±4.7	14.76±4.49	0.021	10.5±3.92	11.73±4.83	0.28	11.93±3.7	13.03±3.15	0.22
Decatipo F1	5.03±2.8	6.2±2.56	0.098	4.43±2.34	4.66±2.55	0.71	4.96±2.37	5.03±1.6	0.89
Fluencia semántica (F2)	18.16±5.7	17.43±4.73	0.59	18.7±2.7	21.8±5.54	0.007	19.7±3.83	19.8±4.21	0.92

Decatipo F2	5.83±2.76	5.23±2.34	0.36	6.2±0.96	7.23±1.97	0.012	6.46±1.47	6.26±1.52	0.60
Sendero gris (S1)	29.7±8.66	32.6±10.6	0.26	36.97±12.64	37.84±16.6	0.82	29.9±10.76	32.34±10.91	0.38
Decatipo S1	6.03±2.05	6.26±1.38	0.60	7.13±2.1	7.0±2.49	0.82	5.86±2.3	6.23±2.17	0.52
Sendero a color (S2)	16.64±6.63	18.4±4.73	0.24	16.58±4.4	18.57±7.0	0.19	15.9±5.5	17.2±3.95	0.32
Decatipo S2	4.93±2.3	5.46±1.56	0.29	4.93±1.76	5.36±2.17	0.39	4.66±1.95	5.13±1.65	0.32
Anillas (A)	186.77±18.28	175.0±32.9	0.09	176.8±33.0	171.4±43.7	0.58	185.61±32.6	174.5±36.0	0.21
Decatipo A	3.93±0.86	4.06±1.94	0.72	4.43±1.38	4.86±2.08	0.34	3.86±1.85	4.36±1.82	0.29
Interferencia (IN)	74.13±21.69	86.39±14.3	0.012	85.0±19.73	92.3±21.83	0.18	84.0±11.96	90.9±12.49	0.034
Decatipo IN	4.6±1.84	5.5±1.4	0.038	5.3±1.82	5.93±1.85	0.18	5.56±0.97	5.9±1.32	0.27

Los datos mostrados representan la media ± desviación estándar. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños; IMC = índice de masa corporal; CC = circunferencia de cintura; ICE = índice cintura-estatura; PAQ-C = Physical Activity Questionnaire for older Children; TM6' = test de marcha de seis minutos.

Frecuencia de cambio antes y después de la intervención para las tareas de función ejecutiva entre los grupos: Para determinar la proporción de participantes que mostraron un cambio positivo (gain), una disminución (loss) o que permanecieron sin cambios (null) entre los momentos pre y post intervención, fue calculado el cambio (Δ) entre las dos observaciones para cada tarea de función ejecutiva entre los grupos. Se observó que la proporción de participantes con ganancias en las tareas F1 (Figura 7A) y F2 (Figura 7B) fue mayor entre los participantes con la intervención de atletismo ($p = 0,012$ y $p = 0,005$) en comparación con el grupo de balonmano, mientras que las ganancias para la tarea S2 en el grupo de atletismo mostraron un cambio mayor ($p = 0,030$) en comparación con el grupo control (Figura 7D).

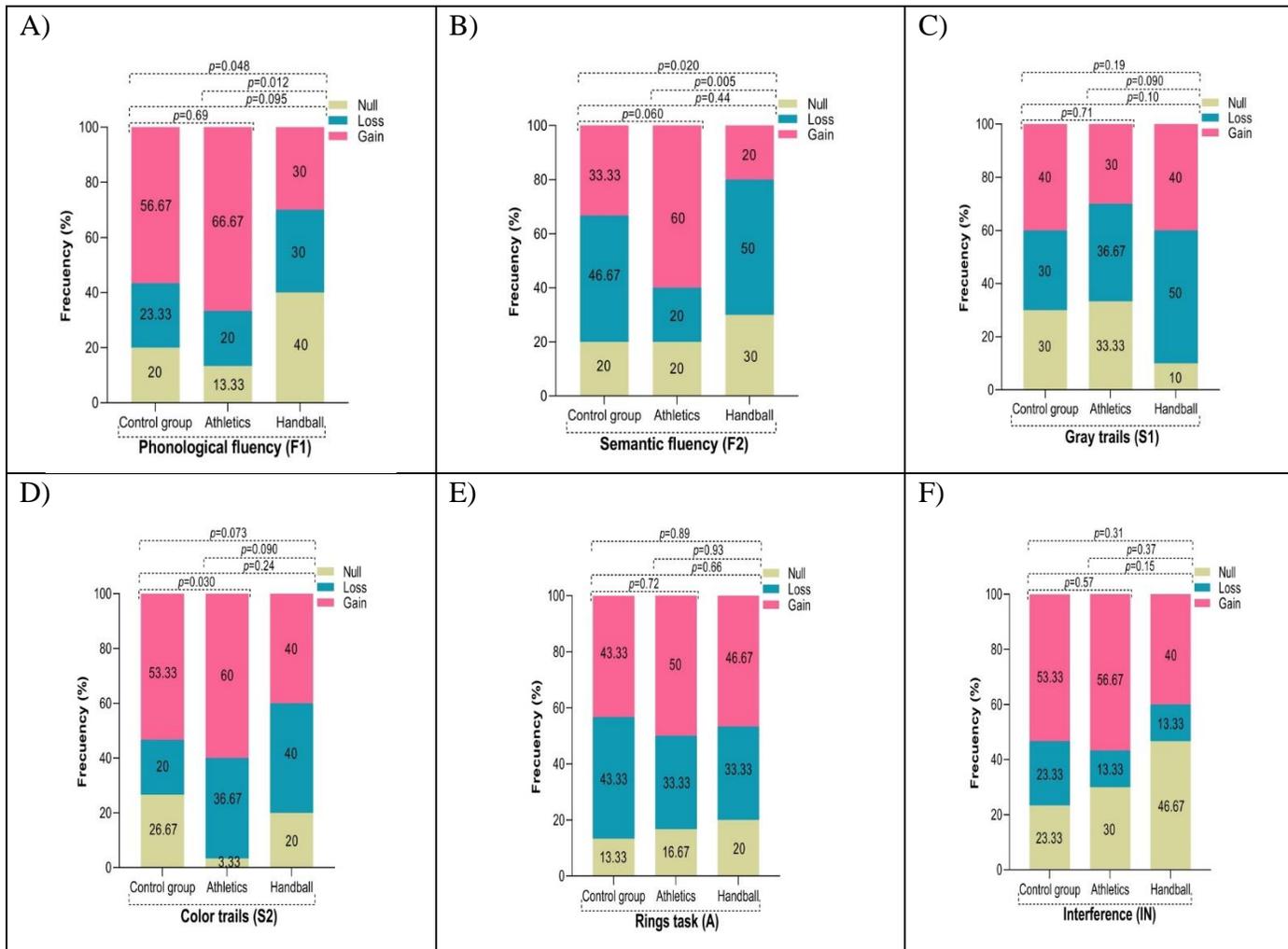


Figura 7. Frecuencia de cambio entre los momentos pre y post intervención para los decatipos de las tareas de ENFEN entre los grupos. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños.

Actividad física y función ejecutiva: Para evaluar la relación entre actividad física y función ejecutiva, se realizó una correlación entre el delta (Δ) de cambio en la puntuación del PAQ-C derivado de las comparaciones pre y post intervención, y el delta (Δ) de cambio entre los puntajes pre y post intervención de cada tarea de ENFEN para cada grupo. Aunque hubo niños en el grupo control cuya actividad física aumentó, este aumento se relacionó positivamente con S2 ($r = 0,37$, $p = 0,042$) pero mostró una relación negativa con las tareas F2 ($r = -0,61$, $p < 0,001$) e IN ($r = -0,47$, $p < 0,008$) (Figura 8A). Por el contrario, en el grupo de atletismo, el cambio en la puntuación del PAQ-C se relacionó positivamente con el decatipo F2 ($r = 0,36$, $p = 0,044$) (Figura 8B). En el grupo de balonmano, cuanto mayor era el cambio positivo en la puntuación PAQ-C, mayor era la puntuación S1 ($r = 0,55$, $p = 0,001$) y A ($r = 0,37$, $p = 0,04$), aunque la puntuación IN era menor ($r = -0,39$, $p = 0,028$) (Figura 8C).

Además, categorizamos la ganancia en la puntuación del PAQ-C tras la intervención y evaluamos la asociación con los decatipos de ENFEN (Figura 9). Una ganancia $\geq 0,50$ puntos en el PAQ-C se asoció con un aumento significativo de los decatipos F2 ($p = 0,03$), S1 ($p < 0,001$), S2 ($p = 0,014$) y A ($p = 0,001$) en el grupo de balonmano. Para el grupo de atletismo, una ganancia $\geq 0,50$ puntos del PAQ-C se asoció con un aumento significativo del decatipo S1 ($p = 0,031$). Para el grupo control, una ganancia $\geq 0,50$ puntos en el PAQ-C se asoció con un aumento significativo en los decatipos S1 ($p = 0,045$) e IN ($p = 0,003$).

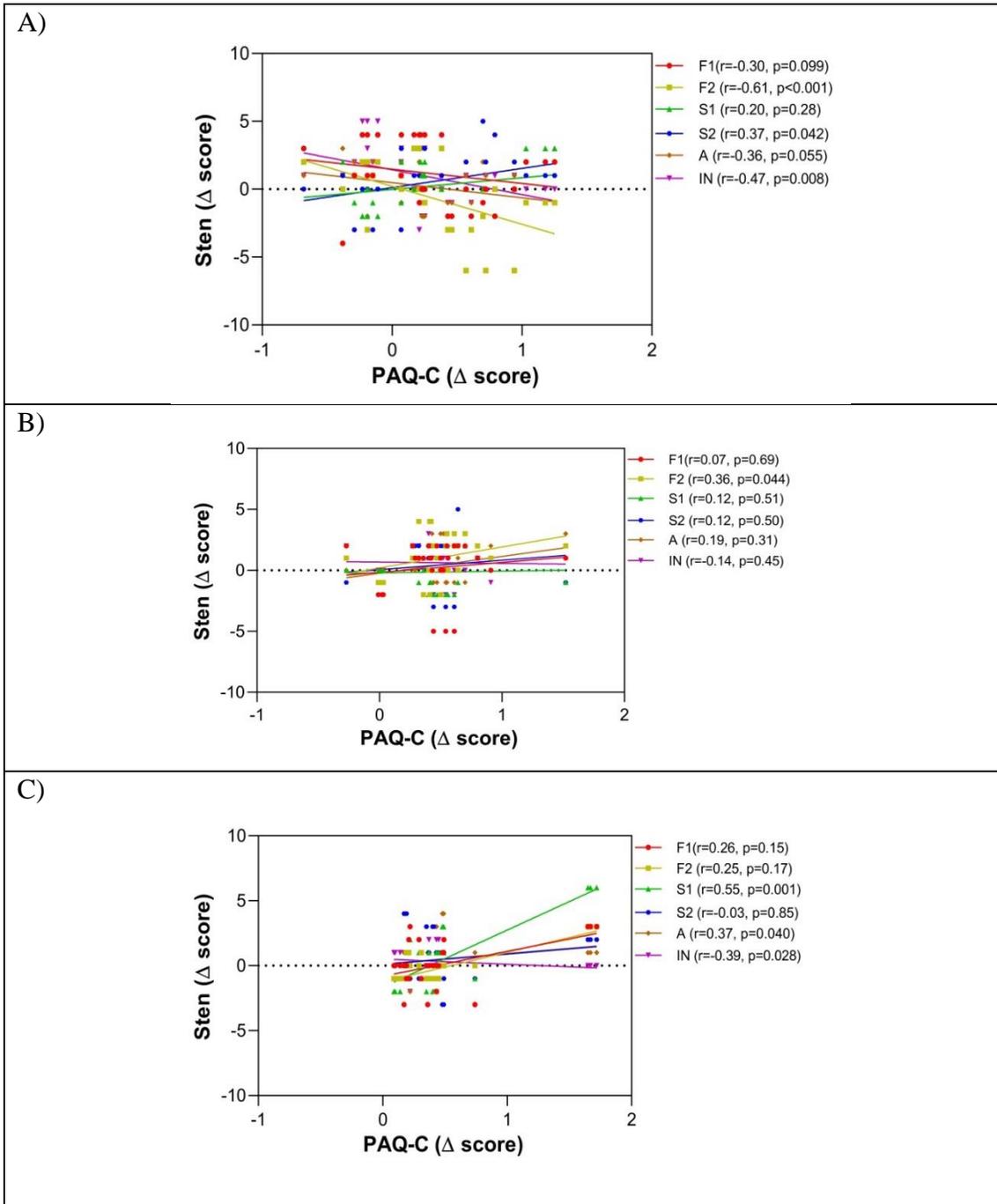


Figura 8. Análisis de correlación entre los puntajes de PAQ-C y los decatipos de ENFEN pre y post intervención para cada grupo. (A) Grupo control; (B) Atletismo; (C) Balonmano. Correlación de Spearman (rho, coeficiente de correlación). ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños.

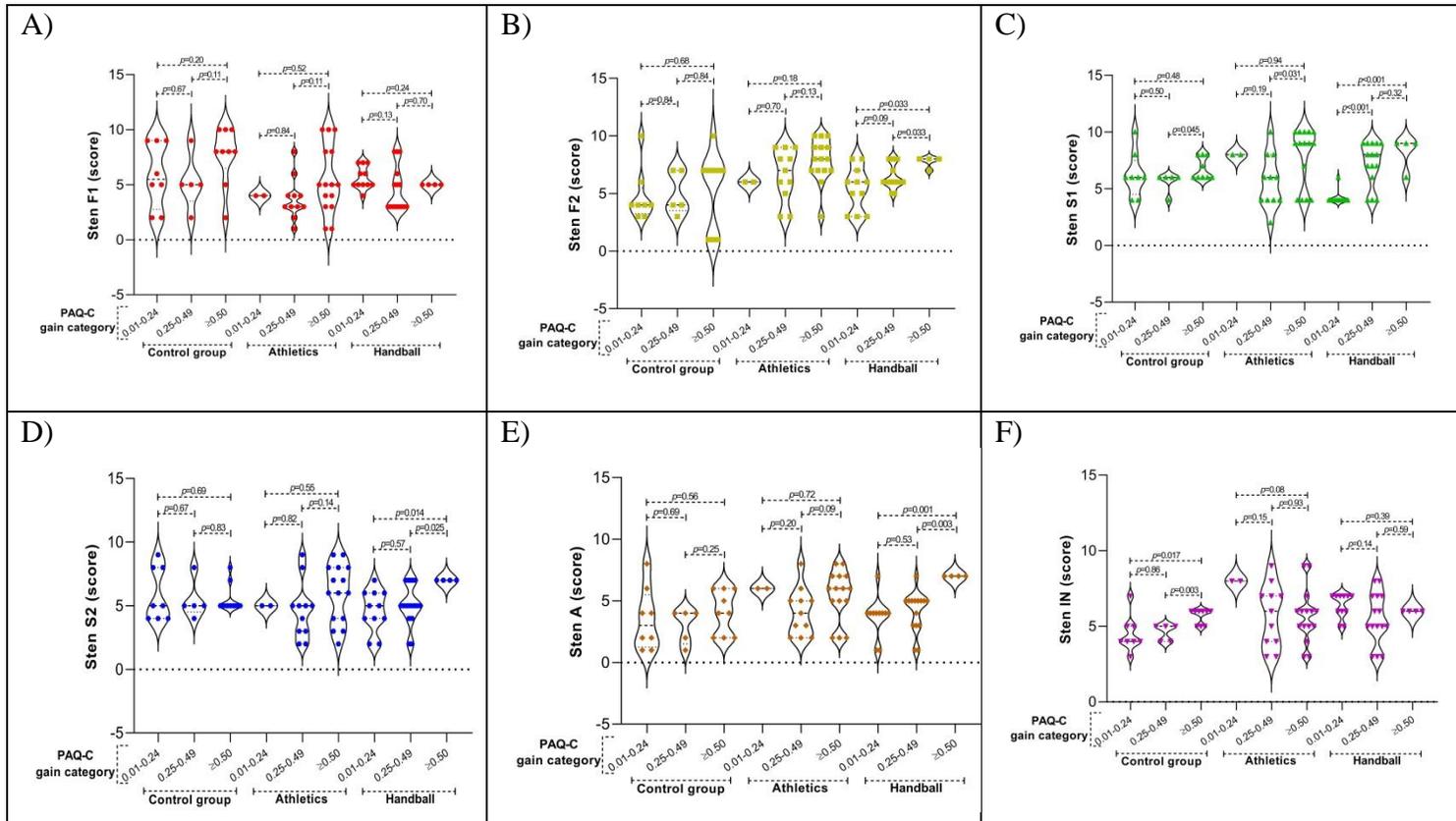


Figura 9. Asociaciones entre la ganancia en la puntuación del PAQ-C y los decatipos de ENFEN por grupo. A) F1; B) F2; C) S1; D) S2; E) A; F) IN. Comparación de medias (\pm) por t de Student.

