



**FUNCIONES COGNITIVAS DE MEMORIA Y ATENCIÓN EN LA CLASE DE
EDUCACIÓN FÍSICA DE ESCOLARES ENTRE 6 - 14 AÑOS. REVISIÓN DE LA
LITERATURA ACTUAL**

MATEO ANTONIO GONZALEZ HERNANDEZ

Trabajo de Tesis para optar el título de Magister en Actividad Física y Salud

Diana Marcela Ramos Caballero

Phd en Ciencias – Biología

Dayan Gabriela García Laguna

Magister en Fisiología

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y SALUD

BOGOTÁ

2021

FUNCIONES COGNITIVAS DE MEMORIA Y ATENCIÓN EN LA CLASE DE EDUCACIÓN FÍSICA DE ESCOLARES ENTRE 6 - 14 AÑOS. REVISIÓN DE LA LITERATURA ACTUAL

Diana Marcela Ramos C.

Dayan Gabriela García-Laguna

Mateo Antonio Gonzalez-Hernandez

Resumen

Objetivo: Describir la contribución de las características de la clase de educación física en el mejoramiento de las funciones cognitivas de memoria y atención en escolares de 6 - 14 años. **Metodología:** Revisión de la literatura científica actual que contempla artículos en inglés indexados en las bases de datos Scopus, Medline, Pubmed, y Dialnet empleando como palabras de búsqueda: Educación física, funciones cognitivas, funciones ejecutivas, niños, actividad física, ejercicio físico. **Resultados:** Se reporta una gran evidencia científica del aporte de la actividad física en el desarrollo de las funciones cognitivas en población infantil y preadolescente, A su vez, se demuestra que las características más relevantes de la clase de educación física para mejorar las funciones cognitivas son actividades de intensidad moderada a vigorosa y realización de actividad física mayor a 180 minutos por semana. **Conclusión:** Se demuestra que el tiempo establecido por las instituciones educativas para la realización de actividad física no es suficiente para generar un aporte a la potenciación de las funciones cognitivas de memoria y atención en niños y preadolescentes.

Abstract

Objective: To describe the contribution of the characteristics of the physical education class in the improvement of the cognitive functions of memory and attention in schoolchildren aged 6 - 14 years. **Methodology:** Review of the current scientific literature that includes articles in English indexed in the Scopus, Medline, Pubmed, and Dialnet databases using as search words: Physical education, cognitive functions, executive functions, children,

physical activity, physical exercise. **Results:** A great scientific evidence of the contribution of physical activity in the development of cognitive functions in children and pre-adolescent population is reported. In turn, it is shown that the most relevant characteristics of the physical education class to improve cognitive functions are moderate to vigorous intensity activities and physical activity greater than 180 minutes per week. **Conclusion:** It is shown that the time established by educational institutions for physical activity is not enough to generate a report on the enhancement of cognitive functions of memory and attention in children and preadolescents.

Palabras clave

Educación física, funciones cognitivas, memoria, atención, niños, actividad física.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las etapas del ciclo vital se encuentra la adolescencia, en la cual se presentan cambios tanto morfológicos como mentales, cruciales en el desarrollo del ser humano. Foulkes y Blakemore (1), afirman que dicha etapa inicia con la pubertad y finaliza con la independencia adulta. Se caracteriza por cambios biológicos, incluidos los hormonales, y cambios físicos, entre los que se cuenta el desarrollo sustancial del cerebro.

A nivel morfológico, el crecimiento esquelético y los cambios en la composición corporal durante el desarrollo fisiológico de esta etapa presentan variaciones importantes. El índice de masa corporal y la masa corporal magra relacionados con la edad muestran importantes diferencias de género. El proceso de osificación se desarrolla de dos maneras diferentes: endocondral e intramembrana. El primero se caracteriza por la formación de hueso a partir del cartílago de crecimiento. La osificación intramembrana se caracteriza por la formación de hueso a partir de una estructura mesenquimatosa, como ocurre con los huesos planos del cráneo. Durante la infancia y la adolescencia, y hasta la adquisición de la estatura adulta, se producen dos fenómenos simultáneamente: la síntesis de hueso nuevo a partir del cartílago de crecimiento, debido al proceso de osificación endocondral, y el modelado-remodelado del hueso previamente sintetizado (2).

El cerebro humano sufre un cambio significativo en su estructura durante la adolescencia, en términos de volumen de materia gris, área de superficie y grosor cortical, así como volumen de materia blanca y microestructura (3). Recientes investigaciones afirman que el volumen de la materia gris cortical aumenta en la primera infancia (4), y el volumen y el grosor disminuyen a un ritmo acelerado en las cortezas frontal, parietal y temporal a lo largo de la adolescencia, para estabilizarse a los veinte años (5). A su vez, la sustancia blanca cerebral aumenta linealmente durante la infancia y la adolescencia.