Factores relacionados con una pérdida o cambio nulo en las funciones ejecutivas:

Se investigaron los factores relacionados con una pérdida o cambio nulo en los decatipos de ENFEN y se identificó que ser varón (OR = 2,7 (1,15-6,36); p = 0,02) o haber presentado baja fuerza prensil de mano (OR = 4,0 (1,64-10,0); p = 0,002) o ICE >0,5 (OR = 4,82 (1,26-18,36); p = 0,02) antes de la intervención, fueron factores asociados con una pérdida o cambio nulo en el decatipo A de ENFEN después de la intervención deportiva. Por otra parte, tener baja fuerza prensil de mano se mostró como un factor de riesgo para una pérdida o cambio nulo en el decatipo IN (OR = 3,23 (1,31-7,92); p = 0,01), y un ICE > 0,5 representó una variable asociada a una pérdida o cambio nulo en el decatipo F2 (OR = 12,1 (1,51-96,2); p = 0,019) (Tabla 9).

Tabla 9. Factores relacionados con una pérdida o cambio nulo en los decatipos de ENFEN.

Decatipos ENFEN	Sexo masculino	Baja fuerza prensil de mano (<18 kg.)	ICE (>0.5)
F1	1.30 (0.57-2.99), 0.52	0.93 (0.39-2.18), 0.86	0.56 (0.18-1.72), p = 0.31
F2	1.57 (0.66-3.7), 0.30	1.87 (0.78-4.5), 0.15	12.1 (1.51-96.2), p = 0.019
S1	0.18 (0.07-0.48), 0.001	0.59 (0.24-1.48), 0.26	0.69 (0.23-2.08), p = 0.51
S2	0.76 (0.33-1.75), 0.53	1.64 (0.69-3.9), 0.25	0.77 (0.26-2.3), p = 0.65
A	2.7 (1.15-6.36), 0.02	4.0 (1.64-10.0), 0.002	4.82 (1.26-18.36), p = 0.02
IN	2.05 (0.88-4.75), 0.09	3.23 (1.31-7.92), 0.01	0.53 (0.17-1.63), p = 0.27

Los datos mostrados representan los OR (IC del 95%). ICE = índice cintura-estatura.

12.3 Resultados E3

Parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas según sexo: La Tabla 10 muestra la edad, características antropométricas, actividad física, condición física y puntuaciones de la batería ENFEN para los participantes según sexo. Los niños presentaron mayor ICE (p < 0,001), menor actividad física (p = 0,049) y menor fuerza prensil de mano (p = 0,009) en comparación con las niñas. Los decatipos de ENFEN fueron similares para ambos sexos.

Tabla 10: Edad, parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas según sexo.

Características de los participantes	Total (n = 90)	Niñas (n = 44)	Niños (n = 46)	p-value
Edad	11.45 ± 0.68	11.43 ± 0.71	11.46 ± 0.66	0.88
Parámetros antropométricos				
Peso (kg)	43.9 ± 4.87	43.3 ± 9.83	43.6 ± 7.78	0.72
Estatura (m)	1.5 ± 0.06	1.53 ± 0.04	1.47 ± 0.07	<0.001
CC (cm)	70.7 ± 7.86	68.9 ± 4.04	72.3 ± 10.06	0.042
ICE (CC/estatura)	0.47 ± 0.05	0.45 ± 0.03	0.48 ± 0.06	<0.001
IMC (kg/m ²)	19.26 ± 3.1	18.8 ± 2.2	19.71 ± 3.74	0.15
Actividad física				
PAQ-C	2.76 ± 0.73	2.91 ± 0.62	2.6 ± 0.80	0.049
Condición física				
TM6' (m)	365.6 ± 68.9	347.2 ± 22.5	383.2 ± 90.9	0.012
10 × 5 m (s)	22.6 ± 2.4	22.0 ± 1.69	23.2 ± 2.84	0.021
Salto horizontal (cm)	143.7 ± 18.2	148.5 ± 17.8	139.2 ± 17.6	0.014
Dinamometría manual (kg)	17.2 ± 5.3	18.6 ± 5.9	15.7 ± 4.2	0.009
ENFEN				
Fluencia fonológica (F1)	11.46 ± 4.15	11.61 ± 3.98	11.32 ± 4.34	0.74
Decatipo F1	4.8 ± 2.5	4.8 ± 2.3	4.8 ± 2.7	0.97
Fluencia semántica (F2)	18.85 ± 4.26	18.47 ± 4.61	19.2 ± 3.92	0.41
Decatipo F2	6.1 ± 1.89	5.8 ± 1.97	6.47 ± 1.77	0.11
Sendero gris (S1)	32.2 ± 11.2	34.2 ± 11.74	30.28 ± 10.4	0.09
Decatipo S1	6.3 ± 2.2	6.7 ± 2.1	6.0 ± 2.3	0.15
Sendero a color (S2)	16.4 ± 5.55	16.8 ± 5.6	15.99 ± 5.5	0.48
Decatipo S2	4.8 ± 1.9	5.0 ± 2.0	4.7 ± 2.0	0.47
Anillas (A)	183.1 ± 28.8	179.8 ± 26.5	186.2 ± 30.8	0.29
Decatipo A	4.1 ± 1.43	4.1 ± 1.28	4.1 ± 1.57	0.95
Interferencia (IN)	81.1 ± 18.7	83.1 ± 17.3	79.1 ± 20.0	0.31
Decatipo IN	5.2 ± 1.63	5.2 ± 1.5	5.2 ± 1.77	0.98

Los datos mostrados representan la media ± desviación estándar. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños; IMC = índice de masa corporal; CC = circunferencia de cintura; ICE = índice cintura-estatura; PAQ-C = Physical Activity Questionnaire for older Children; TM6' = test de marcha de seis minutos.

Parámetros antropométricos y funciones ejecutivas: La Tabla 11 muestra la relación lineal entre los parámetros antropométricos y los puntajes de ENFEN. El aumento del IMC mostró una correlación negativa con F1 ($r = -0,50$, $p \leq 0,001$) y S1 ($r = -0,53$, $p < 0,001$), mientras que el aumento del ICE mostró una relación negativa con F2 ($r = -0,37$, $p = 0,002$) y S1 ($r = -0,42$, $p < 0,001$).

Tabla 11: Relación lineal entre parámetros antropométricos y funciones ejecutivas.

ENFEN	Peso corporal	IMC	CC	ICE
Fluencia fonológica (F1)	-0.37 (<0.001)	-0.50 (<0.001)	-0.35 (<0.001)	-0.35 (<0.001)
Decatipo F1	-0.42 (<0.001)	-0.49 (<0.001)	-0.37 (<0.001)	-0.30 (0.003)
Fluencia semántica (F2)	-0.30 (0.004)	-0.43 (<0.001)	-0.40 (<0.001)	-0.37 (0.002)
Decatipo F2	-0.32 (0.001)	-0.39 (<0.001)	-0.38 (<0.001)	-0.28 (0.006)
Sendero gris (S1)	-0.30 (0.003)	-0.53 (<0.001)	-0.34 (0.001)	-0.42 (<0.001)
Decatipo S1	-0.36 (<0.001)	-0.55 (<0.001)	-0.36 (<0.001)	-0.41 (<0.001)
Sendero a color (S2)	-0.11 (0.26)	-0.22 (0.030)	-0.06 (0.53)	-0.08 (0.45)
Decatipo S2	-0.12 (0.24)	-0.22 (0.031)	-0.05 (0.60)	-0.06 (0.53)
Anillas (A)	-0.02 (0.79)	0.12 (0.24)	0.15 (0.13)	0.22 (0.02)
Decatipo A	-0.06 (0.54)	-0.10 (0.34)	-0.13 (0.19)	-0.08 (0.41)
Interferencia (IN)	-0.10 (0.34)	-0.16 (0.11)	-0.12 (0.24)	-0.17 (0.08)
Decatipo IN	-0.18 (0.08)	-0.14 (0.18)	-0.05 (0.59)	0.004 (0.96)

Los datos mostrados representan el coeficiente de correlación r (p-value). Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños; IMC = índice de masa corporal; CC = circunferencia de cintura; ICE = índice cintura-estatura.

Condición física y función ejecutiva: La Tabla 12 muestra la relación lineal entre condición física y las tareas de ENFEN. En particular, las puntuaciones de salto horizontal se correlacionaron positivamente con los decatipos F1 ($r = 0,24$, $p = 0,02$) y S1 ($r = 0,21$, $p = 0,04$), y la dinamometría manual se correlacionó positivamente con F2 ($r = 0,23$, $p = 0,02$), S1 ($r = 0,26$, $p = 0,01$) e IN ($r = 0,20$, $p = 0,05$). Además, la prueba de velocidad 10×5 m se correlacionó negativamente con el funcionamiento ejecutivo deficiente ($r = -0,54$ a $-0,26$; $p = 0,01$ a $<0,001$).

Tabla 12: Relación lineal entre actividad física, condición física y funciones ejecutivas.

ENFEN	PAQ-C	TM6'	Salto horizontal	10 × 5 m	Dinamometría manual
Fluencia fonológica (F1)	0.19 (0.06)	-0.06 (0.51)	0.24 (0.02)	-0.33 (0.001)	0.17 (0.10)
Decatipo F1	0.21 (0.04)	-0.08 (0.43)	0.19 (0.06)	-0.32 (0.001)	0.04 (0.66)
Fluencia semántica (F2)	0.19 (0.04)	0.05 (0.64)	0.17 (0.09)	-0.48 (<0.001)	0.23 (0.02)
Decatipo F2	0.19 (0.06)	0.02 (0.82)	0.13 (0.21)	-0.46 (<0.001)	0.13 (0.20)
Sendero gris (S1)	0.18 (0.08)	0.08 (0.42)	0.21 (0.04)	-0.52 (<0.001)	0.26 (0.01)
Decatipo S1	0.23 (0.02)	0.04 (0.65)	0.21 (0.03)	-0.54 (<0.001)	0.21 (0.04)
Sendero a color (S2)	0.08 (0.39)	-0.08 (0.41)	-0.02 (0.83)	-0.07 (0.45)	0.13 (0.19)
Decatipo S2	0.09 (0.35)	-0.13 (0.20)	-0.006 (0.99)	-0.12 (0.23)	0.08 (0.40)
Anillas (A)	0.09 (0.39)	-0.05 (0.61)	-0.14 (0.17)	0.40 (<0.001)	-0.31 (0.002)
Decatipo A	-0.000 (0.99)	-0.09 (0.35)	0.10 (0.33)	-0.40 (<0.001)	0.10 (0.32)
Interferencia (IN)	0.07 (0.51)	-0.02 (0.83)	0.14 (0.16)	-0.29 (0.005)	0.20 (0.04)
Decatipo IN	0.22 (0.03)	-0.18 (0.08)	0.14 (0.15)	-0.26 (0.01)	0.02 (0.80)

Los datos mostrados representan el coeficiente de correlación r (p-value). Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños; PAQ-C = Physical Activity Questionnaire for Older Children; TM6' = test de marcha seis minutos.

Efecto de los parámetros antropométricos, actividad física y condición física sobre las funciones ejecutivas: La Tabla 13 muestra la asociación entre los decatipos de ENFEN, parámetros antropométricos, actividad física y condición física en un modelo ajustado por edad y sexo. En el caso de los decatipos F1, F2, S1, S2 e IN, hubo una asociación inversa con el peso corporal, el IMC, la CC y el ICE. Los parámetros antropométricos se asociaron con un mal funcionamiento ejecutivo, es decir, los valores más altos en parámetros antropométricos se asociaron con un peor desempeño en funciones ejecutivas. En cuanto a la condición física, se encontró una asociación inversa entre la prueba de velocidad 10 × 5 m y los decatipos F1, F2, S1, A e IN. En particular, A sólo mostró un efecto inverso en la prueba de velocidad 10 × 5 m ($\beta = -0,58$ (-0,91 a -0,25), $p = 0,001$). Por otro lado, se encontró un efecto positivo entre el funcionamiento ejecutivo y la actividad física, principalmente con F2 ($\beta = 0,11$ (0,03 a 0,19), $p = 0,005$) e IN ($\beta = 0,13$ (0,05 a 0,22), $p = 0,002$).

Tabla 13. Asociación entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas.

Decatipos de ENFEN	F1	F2	S1	S2	A	IN
	β (95% IC) p-value	β (95% IC) p-value	β (95% IC) p-value	β (95% IC) p-value	β (95% IC) p-value	β (95% IC) p-value
Parámetros antropométricos						
Peso (kg)	-1.41 (-2.0 a -0.81), <i>p</i> < 0.001	-1.2 (-2.1 a -0.33), <i>p</i> = 0.007	-1.83 (-2.53 a -1.14), <i>p</i> < 0.001	-1.25 (-2.1 a -0.4), <i>p</i> = 0.004	-0.58 (-1.74 a 0.57), <i>p</i> = 0.32	-1.2 (-2.2 a -0.2), <i>p</i> = 0.018
CC (cm)	-1.32 (-1.9 a -0.73), <i>p</i> < 0.001	-1.44 (-2.3 a -0.61), <i>p</i> = 0.001	-1.6 (-2.3 a -0.89), <i>p</i> < 0.001	-1.1 (-1.9 a -0.24), <i>p</i> = 0.012	-0.68 (-1.83 a 0.46), <i>p</i> = 0.23	-1.4 (-2.3 a -0.43), <i>p</i> = 0.005
ICE (CC/estatura)	-0.007 (-0.01 a -0.003), <i>p</i> < 0.001	-0.009 (-0.01 a -0.003), <i>p</i> = 0.001	-0.009 (-0.01 a -0.006), <i>p</i> < 0.001	-0.007 (-0.01 a -0.001), <i>p</i> = 0.012	-0.003 (-0.01 a 0.004), <i>p</i> = 0.4	-0.01 (-0.01 a -0.004), <i>p</i> < 0.001
IMC (kg/m ²)	-0.55 (-0.78 a -0.32), <i>p</i> < 0.001	-0.51 (-0.84 a -0.18), <i>p</i> = 0.003	-0.85 (-1.1 a -0.6), <i>p</i> < 0.001	-0.55 (-0.88 a -0.23), <i>p</i> = 0.001	-0.17 (-0.63 a 0.27), <i>p</i> = 0.43	-0.64 (-1.0 a -0.3), <i>p</i> = 0.001
Actividad física						
PAQ-C	0.07 (0.02 a 0.13), <i>p</i> = 0.009	0.11 (0.03 a 0.19), <i>p</i> = 0.005	0.09 (0.02 a 0.16), <i>p</i> = 0.006	0.06 (-0.01 a 0.14), <i>p</i> = 0.08	-0.004 (-0.11 a 0.1), <i>p</i> = 0.93	0.13 (0.05 a 0.22), <i>p</i> = 0.002
Condición física						
T6M' (m)	1.67 (-3.9 a 7.3), <i>p</i> = 0.55	1.17 (-6.43 a 8.8), <i>p</i> = 0.76	-4.64 (-11.3 a 2.0), <i>p</i> = 0.17	-10.3 (-17.5 a -3.1), <i>p</i> = 0.006	-4.6 (-14.4 a 5.2), <i>p</i> = 0.35	-6.4 (-14.9 a 2.1), <i>p</i> = 0.14
Salto horizontal (cm)	1.14 (-0.29 a 2.6), <i>p</i> = 0.11	1.22 (-0.73 a 3.18), <i>p</i> = 0.21	1.37 (-0.35 a 3.1), <i>p</i> = 0.11	-1.38 (-3.3 a 0.54), <i>p</i> = 0.15	0.92 (-1.6 a 3.5), <i>p</i> = 0.47	1.23 (-0.98 a 3.46), <i>p</i> = 0.27
10 × 5 m (s)	-0.34 (-0.53 a -0.15), <i>p</i> < 0.001	-0.59 (-0.83 a -0.35), <i>p</i> < 0.001	-0.58 (-0.8 a -0.38), <i>p</i> < 0.001	-0.01 (-0.3 a 0.25), <i>p</i> = 0.92	-0.58 (-0.91 a -0.25), <i>p</i> = 0.001	-0.41 (-0.7 a -0.12), <i>p</i> = 0.006
Dinamometría manual (kg)	-0.11 (-0.51 a 0.3), <i>p</i> = 0.59	0.29 (-0.25 a 0.83), <i>p</i> = 0.29	0.22 (-0.26 a 0.70), <i>p</i> = 0.37	-0.07 (-0.61 a 0.47), <i>p</i> = 0.8	0.32 (-0.38 a 1.0), <i>p</i> = 0.37	0.10 (-0.52 a 0.72), <i>p</i> = 0.74

Los datos representan el coeficiente β (95% IC) ajustado por edad y sexo. ENFEN = Batería de Evaluación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Niños; IMC = índice de masa corporal; CC = circunferencia de cintura; ICE = índice cintura-estatura; PAQ-C = Physical Activity Questionnaire for older Children; TM6' = test de marcha seis minutos.

Discusión

13. DISCUSIÓN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar los efectos de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas en escolares.

Siguiendo con la división establecida en la entrega de resultados, este ítem se abordará por orden de estudio planteado (E1, E2 y E3).

13.1 Discusión E1

El presente estudio tiene como objetivos: (I) recopilar la mayor cantidad de evidencia científica presente en la literatura para proporcionar una imagen actual del tema de investigación y (II) analizar el efecto de los programas deportivos sobre la función ejecutiva, en su conjunto y para cada una de sus dimensiones principales, en niños y adolescentes sanos. Los resultados obtenidos en el presente metaanálisis muestran que (I) mientras el estudio de la actividad física y la función ejecutiva está ampliamente desarrollado, el análisis de los efectos del deporte sobre la función ejecutiva constituye una línea emergente que necesita mejoras en la calidad metodológica de las futuras investigaciones; (II) los programas deportivos dirigidos a niños y adolescentes sanos tienen un gran tamaño del efecto sobre la función ejecutiva de sus participantes. Estas intervenciones pueden ser realizadas en múltiples contextos, ya sea conservando su estructura original (Alesi et al., 2016; Cho et al., 2017; Ishihara & Mizuno, 2018; Lo et al., 2019), mediante juegos reducidos (Chirosa et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015) o generando programas deportivos enriquecidos (Schmidt et al., 2015).

En comparación con metaanálisis previos, ofrece resultados innovadores basados en el tipo de intervención utilizada. Mientras otros estudios se han centrado en programas de ejercicio físico (Álvarez-Bueno et al., 2017; de Greeff et al., 2018; Liu et al., 2020; Verburgh et al., 2014; Xue et al., 2019), este estudio se centra exclusivamente en intervenciones deportivas.

Los mecanismos descritos en la literatura para explicar la relación entre ejercicio crónico y mejora de la función ejecutiva apuntan a las características de los ejercicios,

no sólo en términos cuantitativos sino también cualitativos. Para ello, es necesario enfocarse especialmente en que su estructura incorpore movimientos complejos, controlados y variados, adaptándose a los requerimientos de un entorno cambiante. Además, deben ser atractivos, cognitivamente desafiantes y enfocados en un objetivo, fomentando el desarrollo emocional y social de los niños o adolescentes (Best, 2010; Diamond, 2012; Pesce, 2012; Tomporowski et al., 2015). Los deportes cumplen ampliamente con todas las características mencionadas, a la vez que fomentan el compromiso personal y proporcionan experiencias alegres que generan confianza y orgullo al alcanzar los logros esperados (Belling & Ward, 2015; Diamond & Lee, 2011; Krenn et al., 2018; Lakes et al., 2013). En consideración de ello, cobra importancia el control intencionado de estas variables en el diseño de los programas de intervención, lo cual podría influir sobre sus resultados. Alesi et al. (2016) y Schmidt et al. (2015), incluidos en el presente estudio, explicitan la incorporación de estos elementos como parte de sus programas de intervención, basados ambos en deportes colectivos (fútbol, floorball y baloncesto).

Respecto de los tipos de deporte, existe numerosa evidencia que indica la estrecha relación entre deportes de habilidad abierta y funciones ejecutivas, ya sea para deportes de equipo, como el fútbol, baloncesto, balonmano, béisbol, vóleybol o floorball (Alesi et al., 2016; Alves et al., 2013; Chiroso et al., 2016; Huijgen et al., 2015; Kida et al., 2005; Krenn et al., 2018; Martín-Martínez et al., 2015; Nakamoto & Mori, 2008; Policastro et al., 2018; Schmidt et al., 2015; Verburgh et al., 2014; Vestberg et al., 2012, 2017; Wang et al., 2020); deportes individuales, como el tenis, atletismo y triatlón (Gatz et al., 2019; Ishihara et al., 2017a; Venckunas et al., 2016; Wang et al., 2013) y de combate, como el judo, karate y taekwondo (Alesi et al., 2014; Lakes et al., 2013; Lakes & Hoyt, 2004; Lo et al., 2019). Sin embargo, los deportes colectivos destacan especialmente, dado que la colaboración con compañeros de equipo, trabajando juntos para cumplir un objetivo compartido, la interacción con miembros de un equipo rival, el elevado nivel de incertidumbre y la necesidad de dar solución a los problemas derivados del juego, aportan estímulos adicionales a los que tienen lugar en deportes

individuales (Alarcón et al., 2017; Chiroso et al., 2016; Huijgen et al., 2015; Jacobson & Matthaeus, 2014; Krenn et al., 2018; Martín-Martínez et al., 2015; Vestberg et al., 2012). Dentro de este contexto, el método de entrenamiento basado en juegos reducidos genera modificaciones en diversos elementos del juego (tiempo de juego, espacio de juego o número de jugadores) que podrían conseguir efectos en la participación de los jugadores y su capacidad para tomar decisiones (Chiroso et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015). Las artes marciales también son reconocidas como una alternativa prometedora de intervención contextualizada para mejorar las funciones ejecutivas, especialmente en torno al control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (Cho et al., 2017; Diamond & Ling, 2019; Lo et al., 2019).

El presente metaanálisis no incluyó resultados de estudios que contemplaran medidas indirectas o globales de las funciones ejecutivas para evaluar el efecto de sus programas de intervención deportivos (Alesi et al., 2016; Gatz et al., 2019; Lakes et al., 2013), dada la dificultad para aislar y comparar sus datos en torno a las dimensiones principales que fueron objeto de análisis en el presente estudio.

Control inhibitorio: La inhibición se refiere a la capacidad de controlar la atención, el comportamiento, los pensamientos y las emociones para anular una fuerte predisposición interna o un estímulo distractor externo, permitiéndonos dar la respuesta más apropiada en un contexto determinado (Amatriain-Fernández et al., 2021; Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2004). Los resultados obtenidos en este metaanálisis evidenciaron un gran tamaño del efecto para las intervenciones deportivas sobre la capacidad de inhibición en niños y adolescentes sanos (ES -1,30; IC del 95% -1,98, -0,63; $p < 0,00001$). Nuestros resultados destacan respecto de estudios previos, que encontraron tamaños de efecto pequeños para el ejercicio crónico sobre el control inhibitorio en esta población. Específicamente, un ES: -0,30 en el caso de Liu et al. (2020) y ES: 0,26 en los estudios de Xue et al. (2019) y Álvarez-Bueno et al. (2017). de Greeff et al. (2018), sin embargo, no encontraron un efecto significativo de los programas de ejercicio físico sobre la inhibición en preadolescentes (ES: 0,19; IC del 95% = -0,04, 0,42; $p=0,097$), lo cual podría deberse a que evolutivamente esta habilidad

se encontraba en etapas iniciales de desarrollo (Davidson et al., 2006; Luna, 2009; Luna et al., 2004).

Estudios previos apoyan la idea de que los ejercicios cognitivamente atractivos y las intervenciones mentalmente enriquecidas son particularmente importantes para mejorar el control inhibitorio en niños y adolescentes (Hillman & Pontifex, 2014; Vazou et al., 2019), sin embargo, para el caso de los deportes no tenemos claridad en relación a qué variables del proceso de entrenamiento son más relevantes para lograr mejoras en torno al control inhibitorio. Analizando los resultados de los estudios incluidos en el presente metaanálisis, podemos observar un mayor tamaño del efecto asociado al programa de intervención de mayor duración (12 meses), ligado a una alta dosis de entrenamiento (4 veces a la semana) (Ishihara & Mizuno, 2018). En relación con los demás estudios incluidos para esta dimensión, no se aprecia una tendencia clara entre los tamaños de efecto encontrados y características particulares de los programas de intervención.

Memoria de trabajo: La memoria de trabajo es un subcomponente clave de la función ejecutiva que permite un almacenamiento transitorio y manipulación de la información para llevar a cabo comportamientos dirigidos a objetivos en diversos contextos cognitivos (Baddeley, 2012). Los resultados del presente metaanálisis muestran que los programas deportivos son beneficiosos para la memoria de trabajo en niños y adolescentes, evidenciando un efecto significativo de gran magnitud (ES -1,25; IC del 95% -1,70, -0,79; $p < 0,001$). Estos datos son especialmente relevantes considerando los hallazgos de metaanálisis previos donde investigaron los efectos del ejercicio agudo y crónico sobre la memoria de trabajo en niños y adolescentes, encontrando tamaños de efecto pequeños a moderados para las intervenciones crónicas. Tales son los casos de de Greeff et al. (2018) con un ES: 0,36, Liu et al. (2020) con un ES: -0,54 y Álvarez-Bueno et al. (2017) con un ES: 0,14. Pese a ello, un estudio reciente no encontró un efecto significativo de las intervenciones de ejercicio crónico sobre la memoria de trabajo en niños y adolescentes (Xue et al., 2019).

El gran tamaño del efecto encontrado en el presente metaanálisis para memoria de trabajo, si bien no puede asociarse con certeza a alguna característica en particular de los programas de intervención, correspondió al estudio cuyo periodo de intervención y frecuencia de entrenamiento fue mayor (ES: - 2,28) (Ishihara & Mizuno, 2018). Liu et al. (2020) destacan el rol moderador del tipo de ejercicio, ya que encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tamaños del efecto a favor de los ejercicios de habilidad abierta (DME = -0.72, 95% CI -0.93 a -0.43, $p < 0.001$) en comparación con los ejercicios de habilidad cerrada (DME = -0.31, 95% CI -0.57 a -0.25, $p < 0.01$). En este sentido, cinco de los seis estudios incluidos en el presente metaanálisis para memoria de trabajo incluyeron deportes de habilidad abierta en sus programas de intervención (Alesi et al., 2016; Chiroso et al., 2016; Ishihara & Mizuno, 2018; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015).

Flexibilidad cognitiva: La flexibilidad cognitiva nos permite cambiar la atención y nuestra forma de pensar entre múltiples tareas, operaciones o reglas para adaptarnos a cambios en las demandas del medio o prioridades previamente establecidas (Diamond, 2013). En relación con el tamaño del efecto encontrado, el presente estudio identificó una mejora importante y significativa en la flexibilidad cognitiva luego de la intervención (ES -1,52; IC del 95%: -2,20, -0,83; $p < 0,00001$), demostrando el mayor tamaño del efecto en comparación con las otras dos dimensiones analizadas en este estudio (memoria de trabajo y control inhibitorio). Metaanálisis anteriores que incluyen niños y adolescentes coinciden con estos hallazgos al evidenciar efectos significativos en la flexibilidad cognitiva tras implementar intervenciones longitudinales de ejercicio físico, sin embargo, sus tamaños de efecto son pequeños. Respecto de lo anterior, de Greeff et al. (2018), evidenciaron ES: 0,18, Liu et al. (2020) encontraron ES: -0.34, mientras que Álvarez-Bueno et al. (2017) encontraron ES: 0,11. Uno de los estudios previos no encontró un efecto significativo de las intervenciones crónicas de ejercicio sobre la flexibilidad cognitiva en esta población (Xue et al., 2019).

Para la flexibilidad cognitiva, se replicó la misma tendencia mostrada en las demás dimensiones sobre el mayor tamaño de efecto encontrado (ES: -3,49) para el estudio que mostró mayor duración y frecuencia del programa de intervención (Ishihara & Mizuno, 2018), lo que podría indicar la importancia de estas variables sobre el efecto de las intervenciones deportivas en las tres dimensiones principales de las funciones ejecutivas, a tener en cuenta para futuras investigaciones.

A la luz de los resultados obtenidos, es necesario continuar analizando de forma detallada en qué medida las características de los diferentes deportes influyen en la mejora de las funciones ejecutivas, sin embargo, las investigaciones desarrolladas hasta el momento aportan evidencia sustancial que brinda sustento a nuestros resultados, ya que los deportes constituyen un contexto natural, rico en estímulos que deben ser inhibidos, con demandas que exigen tomar decisiones e instaurar un comportamiento estratégico, valorando gran cantidad de información proveniente de un entorno cambiante que debe ser almacenada y manipulada (Alesi et al., 2016; Ishihara & Mizuno, 2018; Lo et al., 2019). A estas demandas cognitivas se suma la necesidad de organizar acciones para abordar las tareas de manera eficiente, monitorear el propio desempeño y evaluar nueva información, fomentando el autocontrol, la autocorrección y la superación personal (Gatz et al., 2019; Lakes et al., 2013; Lo et al., 2019).

13.2 Discusión E2

El presente estudio tuvo por objetivo analizar las diferencias en distintas dimensiones de la función ejecutiva de escolares que practican un deporte de habilidad abierta (balonmano), un deporte de habilidad cerrada (atletismo) y controles que no participan en actividades deportivas luego de un periodo de intervención de 12 semanas. Nuestros hallazgos indican que el grupo de balonmano evidenció un aumento en la tarea IN de ENFEN, que refleja una mejora en la función ejecutiva de control inhibitorio (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2004; Roy et al., 2018). El grupo de atletismo, por otra parte, aumentó su desempeño en la tarea F2, la cual ha sido descrita como una medida de flexibilidad cognitiva (Diamond, 2013; Koren et al., 2005; Sánchez-López et al., 2021) y

como una medida indirecta de memoria de trabajo (Maldonado et al., 2019; Peñarrubia et al., 2021). Nuestros estudios coinciden con los resultados de Cho et al. (2017), quienes analizaron los cambios en la función ejecutiva de una muestra de estudiantes de primaria luego de un periodo de intervención de 12 semanas con otro deporte de habilidad abierta (Taekwondo), encontrando una mejora en el control inhibitorio. También apoyan los resultados de Formenti et al. (2021), que describe un desempeño significativamente mayor en control inhibitorio para los niños que practican deportes de habilidad abierta en comparación con aquellos que practican deportes de habilidad cerrada. Por otra parte, Heppe & Zentgraf (2019) evidenciaron un mejor control inhibitorio motor, con tiempos de respuesta significativamente más cortos para jugadores de balonmano expertos en comparación con jugadores recreativos de balonmano y controles físicamente activos. Otros estudios que evaluaron las funciones ejecutivas luego de programas de intervención con deportes colectivos no encontraron cambios significativos en la habilidad de inhibición, lo que podría relacionarse con la menor duración de sus programas (6 a 8 semanas) (Chirosa et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015; Schmidt et al., 2015) o limitaciones metodológicas relacionadas con la medición de las funciones ejecutivas (Ishihara & Mizuno, 2018). En el caso de atletismo, existe el antecedente aportado por Venckunas et al. (2016), quienes investigaron el efecto de un programa de entrenamiento de intervalos de 7 semanas en una muestra de adolescentes, evidenciando mejoras significativas en flexibilidad cognitiva luego del periodo de intervención. Un estudio transversal realizado por Takahashi & Grove (2019) comparó el efecto agudo del bádminton versus atletismo sobre el control inhibitorio en adultos jóvenes utilizando la prueba de Stroop, evidenciando un rendimiento significativamente mayor en el bádminton. Si bien el efecto agudo del ejercicio no es homologable al efecto crónico, este constituye un antecedente adicional que se relaciona con la ausencia de cambio para inhibición en nuestro estudio en el grupo de atletismo.

El grupo control también mostró mejoras en su desempeño luego del seguimiento de 12 semanas para las tareas de F1 e IN, que reflejan mejoras en flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y control inhibitorio. Este aumento, a pesar de que no corresponde

con nuestra hipótesis inicial, puede relacionarse con el momento específico en que se llevó a cabo la recopilación de los datos, justamente al regresar de manera presencial al contexto escolar luego de un extenso periodo de restricciones a la movilidad y libre circulación durante la pandemia por COVID-19, que mantuvo los colegios cerrados por más de 18 meses en Chile. Pese a que ni la actividad física ni la condición física mostraron cambios significativos en el grupo control, se infiere que los estímulos positivos propios del regreso a la presencialidad (sociales, emocionales y cognitivos) pueden haber estimulado las funciones ejecutivas de estos niños al verse en la necesidad de responder al aumento en las demandas propias del contexto escolar (Kamkar & Morton, 2017; Lavigne-Cerván et al., 2021).