Larson y Richards (6), nombran en sus estudios que los cambios para la adolescencia no son únicamente morfológicos, fisiológicos y/o estructurales, sino también son cambios sociales y adaptaciones psicológicas. Así mismo, afirman que los estudiantes pasan más del 80% de su tiempo en la escuela, donde establecen relaciones sociales, comparten diversidad de pensamientos y formas de ver el mundo. Dicho tiempo en la institución educativa también tiene un aporte al desarrollo psicomotor y fisiológico del adolescente, con algunas asignaturas que los currículos ofrecen, como las artes, danza y especialmente la clase de educación física (EF).

Con base en la literatura (7), la clase de educación física ha sido una de las asignaturas que ha influido en la potenciación de habilidades fisiológicas y cerebrales de los estudiantes. En las últimas dos décadas se ha evidenciado un incremento en la investigación acerca del ejercicio como subconjunto de la actividad física, definido por métodos planificados, estructurados, y repetitivos, apuntando a que mantener la aptitud física puede promover mejoras en las funciones mentales (8).

Importantes estudios como las revisiones sistemáticas y metanálisis de Greef et al. y Sibley & Etnier afirman que existe una estrecha relación entre la realización de actividad física (AF) y el mejoramiento de las funciones cognitivas en población preadolescente (9,10). Uno de los factores que sobresale de dichos estudios es que la realización de AF de alta intensidad y todas las actividades de tipo aeróbico potencian la memoria, la atención y las funciones ejecutivas de los sujetos entre los 7 y 10 años, lo que mejora su desempeño académico y comportamiento en clase (11).

Como la anterior, existen diversas investigaciones que recogen información acerca de los beneficios de la realización de AF dentro o fuera de la clase de educación física en pro de la

salud cerebral en escolares. Pero, por su parte, no existe amplia literatura científica que analice cuál o cuáles son las características de la clase de EF que podrían mejorar las funciones cognitivas como la memoria y la atención en niños. Por esta razón la presente investigación documental pretende describir la contribución de las características de la clase de educación física, en adelante EF, en el mejoramiento de las funciones cognitivas de memoria y atención en escolares de 6-14 años (10).

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda de documentos científicos, donde se encontraron en total 120 artículos, 80 en la base de datos PubMed, 25 en Scopus, 10 en Medline y 5 en Dialnet. Como parámetros de búsqueda se diseñaron las siguientes ecuaciones: Para las bases de datos Scopus y PubMed ((“physical education”) AND (“cognitive function”) OR (“executive function”) AND (children) AND NOT (adolescent) AND (“physical activity”) OR (“physical exercise”)) y para Medline y Dialnet (“physical education” AND “cognitive function”) OR (“physical education” AND “executive function”) AND (children) AND (physical activity). Se seleccionó la búsqueda para artículos originales en inglés, publicados entre 2007 y 2018.

1. Funciones Cerebrales

Según Gunnell, la función cerebral se refiere a aspectos como la expresión de los factores de crecimiento y actividad neuronal, mientras que la estructura cerebral corresponde a las características de la estructura neurológica como el volumen de materia blanca y gris (15).

El neurodesarrollo es un proceso que está influenciado por los factores genéticos y ambientales, que van desarrollando el cerebro y modelando la conducta, las emociones, las habilidades cognitivas y la personalidad, permitiendo así que el sujeto se adapte a su entorno (13). Así mismo, cuando se habla de neurodesarrollo en la primera infancia, se debe resaltar que es la etapa de vida donde se consolidan las estructuras neurofisiológicas que darán soporte a los procesos psicológicos superiores (13).

Las primeras experiencias estimulantes a las que el sujeto y su cerebro se ven expuestos conforman los mapas o las redes neuronales que van a determinar las diferentes funciones psicológicas superiores. Son los estímulos del medio, los que provocan un entramado más complicado de células nerviosas, así como también una abundante formación de sinapsis más complejas y numerosas (13).

El crecimiento sustancial de la estructura cerebral está ligado con la formación de las funciones cerebrales fundamentales, relacionadas con el desarrollo sensorial y de lenguaje para que el ser humano tenga la capacidad de comunicarse, procesar y transmitir información entre otros aspectos (14).

1.1 Funciones Mentales

Los primeros años de vida constituyen una etapa con elementos propios de la maduración, junto con la modificación estructural y funcional del cerebro humano, en la que se vinculan una serie de características del desarrollo vital del sujeto. Este periodo es considerado el momento en que se establecen las bases para el desarrollo físico del hombre y es durante la primera infancia cuando se asimilan conocimientos, habilidades y hábitos, que pertenecen al desarrollo vital del ser humano (12). Dentro de las funciones mentales se encuentran las funciones cognitivas las cuales le permiten al ser humano desenvolverse a nivel motor, en su comunicación y en situaciones diversas de la vida cotidiana (15).

Las funciones cognitivas se inician por la recepción de un estímulo externo que se decodifica en el cerebro y se expresa según el receptor o el sentido a través del cual se capta la información. Por su parte, Brusco, afirma que existen dos subtipos de funciones cognitivas las cuales son básicas (gnosias, atención y memoria) y complejas (praxias, lenguaje y funciones ejecutivas) cada persona requiere de las funciones cognitivas para poder recibir, procesar y almacenar distintos tipos de información (16).