Al comparar la proporción de niños que mostró un cambio positivo o ganancia en función ejecutiva para ambos grupos que practicaron deporte, se apreció que el grupo de atletismo superó significativamente al grupo de balonmano en ambas tareas de fluencia verbal (F1 y F2), lo que indica que un mayor porcentaje de niños en este grupo experimentaron una mejora en su desempeño para flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo. El grupo de atletismo también superó significativamente en dicha proporción al grupo control en la tarea senderos a color, que evalúa flexibilidad cognitiva. Sin embargo, para las tareas de función ejecutiva existió un porcentaje de los participantes que mostró cambio nulo o pérdida, lo que se relacionó de manera significativa con pertenecer a sexo masculino (para las tareas S1 y A), haber presentado bajo rendimiento en dinamometría manual (para A e IN) o $ICE > 0.5$ (para F2 y A) previo a la intervención. Mora et al. (2019) informaron previamente de una asociación positiva significativa entre fuerza de prensión manual y la habilidad de planificación, mientras que Veraksa et al. (2021) evidenciaron una relación positiva significativa entre pruebas de lanzamiento e inhibición, ambos estudios en niños. Flores et al. (2019) también aportan antecedentes que asocian las funciones ejecutivas de niños y adolescentes con fuertes predictores de enfermedad cardiovascular, entre los que se encuentra el ICE, indicando que el puntaje en pruebas cognitivas disminuye en la medida que aumenta el número de factores de riesgo cardiovascular involucrados.

Los grupos que participaron en actividades deportivas mostraron un aumento significativo de la actividad física (PAQ-C) y de su capacidad cardiorrespiratoria (TM6'). Investigaciones previas sugieren que participar en una actividad deportiva aeróbica regular puede conducir a cambios positivos en el rendimiento cognitivo, lo que pudo contribuir con las mejoras evidenciadas en función ejecutiva (Best, 2010; Etnier et al., 2006; Guiney & Machado, 2013). Otros estudios recientes concuerdan en que un mejor nivel de actividad física se asocia con un mayor desarrollo de la función ejecutiva en niños (Hsieh et al., 2018; Zeng et al., 2021). El grupo de balonmano mostró mejoras significativas adicionales en velocidad de desplazamiento y agilidad (prueba de velocidad 10 × 5 m) y fuerza prensil de mano, mientras que el grupo de atletismo evidenció mejoras significativas en potencia de piernas (prueba de salto horizontal). Esto refleja las características comunes y diferenciadoras de los programas de entrenamiento de cada deporte, compartiendo un componente aeróbico, pero mostrando un énfasis distinto en otras dimensiones de la condición física como la agilidad, velocidad y fuerza (Chirosa et al., 2016; Martín-Martínez et al., 2015; Venckunas et al., 2016).

Los estudios que han analizado la relación entre pruebas específicas de condición física y funciones ejecutivas en niños y adolescentes evidencian asociaciones positivas significativas entre fuerza muscular de la parte superior del cuerpo (pruebas de prensión manual y lanzamiento) con las habilidades de planificación, memoria de trabajo e inhibición; entre velocidad-agilidad con flexibilidad cognitiva, inhibición y memoria de trabajo (Mora-Gonzalez et al., 2019; Veraksa et al., 2021) y aptitud cardiorrespiratoria con flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, control inhibitorio, planificación y resolución de problemas (Buck et al., 2008; Cabral et al., 2021; Huang et al., 2015; Meijer et al., 2021; Mora-Gonzalez et al., 2019; van der Fels et al., 2015; Voss et al., 2010; Wu et al., 2011). Otros estudios, que han fusionado los resultados de las pruebas físicas para obtener una medida global de condición física, han identificado que su mejora se asocia con un mayor desempeño en flexibilidad cognitiva (Mora-Gonzalez et al., 2019), memoria de trabajo (Marchetti et al., 2015) e inhibición (Hung et al., 2013).

El análisis detallado de la relación entre ganancia en la actividad física y la mejora de las tareas de función ejecutiva evidenció que el aumento en la actividad física en el grupo de balonmano se correlaciona significativamente con el aumento de la atención (S1) y de la planificación (A). Además, una ganancia ≥ 0.50 puntos en actividad física (PAQ-C) para dicho grupo se asocia con un aumento significativo de flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, atención y planificación (tareas F2, S1, S2 y A). En el grupo de atletismo, un cambio positivo en la actividad física se asoció con un mayor desempeño en flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo (F2), mientras que un aumento ≥ 0.50 puntos en actividad física (PAQ-C) se asoció con un mejor desempeño en atención (S1). La ganancia en actividad física se relacionó con la habilidad de planificación sólo en el grupo de balonmano, además, la relación entre aumento de la actividad física y mejora en funciones ejecutivas se extiende hacia una mayor cantidad de tareas de función ejecutiva en el grupo de balonmano en comparación con el grupo de atletismo. Estos hallazgos respaldan la idea de que las diferencias cualitativas en la actividad física y, específicamente, en el deporte, se relacionan con ganancias en distintas dimensiones de las funciones ejecutivas, dependiendo de las características inherentes a cada disciplina (Burris et al., 2020; Jacobson & Matthaeus, 2014; Pesce, 2012). Dentro del grupo control, el aumento en la actividad física correlacionó positivamente con el rendimiento en flexibilidad cognitiva (S2) y ganancias ≥ 0.50 puntos en PAQ-C se relacionaron con mejoras en atención y control inhibitorio (tareas S1 e IN).

Estos datos evidencian diferencias en el perfil de mejora de las distintas dimensiones de la función ejecutiva para un deporte de habilidad abierta y uno de habilidad cerrada y que el aumento de la actividad física por sobre el umbral de 0.50 puntos en PAQ-C es relevante para mejorar el desempeño en algunas tareas de función ejecutiva, sobre todo cuando ésta incorpora la práctica deportiva. Además, la memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y planificación parecen ser más sensibles al aumento de la actividad física basada en el deporte, mientras que el control inhibitorio parece mejorar en respuesta

al aumento de la actividad física ≥ 0.50 puntos en PAQ-C incluso en ausencia de práctica deportiva, dada la incorporación de estímulos relacionados con el entorno académico, lo que se observó para el grupo control.

El estudio tiene como ventaja que describe de forma detallada las contribuciones específicas de la práctica crónica de balonmano y atletismo sobre las funciones ejecutivas, abarcando sus tres dimensiones principales y la habilidad de planificación, todas ellas altamente relevantes en el contexto escolar. Además, proporciona información sobre las relaciones entre actividad física y las tareas de función ejecutiva, permitiendo diferenciar las condiciones que implican práctica deportiva, a la vez que analiza las variables involucradas con la ausencia de cambio luego del periodo de intervención.

13.3 Discusión E3

El presente estudio examinó las posibles asociaciones entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas en escolares de educación básica al momento de reintegrarse a actividades académicas presenciales luego de las restricciones interpuestas a causa de la pandemia por COVID-19 en Chile. Los resultados obtenidos indican que el aumento en los parámetros antropométricos seleccionados (peso corporal, IMC, CC e ICE) se asocia con un menor desempeño en todas las tareas de función ejecutiva y atención. A pesar de que las tareas utilizadas para evaluar función ejecutiva implican demandas complejas que dificultan poder identificar la contribución única de una dimensión de las funciones ejecutivas (Diamond, 2013; Ferguson et al., 2021), los resultados nos permiten relacionar el aumento en estos parámetros antropométricos con un menor desempeño en: (1) control inhibitorio, por medio de la tarea IN, que se basa en el efecto Stroop al suponer un alargamiento en el tiempo de respuesta y mayor propensión a cometer errores frente a datos contradictorios (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2004; Roy et al., 2018); (2) flexibilidad cognitiva, por medio de las tareas F1, F2 (en conjunto, fluencia verbal) (Diamond, 2013; Koren et al., 2005; Sánchez-López et al., 2021) y senderos, que se

asemeja al conocido Trail Making Test (Bowie & Harvey, 2006; Soprano, 2003); y (3) planificación, a través de la tarea A, que es una modificación de la prueba Torre de Hanoi (Diamond, 2013; Maldonado et al., 2019; Peñarrubia et al., 2021). Las tareas de fluencia verbal también han sido consideradas una medida indirecta de memoria de trabajo (Maldonado et al., 2019; Peñarrubia et al., 2021) y S1 (parte 1 de senderos) se vincula estrechamente con atención (Soprano, 2003).

Nuestros hallazgos coinciden con los de Ronan et al. (2020), ya que en su estudio la función ejecutiva se relacionó significativamente con actividad física, IMC, CC e ICE en niños. Esta relación podría ser parcialmente explicada por la reducción en el grosor cortical asociada al aumento de IMC en zonas del córtex prefrontal involucradas en toma de decisiones, inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva, lo cual se considera un factor de riesgo para el cerebro en desarrollo (Ronan et al., 2020; Yau et al., 2014). En esta misma línea, Alarcón et al. (2016) identificaron que el IMC se relacionó inversamente con la precisión de la memoria de trabajo (verbal y espacial) y con la microestructura de la materia blanca de las fibras de asociación que conectan las regiones cerebrales vinculadas a la capacidad de la memoria de trabajo en una muestra de adolescentes. Por otra parte, Li et al. (2018) realizaron un estudio longitudinal para estimar la asociación entre el peso corporal en edades tempranas y la cognición en una muestra de niños con desarrollo típico, concluyendo que el peso corporal en edades tempranas se asocia negativamente con el razonamiento perceptual y la memoria de trabajo de los niños. Otros estudios, centrados en la relación entre IMC elevado y peso corporal excesivo con funciones ejecutivas en niños, han evidenciado una influencia recíproca entre estas variables, sin embargo, a pesar de no existir suficiente evidencia que permita establecer la direccionalidad de dicha relación, coinciden en describir déficits en diferentes dimensiones de las funciones ejecutivas y otros aspectos cognitivos relevantes para el funcionamiento diario, como la atención y la velocidad de procesamiento, asociados a dichas condiciones (Blanco-Gómez et al., 2015; Favieri et al., 2019; Liang et al., 2014; Mamrot & Hanć, 2019; Sweat et al., 2017; Yau et al., 2014).

Respecto de la relación entre CC e ICE con función ejecutiva en niños, existe menor cantidad de información, sin embargo, nuestros resultados coinciden con Huang et al. (2015), quienes evidenciaron que el IMC y la CC se asocia negativamente con el control inhibitorio, independientemente de la aptitud aeróbica, en una amplia muestra de adolescentes. Los resultados de Kamiyo et al. (2013) apoyan también la relación entre IMC y masa grasa como marcadores de adiposidad con un menor desempeño en control inhibitorio y rendimiento académico en preadolescentes. Flores et al. (2019) coinciden, aportando antecedentes que asocian el rendimiento cognitivo en atención, memoria y funciones ejecutivas de niños y adolescentes con fuertes predictores de enfermedad cardiovascular entre los que se encuentra el ICE y hormonas relacionadas con el estrés, indicando que el puntaje en pruebas cognitivas disminuye en la medida que aumenta el número de factores de riesgo cardiovascular involucrados. Un peor desempeño en planificación también se ha relacionado con una mayor CC en niños sedentarios con desarrollo típico (Davis & Cooper, 2011).

La actividad física y condición física son importantes marcadores tanto de salud física como mental que se relacionan con el desarrollo cognitivo durante la infancia y adolescencia, especialmente en torno a las funciones ejecutivas (Best, 2010; Meijer et al., 2020; Tomporowski & Pesce, 2019; Veraksa et al., 2021). La actividad física se refiere a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que genera un gasto de energía, mientras que la condición física se refiere a un conjunto de atributos o habilidades físicas que pueden ser medidos con pruebas específicas (Caspersen et al., 1985; Veraksa et al., 2021). Actualmente, la habilidad motora humana se entiende de forma multidimensional, en donde existen habilidades motoras básicas (resistencia, fuerza, velocidad, coordinación y flexibilidad) que se describen como más energéticamente determinadas (como la resistencia), más orientadas a la información (como la coordinación) o que comparten ambos componentes (como la potencia muscular) (Corbin, 1991; Lämmle et al., 2010). Este modelo permite comprender que las habilidades motoras se vinculan en diferente medida con las habilidades cognitivas y, en específico, con la función ejecutiva, que actuaría como mediador entre los

resultados relacionados con la actividad física y el aprendizaje durante la infancia (Schmidt et al., 2017).

Los resultados obtenidos en este estudio respecto de la relación entre actividad física, condición física y tareas de función ejecutiva muestran un efecto positivo de la actividad física sobre memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, inhibición y atención. La prueba física que mostró asociación significativa con un mayor número de tareas cognitivas fue velocidad 10x5 m, ya que se relacionó con todas ellas, a excepción de senderos a color (principalmente vinculada con flexibilidad cognitiva), en donde los resultados no fueron significativos. Esto quiere decir que, al mejorar la velocidad y agilidad, también mejora el desempeño en memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, inhibición, planificación y atención. La tarea senderos a color no evidenció asociación significativa con pruebas de condición física y TM6' no mostró relación significativa con las tareas de funcionamiento ejecutivo. El análisis de la relación entre fuerza muscular y funciones ejecutivas muestra que un aumento en potencia de piernas (prueba de salto horizontal) se relaciona con mejoras significativas en habilidades de memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y atención, mientras que un mayor rendimiento en fuerza prensil de mano se relaciona significativamente con un mejor desempeño en memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, atención, inhibición y planificación.

Estudios previos que han analizado la asociación entre actividad física y función ejecutiva en niños concuerdan en que un mejor nivel de actividad física se asocia positivamente con un mayor desarrollo de la función ejecutiva (Hsieh et al., 2018; Zeng et al., 2021). Nuestros resultados también coinciden con Mora et al., (2019), que analizaron la relación entre actividad física y condición física con función ejecutiva en niños con sobrepeso y obesidad, encontrando una asociación positiva significativa entre fuerza de prensión manual y la habilidad de planificación. Otros estudios no permiten identificar la relación específica entre fuerza muscular y funciones ejecutivas, ya que han fusionado las pruebas de fuerza muscular con otras pruebas físicas para obtener una medida global de condición física (Hung et al., 2013; Marchetti et al., 2015).

Schmidt et al. (2017), por otra parte, no evidenciaron un efecto directo significativo de la medida aplicada para fuerza muscular sobre las funciones ejecutivas para tareas de memoria de trabajo, inhibición ni flexibilidad cognitiva en niños. Futuros trabajos serán necesarios para corroborar estos resultados.

Veraksa et al. (2021) analizaron la potencial asociación entre condición física y funciones ejecutivas en preescolares (5 y 6 años de edad) y sus resultados sugieren que a mayor nivel de condición física también aumenta el rendimiento en 2 de las 3 dimensiones principales de las funciones ejecutivas: memoria de trabajo e inhibición. Estos autores no encontraron diferencias para flexibilidad cognitiva en función de la condición física, sin embargo, las tareas motoras que tuvieron mayor contribución a las diferencias en el control inhibitorio y memoria de trabajo (tanto verbal como visual-espacial) fueron la prueba de velocidad-agilidad 4 × 5 m y lanzamientos, que exigían mayor nivel de coordinación motora en comparación con las demás tareas utilizadas. A pesar de que las edades difieren con las incluidas en nuestro estudio, los resultados de ambos coinciden en las dos dimensiones de la función ejecutiva que mostraron relación lineal con las pruebas de condición física (control inhibitorio y memoria de trabajo), aunque nuestro estudio también encontró relación significativa para planificación (tarea de anillas), atención (sendero gris) y flexibilidad cognitiva (fluencia verbal). En ambos estudios la tarea que evalúa velocidad y agilidad se relacionó mayormente con funciones ejecutivas. Mora et al. (2019) también coinciden en que sus resultados para velocidad y agilidad (prueba 4 x 10 m) se relacionaron positivamente con flexibilidad cognitiva e inhibición. Estos hallazgos están en consonancia con estudios previos en donde las tareas físicas que involucran coordinación motora se relacionan mayormente con las habilidades cognitivas y, en especial, con las funciones ejecutivas (Marchetti et al., 2015; Schmidt et al., 2017; van der Fels et al., 2015).

Gran parte de la evidencia disponible actualmente sugiere que la capacidad cardiorrespiratoria juega un rol importante en el desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y adolescencia. Sin embargo, algunos estudios sólo han mostrado relaciones con algunas de las dimensiones analizadas (Buck et al., 2008; Haapala, 2012;

Huang et al., 2015; Milošević et al., 2019; Pontifex et al., 2012; Veraksa et al., 2021). Meijer et al. (2021) evaluó la asociación entre capacidad cardiovascular (prueba de carrera de 20 m) y un conjunto de medidas para evaluar la función neurocognitiva que incluían tareas de función ejecutiva en torno a memoria de trabajo, inhibición motora y control de la interferencia en una amplia muestra de escolares de primaria, encontrando resultados significativos solo para memoria de trabajo visoespacial en el ámbito de las funciones ejecutivas. Un segundo ejemplo es el estudio de Schmidt et al. (2017), quienes no identificaron un efecto directo significativo entre los resultados de una tarea de aptitud aeróbica y la función ejecutiva para ninguna de sus tres dimensiones principales en una muestra de niños entre 10 y 12 años. Algunos estudios incluso plantean que la relación entre aptitud aeróbica y funciones ejecutivas sigue siendo discutible dado que los resultados aportados por las investigaciones son inconsistentes (Diamond & Ling, 2019). Lo anterior refleja que la búsqueda de relaciones entre estas variables requiere un análisis exhaustivo y preciso sobre la influencia de factores moduladores, ya sean éstos biológicos, psicológicos u otros que influyan sobre la obtención de los datos (Ruotsalainen et al., 2020). En nuestro caso, los resultados obtenidos a partir de la prueba TM6' no mostraron relación significativa con las tareas de funcionamiento ejecutivo, lo que pudo ser influido en alguna medida por sus propias características, ya que se describe como una prueba submáxima. Sin embargo, su selección se debió a la solicitud explícita del colegio, quienes no quisieron someter a los niños a tareas físicas de alta exigencia que pudieran generar incomodidad debido, por ejemplo, a la necesidad de usar mascarilla en todo momento y a que los estudiantes no habían sido expuestos por un largo periodo de tiempo a altas demandas físicas. La importante reducción en los niveles de actividad física y aumento de conductas sedentarias, como el tiempo frente a pantallas y el tiempo que se permanece sentado, se encuentra documentada a nivel nacional e internacional en periodo de pandemia por COVID-19 (Bustos-Arriagada et al., 2021; Dunton et al., 2020; Ng et al., 2020; Rundle et al., 2020).

El presente estudio entrega antecedentes novedosos que destacan la importancia de prestar atención a los niños sin morbilidad asociada para buscar estrategias preventivas que potencien su desempeño durante esta etapa crucial del desarrollo, en donde los escolares transitan desde la infancia tardía hacia la adolescencia, enfrentando demandas académicas que exigen un óptimo nivel cognitivo. Además, el momento específico en que se llevó a cabo la recopilación de los datos hace aún más relevante analizar una serie de variables que se relacionan con la salud física y mental, la actividad física y condición física de los escolares tanto en Chile como en el resto del mundo, en vista de la evidencia que señala los perjuicios relacionados con la pandemia (Aguilar-Farias et al., 2021; Bustos-Arriagada et al., 2021; López-Bueno et al., 2021; Ministerio de Educación, 2021; Rahman A & Chandrasekaran, 2021; Sember et al., 2020). Algunas experiencias exitosas de intervención ejemplifican los beneficios de enfrentar tempranamente esta problemática, demostrando un impacto positivo sobre el IMC, nivel de actividad física y rendimiento académico de los niños en educación primaria (Donnelly et al., 2009; Hollar et al., 2010). Los estudios también han demostrado que una combinación entre ejercicio físico moderado a vigoroso y actividades cognitivamente exigentes, lo que se aplica especialmente a la práctica deportiva, tendrá mayor efecto sobre el funcionamiento ejecutivo que el aumento de la actividad física con ejercicios que carecen de demanda cognitiva (Best, 2010; Contreras-Osorio et al., 2021; Diamond, 2012; Gentile, 2020; Moreau, 2015; Schmidt et al., 2015; Tomporowski & Pesce, 2019).

El presente estudio tiene como ventaja que realiza un análisis detallado de las asociaciones entre parámetros antropométricos, actividad física, condición física y funciones ejecutivas, incorporando pruebas que comúnmente no son relacionadas con función ejecutiva en niños, como salto horizontal y dinamometría manual, para dar cuenta de la potencia y fuerza muscular.

Conclusiones

14. CONCLUSIONES

A través de tres estudios hemos podido resolver los objetivos específicos planteados para esta investigación doctoral. En respuesta al objetivo general de esta investigación podemos decir que la práctica deportiva ha demostrado tener un efecto positivo sobre las principales dimensiones de la función ejecutiva durante la edad escolar, favoreciendo el desempeño de niños y adolescentes en tareas de memoria de trabajo, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva.

En relación con los objetivos específicos se determinan las siguientes conclusiones:

- Las intervenciones deportivas evidenciaron un gran tamaño del efecto sobre las principales dimensiones de la función ejecutiva, en contraste con los tamaños de efecto pequeños o moderados reportados por metaanálisis previos que agrupan programas de intervención con diferentes tipos de ejercicio físico.
- La práctica deportiva es una herramienta que permite promover el desarrollo integral de los niños, proporcionando beneficios tanto físicos como cognitivos, sin embargo, no se ha encontrado suficiente evidencia para recomendar una modalidad deportiva específica por sobre otras.
- Los escolares que practican deporte de forma sostenida durante 12 semanas evidencian mejoras en flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y control inhibitorio.
- El aumento de la actividad física en los participantes que practican deporte se asocia con mejoras en atención y planificación, principalmente en el grupo que practica un deporte de equipo (balonmano).
- Los parámetros antropométricos, la actividad física y la condición física se asocian con las funciones ejecutivas y la atención en escolares de educación básica.
- Los resultados actuales apoyan el rol de las intervenciones deportivas para mantener parámetros antropométricos saludables, aumentar la actividad física y

mejorar la condición física, favoreciendo el desarrollo cognitivo entre la población en edad escolar.

Limitaciones

15. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una vez ejecutados los E1, E2 y E3, se plantean las principales limitaciones que se han podido encontrar durante su desarrollo:

Limitaciones E1:

- No se realizó un registro previo del protocolo de revisión sistemática en PROSPERO u otra plataforma similar.
- No fue posible evaluar el efecto del deporte en las funciones ejecutivas de alto nivel como el razonamiento, la planificación o la resolución de problemas, debido a la escasa cantidad de estudios que incorporaron estas medidas en evaluación directa.
- La mayoría de los estudios analizados no aportan información sobre el nivel socioeconómico de sus participantes, mientras que en algunos de ellos falta información sobre otras variables relevantes, como la intensidad de las actividades deportivas realizadas.
- Se desconoce el mantenimiento y generalización de las mejoras más allá de la duración de los programas, dado que los estudios incluidos no contemplaron seguimiento.

Limitaciones E2 y E3:

- La muestra se obtuvo en un colegio privado ubicado en una zona urbana, lo que limita la generalización de los resultados a otros estratos socioeconómicos en que se desarrollan los niños.
- La batería utilizada para evaluar la función ejecutiva no permite aislar la dimensión de memoria de trabajo con una tarea específica.
- Su diseño transversal (E3) en cierta medida restringe el alcance de las conclusiones.

Futuras líneas de investigación

16. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Para lograr una mayor comprensión de los efectos de los programas deportivos sobre las funciones ejecutivas, se sugiere la generación de estudios que contemplen un diseño riguroso y consideren una serie de variables que pueden tener un efecto potencial sobre los resultados, como el nivel socioeconómico, el volumen, la intensidad y los tipos de ejercicios realizados.

Además, es necesario continuar analizando los efectos de las diferentes modalidades deportivas sobre dimensiones particulares de las funciones ejecutivas mediante evaluación directa con instrumentos que permitan aislar los resultados relativos a memoria de trabajo, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. La incorporación de tareas que valoren habilidades como planificación, resolución de problemas y razonamiento también podría ser desarrollada, sin embargo, debe considerarse que el análisis de los resultados en estos casos refleja una serie de habilidades cognitivas difícilmente diferenciables entre sí.

Se sugiere continuar desarrollando estudios longitudinales en escolares que incorporen medidas de seguimiento, lo que podría favorecer la generación de estrategias que potencien el desarrollo cognitivo de los niños y su éxito académico en la edad escolar, destacando el rol del deporte en el establecimiento de hábitos de vida saludables para contribuir a su bienestar físico, social y emocional, junto con el logro de metas académicas durante esta etapa de la vida.

Bibliografía

17. BIBLIOGRAFÍA

- Adolph, K. E. (2008). Learning to move. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 213–218. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00577.x>
- Aguilar-Farias, N., Toledo-Vargas, M., Miranda-Marquez, S., Cortinez-O'ryan, A., Cristi-Montero, C., Rodriguez-Rodriguez, F., Martino-Fuentealba, P., Okely, A. D., & Cruz, B. D. P. (2021). Sociodemographic predictors of changes in physical activity, screen time, and sleep among toddlers and preschoolers in Chile during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010176>
- Aguilar, J., Chiroso, L., Martín, I., & Chiroso, I. (2012). *Influencia del número de jugadores/as en la toma de decisiones y el rendimiento en la enseñanza del balonmano*. 8(3), 253–263.
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91–93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Alarcón, F., Ureña, N., Castillo, A., Martín, D., & Cárdenas, D. (2017). Las funciones ejecutivas como predictoras del nivel de pericia en jugadores de baloncesto. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26, 71–74.
- Alarcón, G., Ray, S., & Nagel, B. (2016). Lower Working Memory Performance in Overweight and Obese Adolescents Is Mediated by White Matter Microstructure. *J Int Neuropsychol Soc*, 22(3), 281–296. <https://doi.org/10.1017/S1355617715001265>
- Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., Palma, A., & Pepi, A. (2014). Motor and cognitive development: The role of karate. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 4(2), 114–120. <https://doi.org/10.11138/mltj/2014.4.2.114>
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a football exercise program. *Perceptual and Motor Skills*, 122(1), 27–46. <https://doi.org/10.1177/0031512515627527>
- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Martínez-

- Hortelano, J. A., & Martínez-Vizcaíno, V. (2017). The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 56*(9), 729–738. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.06.012>
- Alves, H., Voss, M. W., Boot, W. R., Deslandes, A., Cossich, V., Salles, J. I., & Kramer, A. F. (2013). Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players. *Frontiers in Psychology, 4*(36), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00036>
- Amatriain-Fernández, S., Ezquerro García-Noblejas, M., & Budde, H. (2021). Effects of chronic exercise on the inhibitory control of children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 0*–3. <https://doi.org/10.1111/sms.13934>
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology, 8*(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Arbel, Y., McCarty, K. N., Goldman, M., Donchin, E., & Brumback, T. (2018). Developmental changes in the feedback related negativity from 8 to 14 years. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology, 132*(Pt B), 331–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.01.004>
- Arias Estero, J. L. (2008). El proceso de formación deportiva en la iniciación a los deportes colectivos fundamentado en las características del deportista experto (The process of training from the team sport initiation based on the expert characteristics). *Retos, 13*, 28–32. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i13.35024>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology, 63*, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro-caudal organization of the frontal lobes. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(5), 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.02.004>
- Ballester, R., Huertas, F., Pablos-Abella, C., Llorens, F., & Pesce, C. (2019). Chronic

- participation in externally paced, but not self-paced sports is associated with the modulation of domain-general cognition. *European Journal of Sport Science*, 19(8), 1110–1119. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1580318>
- Ballester, R., Huertas, F., Yuste, F. J., Llorens, F., & Sanabria, D. (2015). The relationship between regular sports participation and vigilance in male and female adolescents. *PLoS ONE*, 10(4), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123898>
- Barry, R. J., De Blasio, F. M., & Fogarty, J. S. (2018). A processing schema for children in the auditory equiprobable Go/NoGo task: ERP components and behaviour. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 123, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.10.014>
- Belling, P. K., & Ward, P. (2015). Time to Start Training: A Review of Cognitive Research in Sport and Bridging the Gap from Academia to the Field. *Procedia Manufacturing*, 3, 1219–1224. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.202>
- Ben-Soussan, T. D., Berkovich-Ohana, A., Piervincenzi, C., Glicksohn, J., & Carducci, F. (2015). Embodied cognitive flexibility and neuroplasticity following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Psychology*, 6, 1021. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01021>
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Blanco-Gómez, A., Canals-Sans, J., Ferré, N., Luque, V., Cardona, M., Gispert-Llauradó, M., Escribano, J., & Closa-Monasterolo, R. (2015). Being overweight or obese is associated with inhibition control in children from six to ten years of age. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 104(6), 619–625. <https://doi.org/10.1111/apa.12976>
- Booth, J. N., Tomporowski, P. D., Boyle, J. M., Ness, A. R., Joinson, C., Leary, S. D., &

- Reilly, J. J. (2013). Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Mental Health and Physical Activity, 6*(3), 212–219.
<https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.09.002>
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature Protocols, 1*(5), 2277–2281.
<https://doi.org/10.1038/nprot.2006.390>
- Buck, S. M., Hillman, C. H., & Castelli, D. M. (2008). The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 40*(1), 166–172. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318159b035>
- Burris, K., Liu, S., & Appelbaum, L. (2020). Visual-motor expertise in athletes: Insights from semiparametric modelling of 2317 athletes tested on the Nike SPARQ Sensory Station. *Journal of Sports Sciences, 38*(3), 320–329.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1698090>
- Bustos-Arriagada, E., Fuentealba-Urra, S., Etchegaray-Armijo, K., Quintana-Aguirre, N., & Castillo-Valenzuela, O. (2021). Feeding behaviour and lifestyle of children and adolescents one year after lockdown by the covid-19 pandemic in Chile. *Nutrients, 13*(11), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu13114138>
- Cabral, L. L. P., Browne, R. A. V., Freire, Y. A., Schwade, D., Souto, G. C., Dantas, M., Lima, F. A. S., Farias-Junior, L. F., Costa, E. C., & Barros, J. F. (2021). Cardiorespiratory Fitness and Performance in Multiple Domains of Executive Functions in School-Aged Adolescents. *Frontiers in Physiology, 12*, 640765.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.640765>
- Cárdenas, D., Conde-González, J., & Perales, J. (2015). El papel de la carga mental en la planificación del entrenamiento deportivo. *Revista de Psicología Del Deporte, 24*(1), 255–278.
- Carriedo, N., Corral, A., Montoro, P. R., Herrero, L., & Rucían, M. (2016). Development of the updating executive function: From 7-year-olds to young adults. *Developmental Psychology, 52*(4), 666–678.
<https://doi.org/10.1037/dev0000091>

- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C. : 1974)*, *100*(2), 126–131.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3920711>
- Catena, A., Perales, J. C., Megías, A., Cándido, A., Jara, E., & Maldonado, A. (2012). The brain network of expectancy and uncertainty processing. *PLoS ONE*, *7*(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040252>
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. (2001). Changes in executive control across the life span: examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, *37*(5), 715–730.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Kienzler, C., Drollette, E. S., Raine, L. B., Kao, S. C., Bensken, J., Weissappel, R., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2018). Physical Activity Increases White Matter Microstructure in Children. *Frontiers in Neuroscience*, *12*, 950. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00950>
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: A randomized controlled intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 72.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00072>
- Chambonnière, C., Fearnbach, N., Pelissier, L., Genin, P., Fillon, A., Boscaro, A., Bonjean, L., Bailly, M., Siroux, J., Guirado, T., Pereira, B., Thivel, D., & Duclos, M. (2021). Adverse collateral effects of COVID-19 public health restrictions on physical fitness and cognitive performance in primary school children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(21).
<https://doi.org/10.3390/ijerph182111099>
- Chen, A. G., Zhu, L. N., Yan, J., & Yin, H. C. (2016). Neural basis of working memory enhancement after acute aerobic exercise: FMRI study of preadolescent children. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1804. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01804>
- Chen, P., Wang, D., Shen, H., Yu, L., Gao, Q., Mao, L., Jiang, F., Luo, Y., Xie, M., Zhang, Y., Feng, L., Gao, F., Wang, Y., Liu, Y., Luo, C., Nassis, G. P., Krstrup, P., Ainsworth, B. E., Harmer, P. A., & Li, F. (2020). Physical activity and health in Chinese children

- and adolescents: expert consensus statement (2020). *British Journal of Sports Medicine*, 54(22), 1321–1331. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102261>
- Cheron, G., Petit, G., Cheron, J., Leroy, A., Cebolla, A., Cevallos, C., Petieau, M., Hoellinger, T., Zarka, D., Clarinval, A. M., & Dan, B. (2016). Brain oscillations in sport: Toward EEG biomarkers of performance. *Frontiers in Psychology*, 7, 246. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00246>
- Chevalier, N., Sheffield, T. D., Nelson, J. M., Clark, C. A. C., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2012). Underpinnings of the costs of flexibility in preschool children: the roles of inhibition and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 37(2), 99–118. <https://doi.org/10.1080/87565641.2011.632458>
- Chirosa Ríos, L. J., Hernández Mendo, A., López Walle, J., Reigal Garrido, R. E., Juárez Ruiz de Mier, R., & Martín Martínez, I. (2016). Efectos de un programa de juegos reducidos sobre la función ejecutiva en una muestra de chicas adolescentes (Body image in university Mexican students: differences between men and women). *Retos*, 30, 177–179. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i30.50223>
- Cho, S. Y., So, W. Y., & Roh, H. T. (2017). The effects of taekwondo training on peripheral Neuroplasticity-Related growth factors, cerebral blood flow velocity, and cognitive functions in healthy children: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph14050454>
- Chung, I. H., Park, S., Park, M. J., & Yoo, E. G. (2016). Waist-to-height ratio as an index for cardiometabolic risk in adolescents: Results from the 1998–2008 KNHANES. *Yonsei Medical Journal*, 57(3), 658–663. <https://doi.org/10.3349/ymj.2016.57.3.658>
- Cochran, W. G. (1954). The Combination of Estimates from Different Experiments. *International Biometric Society Stable*, 10(1), 101–129. <https://doi.org/10.2307/3001666>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates. In *Lawrence Earlbaum Associates*.
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: Frontal lobe

- function and human decision-making. *PLoS Biology*, *10*(3).
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293>
- Conklin, H. M., Luciana, M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: behavioral evidence of protracted frontal lobe development. *Developmental Neuropsychology*, *31*(1), 103–128. https://doi.org/10.1207/s15326942dn3101_6
- Contreras-Osorio, F., Campos-Jara, C., Martínez-Salazar, C., Chiroso-Ríos, L., & Martínez-García, D. (2021). Effects of sport-based interventions on children's executive function: A systematic review and meta-analysis. *Brain Sciences*, *11*(6).
<https://doi.org/10.3390/brainsci11060755>
- Corbin, C. B. (1991). A Multidimensional Hierarchical Model of Physical Fitness: A Basis for Integration and Collaboration. *Quest*, *43*(3), 296–306.
<https://doi.org/10.1080/00336297.1991.10484032>
- Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R., & Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, *32*(3), 201–211.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828849>
- Cvetković, N., Stojanović, E., Stojiljković, N., Nikolić, D., Scanlan, A. T., & Milanović, Z. (2018). Exercise training in overweight and obese children: Recreational football and high-intensity interval training provide similar benefits to physical fitness. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *28 Suppl 1*, 18–32.
<https://doi.org/10.1111/sms.13241>
- Dajani, D. R., & Uddin, L. Q. (2015). Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends in Neurosciences*, *38*(9), 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.07.003>
- Dalziell, A., Boyle, J., & Mutrie, N. (2015). Better movers and thinkers (BMT): An exploratory study of an innovative approach to physical education. *Europe's Journal of Psychology*, *11*(4), 722–741. <https://doi.org/10.5964/ejop.v11i4.950>
- Davidson, M., Amso, D., Anderson, L., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2037–2078.