1.1.1. La memoria

Dentro de las funciones cognitivas básicas se encuentra la memoria que se entiende como la capacidad de retener y evocar información de naturaleza perceptual o conceptual, es decir, es la facultad por la cual se retiene y recuerda el pasado. A través de ella se puede almacenar el conocimiento que se tiene sobre algo y las interpretaciones que se hacen de ello (17). Así mismo Robertson (18), menciona que la memoria tiene una estrecha relación con lo que se aprende y se retiene a través de mecanismos asociativos del cerebro humano, y a su vez se distinguen diversos tipos de memoria que pertenecen a diferentes tiempos de almacenamiento y recuperación.

Brusco (16), nombra la memoria a largo plazo, a corto plazo y memoria de trabajo como las clasificaciones de la memoria temporal. No obstante, Fuenmayor et al. (19), nombran que la memoria también cuenta con clasificación cualitativa que depende del tipo y cualidad de la información adquirida, éstas son memoria sensorial, operativa, declarativa, procedimental y emocional (16).

Autores como Redolar (13), afirman que la memoria tiene una estrecha relación con el aprendizaje siendo una propiedad fundamental del cerebro que se manifiesta en diversas formas mediante múltiples sistemas diferenciados anatómica y funcionalmente. Por su parte la memoria constituye el mecanismo por el que lo aprendido se codifica, se almacena y más tarde se recupera (ver fig.1) (13).

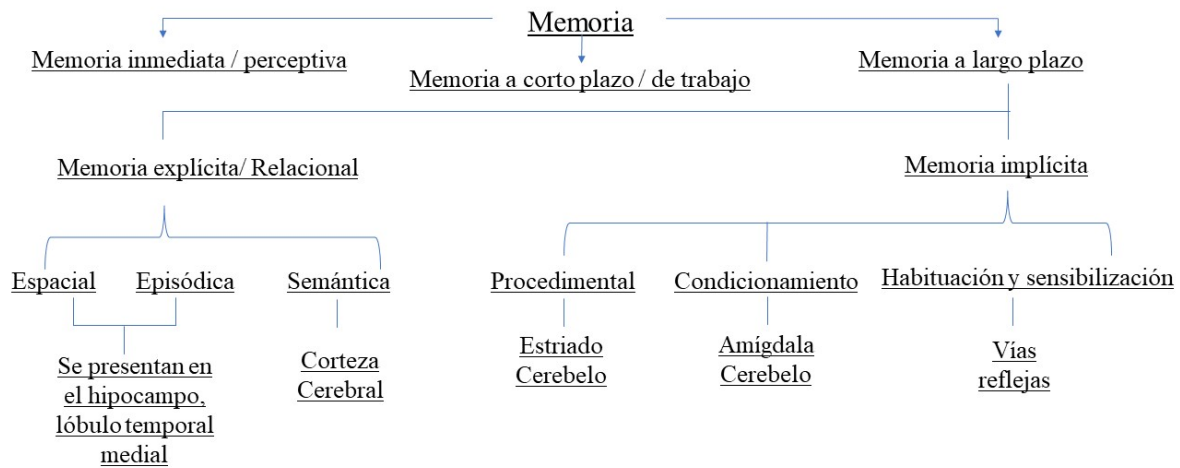


Figura 1 Clasificación del aprendizaje y la memoria

Fuente: Adaptado de (13)

1.1.2. Atención

Al igual que la memoria, la atención hace parte de las funciones cognitivas básicas y se refiere a un estado neurocognitivo cerebral de preparación que precede a la percepción y a la acción, y el resultado de una red de conexiones corticales y subcorticales de predominio hemisférico derecho (20,21). Sin atención no sería posible almacenar información en la memoria ni acceder al aprendizaje. Por otra parte, existe una clara relación entre atención, funciones ejecutivas e inteligencia (22,23).

Redolar afirma que a pesar de que la atención es una función bilateral, cada hemisferio parece estar funcionalmente especializado (13); El hemisferio izquierdo ejerce un control unilateral y el derecho ejerce un control bilateral (24). Este además de regular el sistema de "arousal" y mantener el estado de alerta, tiene un importante papel regulador de la corteza frontal y de sus conexiones con el estriado. El hemisferio derecho está mejor capacitado para regular la atención selectiva (25–27). En esta línea, se ha descrito la base reguladora de la atención como subyacente al sistema frontoestriatal del hemisferio derecho, sobre todo a través de las

vías noradrenérgicas y, en menor medida, las serotoninérgicas. El hemisferio izquierdo, a su vez, actúa mediante vías dopaminérgicas y, minoritariamente, colinérgicas. De este modo, a través de las vías noradrenérgicas, el hemisferio derecho tiene mayor capacidad que el izquierdo para regular la atención selectiva (28).

Por su parte, la corteza prefrontal participa en una serie de funciones cognitivas y ejecutivas, y tiene un papel fundamental en el control voluntario de la atención, como etapa final filogenética y ontogenética de corticalización, permitiendo que la atención involuntaria del niño se transforme progresivamente durante su desarrollo en atención controlada y voluntaria. Presenta conexiones córtico-corticales (funciones de naturaleza asociativa integrando información multimodal) y córtico-subcorticales y límbicas. La corteza prefrontal juega un papel importante en la capacidad de priorizar estímulos, referenciar a representaciones internas, dirigir apropiadamente el 'arousal', monitorizar la secuencia temporal de acontecimientos, formular conceptos abstractos y llevar a cabo otras funciones ejecutivas (29).

Asimismo, se conoce que la atención es la red neuronal jerárquica fundamental para los procesos cognitivos que parte de los niveles básicos de alerta cortical, necesaria para su posterior funcionamiento permitiendo la regulación de las entradas de información y su procesamiento cognitivo final, focaliza selectivamente la conciencia, regula la entrada de información: filtrando y desechando información, recluta y activa zonas cerebrales para temporizar las respuestas apropiadas y facilita la percepción, la memoria y el aprendizaje (21).

En la atención se integran componentes perceptivos, motores y límbicos o motivacionales, por lo que la complejidad conceptual, neuroanatómica y neuro funcional de la atención hace que no pueda quedar reducida a una simple definición, ni ligada a una única estructura anatómica o explorada con un simple test o prueba. Se trata, pues, de un conjunto de procesos complejos sustentado por diferentes redes neuronales que interactúan entre sí (30).

Dentro de ellos, la corteza prefrontal posee tres funciones atencionales: dirección de la atención, atención selectiva y atención sostenida (31). Con respecto a las funciones

cerebrales, el hemisferio izquierdo realiza el control unilateral, mientras que el hemisferio derecho, con control bilateral, regula la alerta cortical manteniendo su estado. Existen diversos tipos de atención como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla I. Principales tipos de atención.

Tipo de atención	Especificación y características
“Span” o amplitud de atención	El “Span” acústico suele explorarse con reproducciones de ritmos; el auditivo verbal, con el test Dígitos WAIS/WISC; y el visoespacial con el test de cubos de Corsi
Atención selectiva o focal	Proceso por el que se responde a una estímulo o tarea y se ignoran otras. Suele equivaler a la atención posterior explorada con tareas de cancelación, tareas de emparejamiento visual, etc.
Atención de desplazamiento entre hemicampos visuales	Proceso para seleccionar preferencialmente información prioritaria en uno y otro hemicampo visual. Suele explorarse con el paradigma de Posner.
Atención serial	El prototipo son las “pruebas de cancelación”
Atención dividida o dual o compartida	Proceso por el que se responder simultáneamente a un doble estímulo, poniendo en marcha una doble “activación”. Suele explorarse con paradigmas de tareas con interferencia.
Atención de preparación	Proceso de preparación de respuestas apropiadas. Suele explorarse registrando eléctricamente las neuronas que se activan previas a la respuesta.
Atención sostenida o capacidad atencional o concentración o vigilancia	Proceso de mantenimiento persistente del estado de alerta a pesar de la frustración y el aburrimiento.

Fuente: tomada y adaptada de: (32)

Para comprender la memoria y la atención como dos funciones cognitivas fundamentales, los avances científicos y la búsqueda de su relación con diversos campos de conocimiento, con el tiempo se ha descubierto que la práctica de AF genera grandes beneficios a nivel cerebral (33). En la población infantil, uno de los escenarios más comunes en la práctica de AF es el colegio, específicamente, en la clase de educación física.

2. Educación física (EF) y desarrollo de las funciones cognitivas

La educación, en general, ha sido un método ideal para incentivar el desarrollo de las funciones cerebrales. A lo largo de la historia, ha sido un tema de interés para las familias y la sociedad; sin embargo, las prácticas educativas han variado de acuerdo con las transformaciones sociales y las necesidades de cada época (12).

En la actualidad, en la mayoría de los currículos establecidos -a nivel mundial- para otorgar una educación integral, se encuentra la asignatura de educación física, que, al centrar su acción educativa en el desarrollo de la motricidad y cultura corporal, expone a los alumnos, directamente, al entorno físico, social y cultural. Si a esto se le agrega que es un área que prioriza los contenidos actitudinales y procedimentales, no se puede poner en duda que constituye una asignatura privilegiada para aportar competencias básicas del currículo (34).

López Pastor y Gea (35) mencionan que existen dos grandes formas de entender y practicar la educación física, opuestas entre sí: la educación física orientada al rendimiento y la educación física orientada a la participación. Cada uno de estos enfoques tiene una forma concreta de entender y poner en práctica los diferentes elementos curriculares: objetivos, metodología, evaluación, contenidos, estructura de sesión, atención a la diversidad, entre otros (35).

El discurso relacionado con el rendimiento se refiere a un cúmulo de estrategias técnicas diseñadas para desarrollar talentos deportivos y habilidades específicas para conseguir un logro en alguna disciplina deportiva. Este es propio de un planteamiento netamente instrumental donde prevalece la buena condición física y habilidades deportivas (35).

Por otro lado, el discurso orientado a la participación es propio de una racionalidad práctica, dialógica y retroalimentativa, que entiende la educación física como un área curricular específica dentro de un sistema educativo universal, obligatorio y público. En consecuencia, esta postura propone que sus principales finalidades deberían ser: el desarrollo integral del individuo a través de, y con, lo motriz y corporal; la creación y recreación de la cultura física; propiciar experiencias motrices positivas; generar autonomía y hábitos de actividad física;

trabajar las implicaciones de lo motriz y lo corporal en la formación de personas libres y autónomas (34).