- Davis, C. L., & Cooper, S. (2011). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive Medicine, 52 Suppl 1*(Suppl 1), S65–S69. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.020>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial. *Health Psychology, 30*(1), 91–98. <https://doi.org/10.1037/a0021766>
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport, 21*(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- De Luca, C. R., & Leventer, R. J. (2008). Developmental trajectories of executive functions across the lifespan. In *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*. (pp. 23–56). Taylor & Francis.
- De Waelle, S., Laureys, F., Lenoir, M., Bennett, S. J., & Deconinck, F. J. A. (2021). Children involved in team sports show superior executive function compared to their peers involved in self-paced sports. *Children, 8*(4). <https://doi.org/10.3390/children8040264>
- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials, 7*(3), 177–188. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development, 71*(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In *Principles of frontal lobe function*. (pp. 466–503). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029>
- Diamond, A. (2012). Activities and Programs That Improve Children’s Executive

- Functions. *Curr Dir Psychol Sci*, 21(5), 335–341.
<https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2015). Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Ann Sports Med Res*, 2(1), 1011.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to Aid Executive Function Development in Children 4–12 Years Old. *Science*, 333(6045), 959–964.
<https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37, 100572. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>
- Díaz-García, J., Pulido, J. J., Ponce-Bordón, J. C., Cano-Prado, C., López-Gajardo, M. Á., & García-Calvo, T. (2021). Coach Encouragement during Soccer Practices Can Influence Players' Mental and Physical Loads. *Journal of Human Kinetics*, 79(1), 277–288. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0079>
- Dick, A. S. (2014). The development of cognitive flexibility beyond the preschool period: an investigation using a modified Flexible Item Selection Task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 125, 13–34.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.01.021>
- Diniz, T. A., Agostinete, R. R., Costa Junior, P., Saraiva, B. T. C., Sonvenso, D. K., Freitas Junior, I. F., Fernandes, R. A., & Christofaro, D. G. D. (2017). Relationship between total and segmental bone mineral density and different domains of physical activity among children and adolescents: Cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, 135(5), 444–449. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2017.0042070417>

- Donnelly, J. E., Ed, D., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. In *Med Sci Sport Exerc*, 48(6). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., DuBose, K., Mayo, M. S., Schmelzle, K. H., Ryan, J. J., Jacobsen, D. J., & Williams, S. L. (2009). Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): A randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive Medicine*, 49(4), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.022>
- Dunton, G. F., Do, B., & Wang, S. D. (2020). Early effects of the COVID-19 pandemic on physical activity and sedentary behavior in children living in the U.S. *BMC Public Health*, 20(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09429-3>
- Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., & Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for adults: Informing development of a conceptual model of health through sport. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-135>
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C. V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *Neuroscientist*, 25(1), 65–85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.01.002>
- Eurofit. (1993). Handbook for the Eurofit test on physical fitness. Strasbourg: Council of Europe. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Favieri, F., Forte, G., & Casagrande, M. (2019). The executive functions in overweight and obesity: A systematic review of neuropsychological cross-sectional and

- longitudinal studies. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2126.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02126>
- Ferguson, H. J., Brunson, V. E. A., & Bradford, E. E. F. (2021). The developmental trajectories of executive function from adolescence to old age. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80866-1>
- Fernández, L., Merchán, A., Phillips-Silver, J., & Daza, M. (2021). Neuropsychological Development of Cool and Hot Executive Functions Between 6 and 12 Years of Age: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, *12*, 687337.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.687337>
- Fink, A., Rominger, C., Benedek, M., Perchtold, C. M., Papousek, I., Weiss, E. M., Seidel, A., & Memmert, D. (2018). EEG alpha activity during imagining creative moves in soccer decision-making situations. *Neuropsychologia*, *114*, 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.025>
- Fiske, A., & Holmboe, K. (2019). Neural substrates of early executive function development. *Developmental Review*, *52*, 42–62.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2019.100866>
- Flores-Resendiz, C., Soto-Piña, A. E., Valdes-Ramos, R., Benitez-Arciniega, A. D., Tlatempa-Sotelo, P., Guadarrama-Lopez, A. L., Martínez-Carrillo, B. E., & Pulido-Alvarado, C. C. (2019). Association between cardiovascular risk factors and stress hormones with cognitive performance in Mexican adolescents. *Journal of Pediatric Psychology*, *44*(2), 208–219. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsy074>
- Floyer-Lea, A., & Matthews, P. M. (2004). Changing brain networks for visuomotor control with increased movement automaticity. *Journal of Neurophysiology*, *92*(4), 2405–2412. <https://doi.org/10.1152/jn.01092.2003>
- Fontes, E. B., Okano, A. H., De Guio, F., Schabort, E. J., Min, L. L., Basset, F. A., Stein, D. J., & Noakes, T. D. (2015). Brain activity and perceived exertion during cycling exercise: An fMRI study. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(8), 556–560.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091924>
- Formenti, D., Trecroci, A., Duca, M., Cavaggioni, L., D'Angelo, F., Passi, A., Longo, S., & Alberti, G. (2021). Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–9.

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-82698-z>

- Friedman, N., & Miyake, A. (2017). Unity and Diversity of Executive Functions: Individual Differences as a Window on Cognitive Structure. *Cortex*, *86*(1), 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(1), 101–135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
- Gagliardi, A. G., Walker, G. A., Dahab, K. S., Seehusen, C. N., Provance, A. J., Albright, J. C., & Howell, D. R. (2020). Sports participation volume and psychosocial outcomes among healthy high school athletes. *Journal of Clinical and Translational Research*, *6*(2), 54–60. <https://doi.org/10.18053/jctres.06.202002.003>
- Gale, C. R., Cooper, R., Craig, L., Elliott, J., Kuh, D., Richards, M., Starr, J. M., Whalley, L. J., & Deary, I. J. (2012). Cognitive function in childhood and lifetime cognitive change in relation to mental wellbeing in four cohorts of older people. *PLoS ONE*, *7*(9), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044860>
- Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: a latent-variable approach. *Frontiers in Psychology*, *5*, 381. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00381>
- Gandotra, A., Kótyuk, S., Sattar, Y., Bizonics, V., Csaba, R., Cserényi, R., & Cserjesi, E. (2021). A Meta-analysis of the Relationship between Motor Skills and Executive Functions in Typically-developing Children. *Journal of Cognition and Development*, *23*(1), 83–110. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1979554>
- García-Calvo, T., González-Ponce, I., Ponce, J. C., & Tomé-lourido, D. (2019). Incidencia del sistema de puntuación de las tareas sobre la carga mental del entrenamiento en fútbol. *Rev. Psicol. Deport*, *28*(2), 79–86.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of

- working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, *40*(2), 177–190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Gatz, J., Kelly, A. M., & Clark, S. L. (2019). Improved Executive Function and Science Achievement for At-Risk Middle School Girls in an Aerobic Fitness Program. *Journal of Early Adolescence*, *39*(3), 453–469. <https://doi.org/10.1177/0272431618770786>
- Gentile, A., Boca, S., Demetriou, Y., Sturm, D., Pajaujiene, S., Zuoziene, I. J., Sahin, F. N., Güler, O., Gómez-López, M., Borrego, C. C., Matosic, D., Bianco, A., & Alesi, M. (2020). The Influence of an Enriched Sport Program on Children's Sport Motivation in the School Context: The ESA PROGRAM. *Frontiers in Psychology*, *11*, 601000. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.601000>
- Gentile, A., Boca, S., Şahin, F. N., Güler, Ö., Pajaujiene, S., Indriuniene, V., Demetriou, Y., Sturm, D., Gómez-López, M., Bianco, A., & Alesi, M. (2020). The Effect of an Enriched Sport Program on Children's Executive Functions: The ESA Program. *Frontiers in Psychology*, *11*, 657. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00657>
- Glinkowska, B., & Glinkowski, W. M. (2018). Association of sports and physical activity with obesity among teenagers in Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, *31*(6), 771–782. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01170>
- Goddings, A. L., Roalf, D., Lebel, C., & Tamnes, C. K. (2021). Development of white matter microstructure and executive functions during childhood and adolescence: a review of diffusion MRI studies. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *51*, 101008. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.101008>
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *101*(21), 8174–8179. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- González Villora, S., García López, L. M., Contreras Jordan, O. R., & Sánchez-Mora Moreno, D. (2015). El concepto de iniciación deportiva en la actualidad (The

- concept of sport initiation nowadays). *Retos*, 2009(15), 14–20.
<https://doi.org/10.47197/retos.v0i15.34992>
- Gordon-Murer, C., Stöckel, T., Sera, M., & Hughes, C. M. L. (2021). Developmental Differences in the Relationships Between Sensorimotor and Executive Functions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 714828.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.714828>
- Guddal, M. H., Stensland, S. Ø., Småstuen, M. C., Johnsen, M. B., Zwart, J. A., & Storheim, K. (2019). Physical activity and sport participation among adolescents: Associations with mental health in different age groups. Results from the Young-HUNT study: A cross-sectional survey. *BMJ Open*, 9(9), 1–10.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028555>
- Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 73–86.
<http://10.0.14.174/s13423-012-0345-4>
- Gümüş, E., Akgül, S., Kanbur, N., & Derman, O. (2019). A comparison of bone mineral density in adolescent swimmers, pentathletes and figure skaters. *Turkish Journal of Pediatrics*, 61(6), 831–838. <https://doi.org/10.24953/turkjpmed.2019.06.002>
- Haapala, E. (2012). Physical Activity, Academic Performance and Cognition in Children and Adolescents. A Systematic Review. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 4(1), 53–61. <https://doi.org/10.2478/v10131-012-0007-y>
- Hao, J. (2017). Do Children with Better Inhibitory Control Donate More? Differentiating between Early and Middle Childhood and Cool and Hot Inhibitory Control. *Frontiers in Psychology*, 8, 2182.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02182>
- Haverkamp, B. F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J., & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 38(23), 2637–2660.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794763>
- Heppe, H., & Zentgraf, K. (2019). Team Handball Experts Outperform Recreational

- Athletes in Hand and Foot Response Inhibition: A Behavioral Study. *Frontiers in Psychology*, 10, 971. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00971>
- Hernández-Mendo, A., Reigal, R. E., López-Walle, J. M., Serpa, S., Samdal, O., Morales-Sánchez, V., Juárez-Ruiz de Mier, R., Tristán-Rodríguez, J. L., Rosado, A. F., & Falco, C. (2019). Physical Activity, Sports Practice, and Cognitive Functioning: The Current Research Status. *Frontiers in Psychology*, 10, 2658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02658>
- Hillman, A. C. H., & Pontifex, M. B. (2014). *Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function*. 134(4), 1063–1071. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Hollar, D., Messiah, S. E., Lopez-Mitnik, G., Hollar, T. L., Almon, M., & Agatston, A. S. (2010). Effect of a two-year obesity prevention intervention on percentile changes in body mass index and academic performance in low-income elementary school children. *American Journal of Public Health*, 100(4), 646–653. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.165746>
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243–2257. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.04.005>
- Howlett, C. A., Wewege, M. A., Berryman, C., Oldach, A., Jennings, E., Moore, E., Karran, E. L., Szeto, K., Pronk, L., Miles, S., & Moseley, G. L. (2021). Same room - different windows? A systematic review and meta-analysis of the relationship between self-report and neuropsychological tests of cognitive flexibility in healthy adults. *Clinical Psychology Review*, 88, 102061. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2021.102061>
- Hoyo, Á., Rueda, M. R., & Rodríguez-Bailón, R. (2019). Children's Individual Differences in Executive Function and Theory of Mind in Relation to Prejudice Toward Social Minorities. *Frontiers in Psychology*, 10, 2293. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02293>

- Hsieh, S. S., Fung, D., Tsai, H., Chang, Y. K., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2018). Differences in working memory as a function of physical activity in children. *Neuropsychology, 32*(7), 797–808. <https://doi.org/10.1037/neu0000473>
- Huang, T., Tarp, J., Domazet, S. L., Thorsen, A. K., Froberg, K., Andersen, L. B., & Bugge, A. (2015). Associations of Adiposity and Aerobic Fitness with Executive Function and Math Performance in Danish Adolescents. *Journal of Pediatrics, 167*(4), 810–815. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.07.009>
- Huijgen, B. C. H., Leemhuis, S., Kok, N. M., Verburgh, L., Oosterlaan, J., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2015). Cognitive functions in elite and sub-elite youth soccer players aged 13 to 17 years. *PLoS ONE, 10*(12), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144580>
- Hung, C. L., Chang, Y. K., Chan, Y. S., Shih, C. H., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2013). Motor ability and inhibitory processes in children with ADHD: A neuroelectric study. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 35*(3), 322–328. <https://doi.org/10.1123/jsep.35.3.322>
- Ishihara, T., & Mizuno, M. (2018). Effects of tennis play on executive function in 6–11-year-old children: a 12-month longitudinal study. *European Journal of Sport Science, 18*(5), 741–752. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1444792>
- Ishihara, T., Sugawara, S., Matsuda, Y., & Mizuno, M. (2017a). Improved executive functions in 6–12-year-old children following cognitively engaging tennis lessons. *Journal of Sports Sciences, 35*(20), 2014–2020. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1250939>
- Ishihara, T., Sugawara, S., Matsuda, Y., & Mizuno, M. (2017b). Relationship of tennis play to executive function in children and adolescents. *European Journal of Sport Science, 17*(8), 1074–1083. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1334831>
- Jackson, M. J., Roche, D. M., Amirabdollahian, F., Koehn, S., & Khaiyat, O. A. (2020). The Musculoskeletal Health Benefits of Tennis. *Sports Health, 12*(1), 80–87. <https://doi.org/10.1177/1941738119880862>
- Jacobson, J., & Matthaeus, L. (2014). Athletics and executive functioning: How athletic participation and sport type correlate with cognitive performance. *Psychology of*

Sport and Exercise, 15(5), 521–527.