De acuerdo al discurso orientado a la participación, que de por sí, es uno de los más practicados por los docentes de educación física en países de Latinoamérica como Brasil, Uruguay, Colombia, Argentina, Ecuador, entre otros (36). Dentro de los currículos establecidos por las instituciones, se resalta la necesidad de generar experiencias de movimiento, sin dejar atrás el principio de aprender y memorizar ciertos hábitos para mejorar el estilo de vida del estudiante (35). Montoya (37), menciona que el estilo de vida, hábito de vida o forma de vida, se entiende como un conjunto de comportamientos que desarrollan las personas, en algunos casos benéficos para la salud y, en otros, nocivos. De acuerdo a lo anterior, Giraldez et al. (38), afirman que la práctica de actividad y ejercicio físico aportan a un estilo de vida saludable en población infantil entre los 8 y los 12 años.

Por su parte, Tomporowski (39), menciona que la práctica de ejercicio físico estructurado, planificado y constante, es de gran importancia para mantener un estilo de vida saludable, evitando la adquisición de enfermedades crónicas no transmisibles y mejorando las funciones cerebrales en población infantil. Riquelme Uribe et al. (40) exponen que la práctica de ejercicio físico en población infantil produce aumento en el flujo sanguíneo en el cerebro, mejora la oxigenación y aumenta los neurotransmisores, lo que posibilita que las conexiones entre neuronas estén más activas.

A su vez, Riquelme Uribe et al, nombran que la adaptación crónica está fundamentada en el aumento de las estructuras cerebrales por la plasticidad cerebral (plasticidad neuronal, aumento de la vascularización y neurogénesis). Las evidencias apuntan a que todas estas adaptaciones producen una mejor respuesta cognitiva en diversas pruebas sobre las funciones ejecutivas (memoria, atención, resolución de problemas, etc) (40).

La práctica del ejercicio físico dentro de un currículo educativo “clase de educación física” tiene una relación directa con diferentes aportes a las funciones cognitivas, comportamiento y rendimiento en clase, sin dejar atrás los programas complementarios que en ciertas investigaciones se ejecutaron para realizarse de manera extracurricular (33,39). Por esto, es relevante mencionar la relación que puede llegar a tener la clase de educación física y/o dichos programas con las funciones cognitivas de memoria y atención

3. Influencia de la educación física en memoria y atención

El ejercicio físico actúa de manera contundente sobre la salud cerebral de niños, niñas y adolescentes. Según Khan y Hillman (41), la infancia es un periodo importante en el desarrollo del cerebro, caracterizado por la maduración prolongada de circuitos destinados a apoyar las operaciones cerebrales, permitiendo que este desarrollo genere oportunidades únicas para optimizar las funciones cognitivas a través de la actividad física. En este sentido, Chaddock-Heyman et al (42) en su estudio en el que buscaban analizar la influencia de un programa de actividad física durante 9 meses, con una frecuencia de tres veces por semana e intensidad moderada, evidenciaron una mejora en el control cognitivo, así como en las regiones frontales del cerebro involucradas en el procesamiento de demandas desafiantes de tareas. En el estudio realizaron un análisis de varianza (ANOVA) del volumen del hipocampo izquierdo y derecho correlacionados entre sí y evidenciaron que los niños con mayor volumen del hipocampo fueron los que tenían mejor condición física.

Por su parte, revisiones como las de Haapala (43) o de Hillman et al (44) evidencian los efectos positivos de la AF sobre la salud cerebral o, aspectos más específicos como la atención, concentración o memoria de trabajo. Kamijo et al (45) evidencian efectos positivos sobre la memoria de trabajo en niños de 7 a 9 años tras un programa de actividad física de 9 meses de duración, con 70 minutos de actividad física moderada-vigorosa por semana, con el cual esperaban mejorar la aptitud cardiorespiratoria y la recuperación de memoria a corto plazo. Sus resultados mostraron que tras aumentar la condición física de los participantes se evidenció una notable mejoría en la prueba de Sternberg, siendo un test psicométrico que mide la velocidad de respuesta y reacción de estímulos visuales como imágenes o palabras que permite explorar la memoria a corto plazo.

Por su parte Booth et al (46) con un estudio observacional analizaron los efectos del volumen de AF con 4755 niños y niñas de 11 a 13 años de edad, donde asocian la actividad física moderada - vigorosa con mejores resultados en la función cognitiva de atención. En este estudio los investigadores utilizaron diversos métodos de medición como acelerómetros para cuantificar el porcentaje de actividad física realizado por los estudiantes en cuanto a un

programa de actividad física moderada-vigorosa de 20 minutos por sesión dos veces por semana que encontraron resultados positivos de rendimiento académico de quienes participaron en el programa.

De acuerdo al rendimiento académico, la práctica de actividad física y la clase de educación física, importantes investigaciones como el metanálisis de Sibley y Etnier (10) mencionan que los programas de educación física favorecen el rendimiento y productividad académica en escolares entre los 8 y los 14 años de edad, un hallazgo interesante fue que los estudios coincidieron en un aumento del coeficiente intelectual de los sujetos participantes en los programas propuestos.

Donnelly et al (47) menciona que 11 de los estudios analizados en su revisión sistemática relacionan la actividad física aeróbica con un mejor rendimiento académico en niños de 6 a 13 años y a su vez mencionan que la clase de educación física juega un papel importante en el aporte a las funciones cognitivas y éxito académico, ya que en muchos de los casos se realiza actividad física de intensidad moderada.

Donnelly et al. (47) afirma que existe una estrecha relación entre la práctica de actividad física y el rendimiento cognitivo, específicamente en lograr mejores resultados académicos y mejor procesamiento de información. Dentro de las características revisadas en esta revisión sistemática, se resaltaron las diferencias en resultados de los grupos de intervención de 11 estudios en el test de couse-navette (shuttle run test), ya que tuvieron mejoras en su aptitud física y en sus funciones cerebrales, donde utilizaron electroencefalografías que reflejan la actividad neuronal; esta y otras evaluaciones innovadoras como la de realidad virtual mostraron mejoras en el procesamiento de información, memoria, atención, funciones ejecutivas y aprendizaje.

Recientes estudios muestran que la realización de actividad física estructurada en programas dentro y fuera de los currículos educativos también tienen un impacto importante en la potenciación de los procesos cognitivos de población infantil (33). Hillman et al. (48) indagaron sobre el efecto de un programa de actividad física después de la jornada escolar en donde los estudiantes entre los 8 y 9 años (n=221) fueron separados en dos grupos considerando su sexo, edad, raza, nivel socioeconómico y consumo de oxígeno. Dicho programa, consistió en 2 horas diarias de actividades recreativas después de clases y tenía

por finalidad mejorar su consumo de oxígeno teniendo en cuenta que fueron 70 minutos de AF de intensidad moderada a vigorosa a la semana. encontraron que el consumo de oxígeno mejoró más en el grupo intervenido, y a su vez, una clara adherencia al programa y funciones cognitivas donde la inhibición atencional mejoró un 3,2% y la flexibilidad cognitiva un 4,8% (48).

Así mismo, Ma et al. (49) también proponen un programa de 3 semanas para la práctica de AF dentro de la escuela llamado FUNterval el cual consistía en realizar actividades de alta intensidad por intervalos de 4 minutos con ejercicios que involucraban todo el cuerpo (los movimientos dirigidos incluyeron, por ejemplo, sentadillas, saltos de tijera, patadas de tijera, saltos y cambio de lugar) de tal manera que los niños (de 9-11 años n=88) pudieran formar una historia con cada movimiento. A través de la prueba “d2” (test de concentración, atención selectiva y sostenida) mostraron que los estudiantes de 3 a 5 grado participantes en el estudio cometieron menos errores que los no participantes después de la realización del FUNterval en sus descansos activos.

Ahora bien, Nyvoll Aadland et al. (50) afirman que la educación física juega un papel importante dentro del currículo de las instituciones para implementar programas de actividad física y/o ejercicio físico como el “Active Smart Kits” que aporten al desarrollo cognitivo de los estudiantes, en este estudio se analizaron 971 escolares noruegos de 28 escuelas de intervención y 29 escuelas de control. La intervención se dividió en tres partes (AF en la clase de EF, AF en los descansos y AF como tarea para realizarse en casa) estaba dirigida por los mismos docentes del área de EF y tuvo como propósito agregar 165 minutos de actividad física vigorosa a la semana. Dentro de las características innovadoras del estudio, se implementaron ejercicios con cuerda y pelota en asignaturas como matemáticas o inglés por (5 min / día escolar). En dos de los tres componentes de intervención, las lecciones educativas de AF y la tarea de AF, se incorporaron elementos académicos de aprendizaje (por ejemplo, saltar la cuerda mientras se deletrea palabras de vocabulario en inglés), por lo tanto, se le agrega carga cognitiva a la actividad.

Aunque existe suficiente evidencia científica sobre la práctica de ejercicio físico dentro y fuera de las instituciones educativas y su influencia en la salud cerebral de niños y adolescentes (33), no hay un consenso de investigaciones que ofrezcan directrices u

orientaciones que relacionen directamente las características de la clase de educación física con su aporte en las funciones cognitivas.

Discusión

Como se ha mencionado anteriormente y en diferentes estudios, existe una estrecha relación entre la práctica de actividad física y ejercicio físico con el desarrollo de las funciones cerebrales en población infantil (9,10,33,39,40). Donde la clase de educación física juega un papel de gran importancia, ya que se considera que es uno de los espacios donde esta población realiza parte de su actividad física semanal (34,35)

En los artículos de intervención de programas de AF de la clase de educación física y programas de jornadas complementarias revisados, se encontró que la característica que más aporta al desarrollo cognitivo de escolares es la intensidad, específicamente moderada a vigorosa (50). Wassenaar et al, afirman que esta intensidad además de mejorar la condición física aporta al rendimiento cognitivo, atención y comportamiento en clase (51). De acuerdo con lo anterior, se evidenció una similitud en la mayoría de los estudios revisados, en los cuales, entre mayor fue la intensidad de los ejercicios de los programas diseñados mejores fueron los resultados en términos de las pruebas de memoria específicamente a corto plazo, atención y mejor rendimiento académico (42,45,46).