<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.05.005>

Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., & Roebbers, C. M. (2014). Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 5, 1473.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01473>

Jalili, M., Nazem, F., Sazvar, A., & Ranjbar, K. (2018). Prediction of Maximal Oxygen Uptake by Six-Minute Walk Test and Body Mass Index in Healthy Boys. *Journal of Pediatrics*, 200, 155–159. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.04.026>

Kadri, A., Slimani, M., Bragazzi, N. L., Tod, D., & Azaiez, F. (2019). Effect of taekwondo practice on cognitive function in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020204>

Kamijo, K., Khan, N. A., Pontifex, M. B., Scudder, M. R., Eric, S., Raine, L. B., Evans, E. M., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2013). *The Relation of Adiposity to Cognitive Control and Scholastic Achievement in Preadolescent Children*. 20(12), 2406–2411. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.112>

Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14(5), 1046–1058. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>

Kamkar, N. H., & Morton, J. B. (2017). CanDiD: A framework for linking executive function and education. *Frontiers in Psychology*, 8(JUL), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01187>

Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I., & Kwapil, T. R. (2007). For whom the mind wanders, and when: an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological Science*, 18(7), 614–621. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x>

Khan, N. A., & Hillman, C. H. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: a review. *Pediatric Exercise Science*, 26(2), 138–146. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0125>

- Kida, N., Oda, S., & Matsumura, M. (2005). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.09.003>
- Knorr, A. (2014). Skeletal adaptation in young gymnasts. *Nurse Practitioner*, 39(5), 38–47.
- Koren, R., Kofman, O., & Berger, A. (2005). Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(8), 1087–1104. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.06.012>
- Kowalski, K., Crocker, P., & Donen, R. (2004). The physical activity questionnaire for older children (PAQ-C) and adolescents (PAQ-A) manual. *College of Kinesiology, University of Saskatchewan*, 87(1), 1–38.
- Krahenbühl, T., De Fátima Guimarães, R., De Azevedo Barros Filho, A., & Gonçalves, E. M. (2018). Bone geometry and physical activity in children and adolescents: Systematic review. *Revista Paulista de Pediatria*, 36(2), 230–237. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/;2018;36;2;00005>
- Krenn, B., Finkenzeller, T., Würth, S., & Amesberger, G. (2018). Sport type determines differences in executive functions in elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 38, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.06.002>
- Lakes, K., Bryars, T., Sirisinahal, S., Salim, N., Arastoo, S., Emmerson, N., Kang, D., Shim, L., Wong, D., & Kang, C. (2013). The Healthy for Life Taekwondo Pilot Study: A Preliminary Evaluation of Effects on Executive Function and BMI, Feasibility, and Acceptability. *Ment Health Phys Act*, 6(3), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.002>
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283–302. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.04.002>
- Lämmle, L., Tittlbach, S., Oberger, J., Worth, A., & Bös, K. (2010). A Two-level Model of Motor Performance Ability. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 8(1), 41–49. [https://doi.org/10.1016/S1728-869X\(10\)60006-8](https://doi.org/10.1016/S1728-869X(10)60006-8)
- Lara Nieto-Márquez, N., Cardeña Martínez, A., Baldominos, A., González Petronila, A., &

- Pérez Nieto, M. Á. (2020). Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Function Performance. *Frontiers in Education, 5*, 545709. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.545709>
- Lavigne-Cerván, R., Costa-López, B., Juárez-Ruiz de Mier, R., Real-Fernández, M., Sánchez-Muñoz de León, M., & Navarro-Soria, I. (2021). Consequences of COVID-19 Confinement on Anxiety, Sleep and Executive Functions of Children and Adolescents in Spain. *Frontiers in Psychology, 12*, 565516. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.565516>
- Lehmann, N., Villringer, A., & Taubert, M. (2020). Colocalized white matter plasticity and increased cerebral blood flow mediate the beneficial effect of cardiovascular exercise on long-term motor learning. *Journal of Neuroscience, 40*(12), 2416–2429. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2310-19.2020>
- Lehto, J., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology, 21*, 59–80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Li, J., O'Connor, H., O'Dwyer, N., & Orr, R. (2017). The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport, 20*(9), 841–848. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.025>
- Li, N., Yolton, K., Lanphear, B. P., Chen, A., Kalkwarf, H. J., & Braun, J. M. (2018). Impact of Early-Life Weight Status on Cognitive Abilities in Children. *Obesity, 26*(6), 1088–1095. <https://doi.org/10.1002/oby.22192>
- Liang, J., Matheson, B. E., Kaye, W. H., & Boutelle, K. N. (2014). Neurocognitive correlates of obesity and obesity-related behaviors in children and adolescents. *International Journal of Obesity, 38*(4), 494–506. <https://doi.org/10.1038/ijo.2013.142>
- Lipowski, M., Lipowska, M., Jochimek, M., & Krokosz, D. (2016). Resiliency as a factor protecting youths from risky behaviour: Moderating effects of gender and sport. *European Journal of Sport Science, 16*(2), 246–255. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1024755>
- Liu, S., Yu, Q., Li, Z., Cunha, P. M., Zhang, Y., Kong, Z., Lin, W., Chen, S., & Cai, Y. (2020).

- Effects of Acute and Chronic Exercises on Executive Function in Children and Adolescents: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 11, 554915. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.554915>
- Lo, W. L. A., Liang, Z., Li, W., Luo, S., Zou, Z., Chen, S., & Yu, Q. (2019). The effect of judo training on set-shifting in school children. *BioMed Research International*, 2019, 2572016. <https://doi.org/10.1155/2019/2572016>
- López-Bueno, R., López-Sánchez, G., Casajús, J., Calatayud, J., Tully, M., & Smith, L. (2021). Potential health-related behaviors for pre-school and school-aged children during COVID-19 lockdown: A narrative review. *Preventive Medicine*, 143, 106349. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106349>
- Louie, K., & Glimcher, P. W. (2010). Separating value from choice: delay discounting activity in the lateral intraparietal area. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30(16), 5498–5507. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5742-09.2010>
- Lozano, A., & Ostrosky, F. (2011). Desarrollo de las Funciones Ejecutivas y de la Corteza Prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 159–172.
- Luciana, M., Conklin, H. M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76(3), 697–712. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00872.x>
- Ludyga, S., Gerber, M., Kamijo, K., Brand, S., & Pühse, U. (2018). The effects of a school-based exercise program on neurophysiological indices of working memory operations in adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(8), 833–838. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.01.001>
- Luna, B. (2009). Developmental Changes in Cognitive Control through Adolescence. *Adv Child Dev Behav.*, 37(1), 233–278. [https://doi.org/10.1016/s0065-2407\(09\)03706-9](https://doi.org/10.1016/s0065-2407(09)03706-9)
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75(5),

- 1357–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>
- Luna, B., Padmanabhan, A., & O’Hearn, K. (2010). What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence? *Brain and Cognition*, 72(1), 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.08.005>
- Mala, J., McGarry, J., Riley, K. E., Lee, E. C.-H., & DiStefano, L. (2020). The Relationship Between Physical Activity and Executive Functions Among Youth in Low-Income Urban Schools in the Northeast and Southwest United States. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 1–15. <https://doi.org/10.1123/jsep.2019-0111>
- Maldonado, E. F., Nislin, M., Marín, L., Martín-Escribano, A., Enguix, A., López, C., Magarín, A., Álamo, A., Ortíz, P., Munõz, M., & Garcíá, S. (2019). Association between Salivary Alpha-Amylase and Executive Functioning in Healthy Children. *Spanish Journal of Psychology*, 22, E24. <https://doi.org/10.1017/sjp.2019.26>
- Mamrot, P., & Hanć, T. (2019). The association of the executive functions with overweight and obesity indicators in children and adolescents: A literature review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 107, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.08.021>
- Marchetti, R., Forte, R., Borzacchini, M., Vazou, S., Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2015). Physical and Motor Fitness, Sport Skills and Executive Function in Adolescents: A Moderated Prediction Model. *Psychology*, 06(14), 1915–1929. <https://doi.org/10.4236/psych.2015.614189>
- Martín-Martínez, I., Chiroso-Ríos, L. J., Reigal-Garrido, R. E., Hernández-Mendo, A., Juárez-Ruiz-de-Mier, R., & Guisado-Barrilao, R. (2015). Efectos de la actividad física sobre las funciones ejecutivas en una muestra de adolescentes. *Anales de Psicología*, 31(3), 962–971. <https://doi.org/10.6018/analesps.32.1.171601>
- Matte-Gagné, C., Bernier, A., Sirois, M.-S., Lalonde, G., & Hertz, S. (2018). Attachment Security and Developmental Patterns of Growth in Executive Functioning During Early Elementary School. *Child Development*, 89(3), e167–e182. <https://doi.org/10.1111/cdev.12807>
- McClelland, M. M., & Cameron, C. E. (2019). Developing together: The role of executive function and motor skills in children’s early academic lives. *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.03.014>

- Meijer, A, Königs, M., GT, V., Visscher, C., RJ, B., Hartman, E., & Oosterlaan, J. (2020). The effects of physical activity on brain structure and neurophysiological functioning in children: A systematic review and meta-analysis. In *Developmental cognitive neuroscience*, 45, 100828. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100828>
- Meijer, Anna, Königs, M., de Bruijn, A. G. M., Visscher, C., Bosker, R. J., Hartman, E., & Oosterlaan, J. (2021). Cardiovascular fitness and executive functioning in primary school-aged children. *Developmental Science*, 24(2), 1–13. <https://doi.org/10.1111/desc.13019>
- Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1423–1432. <https://doi.org/10.1080/02640410601129755>
- Milošević, V. J., Orlić, A., Purić, D., Radisavljević Janić, S., Lazarević, D., & Milanović, I. (2019). The relationship of aerobic and motor fitness with executive functions in preadolescents. *Current Psychology: A Journal for Diverse Perspectives on Diverse Psychological Issues*, 40, 5536–5546. <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00514-4>
- Ministerio de Educación, C. de E. (2021). Efectos de la suspensión de clases presenciales en contexto de pandemia por COVID-19. *Evidencias 52. Santiago, Chile*. https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2021/05/EVIDENCIAS-52_2021.pdf
- Miyake, A., Emerson, M. J., & Friedman, N. (2000). Assessment of Executive Functions in Clinical Settings: Problems and Recommendations. *Seminars in Speech and Language*, 21(2), 169–183.
- Miyake, Akira, Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moeijes, J., van Busschbach, J., Bosscher, R., & Twisk, J. (2019). Sports participation and health-related quality of life: a longitudinal observational study in children. *Quality of Life Research*, 28, 2453–2469. <https://doi.org/10.1007/s11136-019->

02219-4

- Moeijes, J., Van Busschbach, J. T., Wieringa, T. H., Kone, J., Bosscher, R. J., & Twisk, J. W. R. (2019). Sports participation and health-related quality of life in children: Results of a cross-sectional study. *Health and Quality of Life Outcomes, 17*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12955-019-1124-y>
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*(7), 2693–2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>
- Mora-Gonzalez, J., Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., Rodriguez-Ayllon, M., Henriksson, P., Pontifex, M. B., Catena, A., & Ortega, F. B. (2019). Physical Fitness, Physical Activity, and the Executive Function in Children with Overweight and Obesity. *Journal of Pediatrics, 208*, 50–56.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.12.028>
- Moral-Campillo, L., Reigal-Garrido, R., & Hernández-Mendo, A. (2020). Actividad física, funcionamiento cognitivo y psicosocial en una muestra preadolescente. *Rev. Psicol. Deport, 29*(2017), 123–132.
- Moreau, D. (2015). Brains and Brawn: Complex motor activities to maximize cognitive enhancement. *Educational Psychology Review, 27*(3), 475–482. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9323-5>
- Mullane, J. C., Corkum, P. V., Klein, R. M., & McLaughlin, E. (2009). Interference control in children with and without ADHD: a systematic review of Flanker and Simon task performance. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence, 15*(4), 321–342. <https://doi.org/10.1080/09297040802348028>
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(10), 453–459. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.011>
- Nakamoto, H., & Mori, S. (2008). Effects of stimulus-response compatibility in mediating expert performance in baseball players. *Brain Research, 1189*(1), 179–

188. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.10.096>
- Navarro-Soria, I., Juárez-Ruiz de Mier, R., García-Fernández, J. M., González-Gómez, C., Real-Fernández, M., Sánchez-Muñoz de León, M., & Lavigne-Cervan, R. (2020). Detection of Executive Performance Profiles Using the ENFEN Battery in Children Diagnosed With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Frontiers in Psychology, 11*, 552322. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.552322>
- Ng, K., Cooper, J., McHale, F., Clifford, J., & Woods, C. (2020). Barriers and facilitators to changes in adolescent physical activity during COVID-19. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine, 6*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000919>
- Nieto-Márquez, N. L., García-Sinausía, S., & Nieto, M. Á. P. (2021). Title: Links between motivation and metacognition and achievement in cognitive performance among primary school pupils. *Anales de Psicología, 37*(1), 51–60. <https://doi.org/10.6018/analesps.383941>
- Noreen, S., & Macleod, M. D. (2015). What Do We Really Know about Cognitive Inhibition ? Task Demands and Inhibitory Effects across a Range of Memory and Behavioural Tasks. *PLoS ONE, 10*(8), e0134951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134951>
- Pangelinan, M., Zhang, G., VanMeter, J., Clark, J., Hatfield, B., & Haufler, A. (2011). Beyond age and gender: Relationships between cortical and subcortical brain volume and cognitive-motor abilities in school- age children. *Neuroimage, 54*(4), 3093–3100. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.021>.
- Peñarrubia, M., Navarro-Soria, I., Palacios, J., & Fenollar-Cortés, J. (2021). ADHD symptomatology, executive function and cognitive performance differences between family foster care and control group in ADHD-diagnosed children. *Children, 8*(5). <https://doi.org/10.3390/children8050405>
- Pereira, A., Lopes, S., Magalhães, P., Sampaio, A., Chaleta, E., & Rosário, P. (2018). How Executive Functions Are Evaluated in Children and Adolescents with Cerebral Palsy? A Systematic Review. *Frontiers in Psychology, 9*, 21. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00021>
- Pérez Muñoz, S., Recouvreur Encinas, D., Sánchez Muñoz, A., & Rodríguez Cayetano, A.

- (2022). Impacto de los juegos reducidos sobre la toma de decisiones y la técnica en jugadores de fútbol sub-12: efecto del espacio cerrado. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias Del Deporte*, 11, 1.
<https://doi.org/10.6018/sportk.461891>
- Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34(6), 766–786. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766>
- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.001>
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., & Piek, J. P. (2016). Deliberate Play and Preparation Jointly Benefit Motor and Cognitive Development : Mediated and Moderated Effects. *Front Psychol.* 2016;7:349. Published 2016 Mar 11. doi:10.3389/fpsyg.2016.00349
- Pluhar, E., McCracken, C., Griffith, K. L., Christino, M. A., Sugimoto, D., & Meehan, W. P. (2019). Team sport athletes may be less likely to suffer anxiety or depression than individual sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(3), 490–496.
- Policastro, F., Accardo, A., Marcovich, R., Pelamatti, G., & Zoia, S. (2018). Relation between Motor and Cognitive Skills in Italian Basketball Players Aged between 7 and 10 Years Old. *Sports*, 6(3), 80. <https://doi.org/10.3390/sports6030080>
- Pontifex, M., Scudder, M., Drollette, E., & Hillman, C. (2012). Fit and Vigilant: The Relationship between Poorer Aerobic Fitness and Failures in Sustained Attention during Preadolescence. *Neuropsychology*, 26(4), 407–413.
<https://doi.org/10.1037/a0028795>
- Poon, K. (2018). Hot and cool executive functions in adolescence: Development and contributions to important developmental outcomes. *Frontiers in Psychology*, 8, 2311. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02311>
- Portellano, J. A., Martínez-Arias, R., & Zumárraga, L. (2009). *Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN)*.

- Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (1998). The attentive brain. *Executive Attention: Conflict, Target Detection and Cognitive Control*, 401–423.
- Rahman A, M., & Chandrasekaran, B. (2021). Estimating the Impact of the Pandemic on Children's Physical Health: A Scoping Review. *Journal of School Health*, 91(11), 936–947. <https://doi.org/10.1111/josh.13079>
- Rapoport, J. L., Giedd, J. N., Blumenthal, J., Hamburger, S., Jeffries, N., Fernandez, T., Nicolson, R., Bedwell, J., Lenane, M., Zijdenbos, A., Paus, T., & Evans, A. (1999). Progressive cortical change during adolescence in childhood-onset schizophrenia. A longitudinal magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 56(7), 649–654. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.56.7.649>
- Rodríguez-Núñez, I., Luarte-Martínez, S., Landeros, I., Ocares, G., Urízar, M., Henríquez, M. J., & Zenteno, D. (2019). Assessment of EPInfant scale for exercise intensity perceptual self-regulation in healthy children. *Revista Chilena de Pediatría*, 90(4), 422–428. <https://doi.org/10.32641/rchped.v90i4.880>
- Rodríguez-Núñez, I., & Manterola, C. (2016). Validación inicial de la escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant) en niños chilenos. *Biomedica*, 36(1), 29–38. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i1.2720>
- Rodríguez-Núñez, I., Mondaca, F., Casas, B., Ferreira, C., & Zenteno, D. (2018). Normal values of 6-minute walk test in healthy children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Revista Chilena de Pediatría*, 89(1), 128–136. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062018000100128>
- Roh, H. T., Cho, S. Y., & So, W. Y. (2018). Taekwondo training improves mood and sociability in children from multicultural families in South Korea: A randomized controlled pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040757>
- Romero Clavijo, F. A., Denardi, R. A., Drews, R., Tani, G., & Corrêa, U. C. (2018). La influencia de los constreñimientos espacio-temporales en la toma de decisiones en el área de penalti del fútbol / The influence of spatial-temporal constraints on decision-making in penalty area of soccer. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 18(3), 49–61. Epub 26 de julio de 2021. Recuperado en 24 de marzo de 2022, de

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-84232018000300004&lng=es&tlng=es

- Romero, J. E., Coupe, P., Lanuza, E., Catheline, G., Manjón, J. V., & Initiative, A. D. N. (2021). Toward a unified analysis of cerebellum maturation and aging across the entire lifespan: A MRI analysis. *Human Brain Mapping, 42*(5), 1287–1303. <https://doi.org/10.1002/hbm.25293>
- Ronan, L., Alexander-Bloch, A., & Fletcher, P. C. (2020). Childhood Obesity, Cortical Structure, and Executive Function in Healthy Children. *Cerebral Cortex, 30*(4), 2519–2528. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz257>
- Ross, W., & Marfell-Jones, M. (1991). Kinanthropometry In: MacDougall JD, Wenger HA, Geeny HJ, editors. Physiological testing of elite athlete. In *London: Human Kinetics* (pp. 223–308).
- Roy, A., Kefi, M. Z., Bellaj, T., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J. L. (2018). The Stroop test: A developmental study in a French children sample aged 7 to 12 years. *Psychologie Francaise, 63*(2), 129–143. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2016.08.001>
- Rundle, A. G., Park, Y., Herbstman, J. B., Kinsey, E. W., & Wang, Y. C. (2020). COVID-19-Related School Closings and Risk of Weight Gain Among Children. *Obesity, 28*(6), 1008–1009. <https://doi.org/10.1002/oby.22813>
- Ruotsalainen, I., Gorbach, T., Perkola, J., Renvall, V., Syväoja, H. J., Tammelin, T. H., Karvanen, J., & Parviainen, T. (2020). Physical activity, aerobic fitness, and brain white matter: Their role for executive functions in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience, 42*. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100765>
- Sánchez-López, M. D. P., Román-Lapuente, F., & García-Rubio, M. J. (2021). Verbal fluency in school-aged spanish children: Analysis of clustering and switching organizational strategies, employing different semantic categories and letters. *Anales de Psicología, 37*(3), 449–458. <https://doi.org/10.6018/analesps.414721>
- Sánchez, J. A., Hernández-Mendo, A., Martínez, I. M., Garrido, R. E. R., & Ríos, L. J. C. (2018). Efectos de un programa de juegos reducidos sobre la toma de decisiones en chicas adolescentes. *Cuadernos de Psicología Del Deporte, 18*(1), 21–30.
- Santos, S. D. L., Memmert, D., Sampaio, J., & Leite, N. (2016). The Spawns of Creative

- Behavior in Team Sports: A Creativity Developmental Framework. *Frontiers in Psychology*, 7, 1282. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01282>
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843–860. <https://doi.org/10.1002/acp.3526>
- Schmidt, M., Egger, F., Benzing, V., Jäger, K., Conzelmann, A., Roebbers, C. M., & Pesce, C. (2017). Disentangling the relationship between children’s motor ability, executive function and academic achievement. *PLoS ONE*, 12(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182845>
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: A group-randomized controlled trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(6), 575–591. <https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069>
- Sember, V., Jurak, G., Kovač, M., Morrison, S. A., & Starc, G. (2020). Children’s Physical Activity, Academic Performance, and Cognitive Functioning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Public Health*, 8, 307. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00307>
- Serra, J., García, L. M., & Gutiérrez, D. (2017). Conocimiento táctico de niños de siete-13 años en función del contexto deportivo. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(1), 135–144.
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., Altman, D. G., Booth, A., Chan, A. W., Chang, S., Clifford, T., Dickersin, K., Egger, M., Gøtzsche, P. C., Grimshaw, J. M., Groves, T., Helfand, M., ... Whitlock, E. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015: Elaboration and explanation. In *BMJ (Online)* (Vol. 349, Issue January, pp. 1–25). <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
- Sibley, B., & Etnier, J. (2003). The Relationship Between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15(3), 243–256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/pes.15.3.243>

- Simms, N. K., Frausel, R. R., & Richland, L. E. (2018). Working memory predicts children's analogical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 160–177. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.08.005>
- Snyder, E., & Spreitzer, E. (1974). Sociology of Sport : An Overview. *The Sociological Quarterly*, 15(4), 467–487.
- Soprano, A. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1), 44–50. <https://doi.org/10.2307/j.ctvg8p4x6.7>
- Statement, A. T. S. A. (2002). Guidelines for the six-minute walk test. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, 166, 111–117. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>.
- Stedron, J. M., Sahni, S. D., & Munakata, Y. (2005). Common mechanisms for working memory and attention: the case of perseveration with visible solutions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(4), 623–631. <https://doi.org/10.1162/0898929053467622>
- Sweat, V., Yates, K. F., Migliaccio, R., & Convit, A. (2017). Obese Adolescents Show Reduced Cognitive Processing Speed Compared with Healthy Weight Peers. *Childhood Obesity*, 13(3), 190–196. <https://doi.org/10.1089/chi.2016.0255>
- Syväoja, H. J., Tammelin, T. H., Ahonen, T., Kankaanpää, A., & Kantomaa, M. T. (2014). The associations of objectively measured physical activity and sedentary time with cognitive functions in school-aged children. *PloS One*, 9(7), e103559–e103559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103559>
- Takahashi, S., & Grove, P. M. (2019). Comparison of the effects of running and badminton on executive function: A within-subjects design. *PloS One*, 14(9), e0216842–e0216842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216842>
- Tamnes, C., Walhovd, K., Dale, A., Østby, Y., & Grydeland, H. (2013). Brain development and aging: Overlapping and unique patterns of change. *Neuroimage, March*(68), 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.11.039>
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135(2), 77–99. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.02.006>
- Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 47–55.

<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.09.003>

Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological Bulletin*, *145*(9), 929–951.

<https://doi.org/10.1037/bul0000200>

Valkenborghs, S. R., Noetel, M., Hillman, C. H., Nilsson, M., Smith, J. J., Ortega, F. B., & Lubans, D. R. (2019). The impact of physical activity on brain structure and function in youth: A systematic review. *Pediatrics*, *144*(4).

<https://doi.org/10.1542/peds.2018-4032>

van der Fels, I. M. J., te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *18*(6), 697–703.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>

van der Niet, A. G., Smith, J., Scherder, E. J. A., Oosterlaan, J., Hartman, E., & Visscher, C. (2015). Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *18*(6), 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>

Vazou, S., Pesce, C., Lakes, K., & Smiley-Oyen, A. (2019). More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *Int J Sport Exerc Psychol*, *17*(2), 153–178.

<https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223423>

Veldman, S. L. C., Jones, R. A., Stanley, R. M., Cliff, D. P., Vella, S. A., Howard, S. J., Parrish, A.-M., & Okely, A. D. (2020). Promoting Physical Activity and Executive Functions Among Children: A Cluster Randomized Controlled Trial of an After-School Program in Australia. *Journal of Physical Activity & Health*, *17*(10), 940–946.

<https://doi.org/10.1123/jpah.2019-0381>

Vella, S. A., Cliff, D. P., Magee, C. A., & Okely, A. D. (2014). Sports participation and parent-reported health-related quality of life in children: Longitudinal associations. *Journal of Pediatrics*, *164*(6), 1469–1474.

<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.01.071>

- Venckunas, T., Snieckus, A., Trinkunas, E., Baranauskiene, N., Solianik, R., Juodsnukis, A., Streckis, V., & Kamandulis, S. (2016). Interval running training improves cognitive flexibility and aerobic power of young healthy adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(8), 2114–2121.
- Veraksa, A., Tvardovskaya, A., Gavrilova, M., Yakupova, V., & Musálek, M. (2021). Associations Between Executive Functions and Physical Fitness in Preschool Children. *Frontiers in Psychology*, *12*, 674746.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.674746>
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J. A., & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(12), 973–979.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091441>
- Verburgh, L., Scherder, E. J. A., Van Lange, P. A. M., & Oosterlaan, J. (2014). Executive functioning in highly talented soccer players. *PLoS ONE*, *9*(3).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091254>
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS ONE*, *7*(4), 1–5.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731>
- Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS ONE*, *12*(2), 1–13. <http://10.0.5.91/journal.pone.0170845>
- Voss, M., Kramer, A., Basak, C., Prakash, R., & Roberts, B. (2010). Are Expert Athletes ‘Expert’ in the Cognitive Laboratory? A Meta-Analytic Review of Cognition and Sport Expertise. *Applied Cognitive Psychology*, *24*(6), 812–826.
<https://doi.org/10.1002/acp.1588>
- Wade, L., Leahy, A., Lubans, D. R., Smith, J. J., & Duncan, M. J. (2020). A systematic review of cognitive assessment in physical activity research involving children and adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *23*(8), 740–745.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.020>
- Wang, C. H., Chang, C. C., Liang, Y. M., Shih, C. M., Chiu, W. S., Tseng, P., Hung, D. L., Tzeng, O. J. L., Muggleton, N. G., & Juan, C. H. (2013). Open vs. Closed Skill Sports

- and the Modulation of Inhibitory Control. *PLoS ONE*, *8*(2), 4–13.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055773>
- Wang, C. H., Lin, C. C., Moreau, D., Yang, C. T., & Liang, W. K. (2020). Neural correlates of cognitive processing capacity in elite soccer players. *Biological Psychology*, *157*(1), 107971. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107971>
- Wenner, C. J., Bianchi, J., Figueredo, A. J., Rushton, J. P., & Jacobs, W. J. (2013). Life History theory and social deviance: The mediating role of Executive Function. *Intelligence*, *41*(2), 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2012.11.004>
- Wilson, J., Andrews, G., Hogan, C., Wang, S., & Shum, D. H. K. (2018). Executive function in middle childhood and the relationship with theory of mind. *Developmental Neuropsychology*, *43*(3), 163–182.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2018.1440296>
- Won, J., Callow, D. D., Pena, G. S., Gogniat, M. A., Kommula, Y., Arnold-Nedimala, N. A., Jordan, L. S., & Smith, J. C. (2021). Evidence for exercise-related plasticity in functional and structural neural network connectivity. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *131*, 923–940.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.10.013>
- Wu, C.-T., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Chaddock-Heyman, L., Voss, M. W., Kramer, A. F., & Hillman, C. H. (2011). Aerobic Fitness and Response Variability in Preadolescent Children Performing a Cognitive Control Task. *Neuropsychology*, *25*(3), 333–341. <https://doi.org/10.1037/a0022167>
- Xue, Y., Yang, Y., & Huang, T. (2019). Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(22), 1397–1404.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099825>
- Yau, P. L., Kang, E. H., Javier, D. C., & Convit, A. (2014). Preliminary evidence of cognitive and brain abnormalities in uncomplicated adolescent obesity. *Obesity*, *22*(8), 1865–1871. <https://doi.org/10.1002/oby.20801>
- Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M. (2021). Athletes have different dominant cognitive functions depending on type of sport. *International Journal of Sport and*

Exercise Psychology, 1–15. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1956570>

Yu, Q., Chan, C. C. H., Chau, B., & Fu, A. S. N. (2017). Motor skill experience modulates executive control for task switching. *Acta Psychologica*, *180*, 88–97.

<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.08.013>

Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, *1*(1), 297–301.

<https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>

Zeng, X., Cai, L., Wong, S. H., Lai, L., Lv, Y., Tan, W., Jing, J., & Chen, Y. (2021). Association of Sedentary Time and Physical Activity With Executive Function Among Children. *Academic Pediatrics*, *21*(1), 63–69.

<https://doi.org/10.1016/j.acap.2020.02.027>

Anexos

18. ANEXOS

18.1 Anexo 1: Escala PEDro en español.

1. Los criterios de elección fueron especificados no si donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos) no si donde:
3. La asignación fue oculta no si donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes no si donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados no si donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados no si donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados no si donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos no si donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar" no si donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave no si donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave no si donde:

18.2 Anexo 2: Acta de Aprobación Comité de Bioética Universidad Andrés Bello.



COMITÉ DE BIOÉTICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DOCTORADOS
UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Santiago, 30 de abril de 2021

Acta de Aprobación 009/2021

Comité constituido en conformidad al Decreto Universitario N° 2627/2019 con fecha 22 de febrero de 2019 y la actualización del Decreto Universitario N° 2657/2019 con fecha 06 de junio de 2019 de la Universidad Andrés Bello. Acreditado ante la SEREMI de Salud de la Región Metropolitana, según Resolución Exenta N° 014569 del año 2019.

Revisión de los antecedentes por los miembros del comité.

Dr. Rodolfo Paredes, Médico Veterinario - Presidente del Comité.
Dr. Claudio Cabello, Bioquímico – Vicepresidente del Comité.
Dr. Pedro Uribe, Médico Cirujano – Director General de Educación Médica y Simulación, UNAB.
Dra. Ruth Espinoza, Licenciada en Filosofía – Directora Departamento de Humanidades, UNAB.
Dr. Felipe Lillo, Médico Veterinario – Académico Escuela Medicina Veterinaria, UNAB.
Sra. Gloria Constanzo, Secretaria Escuela Psicología – Miembro comunidad UNAB.
Srita. Gemma Rojo, Miembro externo-Universidad de O'Higgins
Sra. Andrea Miranda, Abogado – invitada a participar. Secretaria General, UNAB.

Nombre del proyecto: "Efecto de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas y su relación con el índice cintura estatura como indicador de riesgo metabólico en escolares". Concurso 2020 de proyectos de investigación con financiamiento interno en Ciencias Biomédicas, VRID-UNAB.

Investigador Responsable: Dr. Christian Campos.

Revisión de antecedentes: 10 de marzo de 2021.

Este informe se refiere a la revisión que este Comité realizó a los antecedentes que presentó el investigador responsable, y a la respuesta satisfactoria que dio a las sugerencias que hizo el Comité. La presente acta se refiere a toda la investigación que se realizará en las dependencias de la Universidad Andrés Bello bajo su patrocinio.

Se presentaron los siguientes documentos para su revisión:

- Solicitud de revisión de proyecto
- Carta de compromiso del investigador
- Proyecto de investigación completo
- Protocolo de obtención de muestras obtenidas desde humanos en proyectos científicos
- Consentimiento Informado para padres y asentimientos informados para menores de edad
- Carta de apoyo Liceo Manuel Montt de la ciudad de Puerto Montt



Se evaluaron los siguientes requisitos bioéticos.

- Las sociedades actuales se caracterizan por altos niveles de inactividad física, sedentarismo y obesidad, lo que ha llevado a aumentar los indicadores de riesgo metabólicos en los niños.
- Entre las habilidades cognitivas más estudiadas durante la infancia y adolescencia se encuentran las funciones ejecutivas, ya que son habilidades esenciales que potencian la capacidad de respuesta a exigencias del ambiente, influyendo sobre la salud física, el éxito escolar, el desarrollo cognitivo, social y psicológico.
- Se ha propuesto que una combinación de actividad física moderada a vigorosa y actividades cognitivas exigentes tendrían un efecto positivo sobre el funcionamiento ejecutivo. Por ello, las actividades deportivas planificadas se asocian con un mayor desarrollo del control inhibitorio, atención, habilidades de planificación, flexibilidad cognitiva y memoria operativa.
- Se propone evaluar el efecto de la práctica deportiva sobre las funciones ejecutivas y su relación con el índice cintura estatura como indicador de riesgo metabólico en escolares.
- Se reclutarán 140 niños asociados a actividades deportivas como balonmano o atletismo, los cuales serán sometidos a evaluaciones pre y posintervención con la aplicación del test Physical Activity Questionnaire for older Children (PAQ-C) en su versión validada al español.
- El número de personas a reclutar, el consentimiento informado, el asentimiento informado y el protocolo de trabajo a utilizar son aceptados por este Comité. Se presentó a este comité la solicitud de revisión de antecedentes, el Protocolo de Muestra Obtenidas desde Humanos, la carta de apoyo del Liceo Manuel Montt, el Consentimiento Informado para padres y el Asentimiento informado para los menores de edad, además de los documentos del proyecto requeridos por el Comité, los cuales fueron satisfactoriamente recibidos y revisados por todo el Comité durante su sesión de marzo de 2021.

El Comité considera que no hay objeciones bioéticas para la realización de estos protocolos en dependencias de la UNAB. Asimismo, el investigador responsable cuenta con experiencia en el manejo de este tipo de pacientes lo que se ratifica a través de su producción científica, su infraestructura y la implementación necesaria para ejecutar en forma eficiente los protocolos de estudio propuestos en el proyecto, en dependencias de la UNAB.

Con estos antecedentes el Comité de bioética aprueba en forma unánime este proyecto.

Se adjuntan como parte del Acta de Aprobación (1) y el Protocolo de Muestra Obtenidas desde Humanos (2), el Consentimiento Informado (3), el Asentimiento informado (4) y carta de apoyo de Liceo Manuel Montt (5).

Si el investigador requiriese utilizar la información que deriven de esta investigación para cualquier estudio ulterior, a la finalización del proyecto individualizado en esta Acta, deberá solicitar a este Comité la autorización respectiva, pues sólo el Comité de Bioética de la UNAB podrá autorizar su utilización posterior a este proyecto.



18.3. Anexo 3: Escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant).