Ahora bien, es de gran importancia mencionar que los resultados exitosos expuestos anteriormente no solamente se le atribuyen a la intensidad del ejercicio físico, sino a la cantidad de tiempo dedicado a la práctica de AF, ya que la mayoría de los estudios destinaron tiempo fuera de las horas establecidas por los currículos institucionales para poder generar un mayor volumen de dicha práctica (43,47,50). Molina et al (52) mencionan que en países de habla hispana se destinan a nivel curricular 180 minutos semanales para la clase de educación física, de los cuales menos del 60% de ese tiempo está destinado para la práctica motriz. Esto permite entender que el tiempo destinado por las instituciones educativas no es suficiente para generar resultados que les permitan a los estudiantes tener un aporte a la potenciación de sus funciones cognitivas.

A pesar de estos hallazgos y estudios como el de Gallo y Urrego (53) quienes conceptualizan la clase de educación física y sus distintas posturas educacionales en Colombia hasta el año 2012, no existe suficiente producción científica que exponga las características de la clase de EF que se manejan actualmente en las instituciones educativas y que permitan conocer si se están cumpliendo los factores necesarios para generar un mayor impacto en las funciones cognitivas de los estudiantes. De tal manera, se recomienda realizar investigaciones dentro de los currículos y las clases de educación física que permitan cumplir con las necesidades de AF suficientes para generar dicho impacto.

De esta manera, se puede concluir que la clase de educación física realizada con una intensidad entre moderada a vigorosa, que incluya tanto ejercicios aeróbicos como de juegos colaborativos y realizando entre 160 a 180 minutos de AF por semana puede potencializar el desarrollo de las funciones cognitivas de memoria y atención de acuerdo a lo presentado por la evidencia científica, por lo que se sugiere implementar estas mismas características dentro de los currículos de las instituciones educativas, para favorecer los procesos de desarrollo cognitivo de los estudiantes que se encuentren entre los 6 y los 13 años (33,39–41,47,48). A su vez, es evidente que dichas características no se trabajarían a fondo desde la postura de educación física orientada al rendimiento sino se le sugiere a los docentes de EF que las desarrollen desde la postura orientada a la participación, para buscar la relación con otras áreas del conocimiento y no exclusivamente logros deportivos (35).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Foulkes L, Blakemore S-J. Studying individual differences in human adolescent brain development. *Nat Neurosci.* [Internet]. 2018;21(3):315-23. 27 [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1038/s41593-018-0078-4](https://10.1038/s41593-018-0078-4)
2. Bayley N, Pinneau SR. Tables for predicting adult height from skeletal age: Revised for use with the greulich-pyle hand standards. *The Journal of Pediatrics.* 1952;40(4):423-41.

3. Tamnes CK, Herting MM, Goddings A-L, Meuwese R, Blakemore S-J, Dahl RE, et al. Development of the cerebral cortex across adolescence: A multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *J Neurosci.* [Internet]. 2017;37(12):3402-12 [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1523/JNEUROSCI.3302-16.2017](https://10.1523/JNEUROSCI.3302-16.2017)
4. Gilmore JH, Shi F, Woolson SL, Knickmeyer RC, Short SJ, Lin W, et al. Longitudinal development of cortical and subcortical gray matter from birth to 2 years. *Cereb Cortex.* [Internet] 2012;22(11):2478-85 [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1093/cercor/bhr327](https://10.1093/cercor/bhr327)
5. Vijayakumar N, Allen NB, Youssef G, Dennison M, Yücel M, Simmons JG, et al. Brain development during adolescence: A mixed-longitudinal investigation of cortical thickness, surface area, and volume. *Hum Brain Mapp.* [Internet] 2016;37(6):2027-38 [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1002/hbm.23154](https://10.1002/hbm.23154)
6. Larson R, Richards MH. Daily companionship in late childhood and early adolescence: changing developmental contexts. *Child Dev.* [Internet] 1991;62(2):284-300 [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1111/j.1467-8624.1991.tb01531.x](https://10.1111/j.1467-8624.1991.tb01531.x)
7. Wassenaar TM, Wheatley CM, Beale N, Salvan P, Meaney A, Possee JB, et al. Effects of a programme of vigorous physical activity during secondary school physical education on academic performance, fitness, cognition, mental health and the brain of adolescents (Fit to Study): study protocol for a cluster-randomised trial. *Trials.* [Internet]. 2019;20(1):189. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1186/s13063-019-3279-6](https://10.1186/s13063-019-3279-6)
8. Watson C, Reilly JJ, Fisher A, McColl JH, Boyle JM, Tomporowski P, et al. Effects of a physical education intervention on cognitive function in young children: randomized controlled pilot study. *BMC Pediatrics.* [Internet]. 2011;1-9. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1186/1471-2431-11-97](https://10.1186/1471-2431-11-97)

9. de Greeff JW, Bosker RJ, Oosterlaan J, Visscher C, Hartman E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* [Internet]. 2018;21(5):501-7. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
10. Sibley BA, Etnier JL. The Relationship Between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science* [Internet]. 2003 [;15(3):243. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://10.1515/ijsl.2000.143.183>
11. Pirrie AM, Lodewyk KR. Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. *Mental Health and Physical Activity*. [Internet]. 2012;5(1):93-8. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://10.1016/j.mhpa.2012.04.001>
12. Gunnell KE, Poitras VJ, LeBlanc A, Schibli K, Barbeau K, Hedayati N, et al. Physical activity and brain structure, brain function, and cognition in children and youth: A systematic review of randomized controlled trials. *Mental Health and Physical Activity* [Internet]. 2019;16:105-27 [Consultado 12 de agosto de 2021];. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1755296618300528>
13. Redolar Ripoll D. *Neurociencia cognitiva*. Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2014.
14. Montoya D, Benítez L. Bases neuropsicológicas del desarrollo cognoscitivo entre el nacimiento y los doce años. *MedUNAB* [Internet]. 2009;12(3):157-74. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Diana-Montoya-11/publication/41391629_Bases_neuropsicologicas_del_desarrollo_cognoscitivo_entre_el_nacimiento_y_los_doce_anos/links/5d9a7919458515c1d39c424b/Bases-neuropsicologicas-del-desarrollo-cognoscitivo-entre-el-nacimiento-y-los-doce-anos.pdf
15. Gutiérrez Duarte SA, Ruiz León M. Impacto de la educación inicial y preescolar en el neurodesarrollo infantil. *IE Revista de investigación educativa de la REDIECH* [Internet]. 2018;9 (17):33-51. [Consultado 20 de enero de 2021].

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2448-85502018000200033&lng=es&nrm=iso&tlng=es

16. Brusco L I. Funciones Cognitivas. En: Salud Mental y Cerebro. Argentina: AKADIA; 2018. p. 13.
17. Viramonte MV de. Comprension Lectora: Dificultades Estrategicas en Resolucion de Preguntas Inferenciales. Buenos Aires: Ediciones Colihue SRL; 2008. 180 p.
18. Robertson LT. Memory and the Brain. Journal of Dental Education [Internet]. 2002;66(1):30-42. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.0022-0337.2002.66.1.tb03506.x>
19. Fuenmayor G, Villasmil Y. La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. Revista de Artes y Humanidades UNICA. [Internet]. 2008; 22(9)187-202. [Consultado 20 de enero de 2021] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1701/170118859011.pdf>
20. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. Annu Rev Neurosci [Internet]. 1990;13:25-42. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
21. Estévez-González A, García-Sánchez C, Junqué C. La atención: una compleja función cerebral. Rev Neurol. [Internet]. 1997;25(148):1989-97. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.33588/rn.25148.97483>
22. Charlton RA, Landau S, Schiavone F, Barrick TR, Clark CA, Markus HS, et al. A structural equation modeling investigation of age-related variance in executive function and DTI measured white matter damage. Neurobiol Aging. [Internet]. 2008;29(10):1547-55. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://10.1016/j.neurobiolaging.2007.03.017>
23. Rabbitt P, Scott M, Lunn M, Thacker N, Lowe C, Pendleton N, et al. White matter lesions account for all age-related declines in speed but not in intelligence. Neuropsychology. [Internet]. 2007;21(3):363-70. [Consultado 20 de enero de 2021] Disponible en: <https://10.1037/0894-4105.21.3.363>

24. Posner MI, Driver J. The neurobiology of selective attention. *Curr Opin Neurobiol.* [Internet]. 1992;2(2):165-9. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1016/0959-4388\(92\)90006-7](https://10.1016/0959-4388(92)90006-7)
25. Cooley EL, Morris RD. Attention in children: A neuropsychologically based model for assessment. *Developmental Neuropsychology* [Internet]. 1990;6(3):239-74. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/record/1991-06943-001>
26. Heilman KM, Van Den Abell T. Right hemisphere dominance for attention: the mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect). *Neurology* [Internet]. 1980;30(3):327-30. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7189037/>
27. Stefanatos GA, Wasserstein J. Attention Deficit/Hyperactivity Disorder as a Right Hemisphere Syndrome. *Annals of the New York Academy of Sciences* [Internet]. 2001;931(1):172-95. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05779.x>
28. Cooley EL, Morris RD. Attention in children: A neuropsychologically based model for assessment. *Developmental Neuropsychology.* [Internet]. 1990;6(3):239-74. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://10.1080/87565649009540465>
29. Chandler DJ, Lamperski CS, Waterhouse BD. Identification and distribution of projections from monoaminergic and cholinergic nuclei to functionally differentiated subregions of prefrontal cortex. *Brain Res* [Internet]. 2013;1522(19):38-58. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006899313006392?via%3Dihub>
30. Mesulam MM. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol.* [Internet]. 1990;28(5):597-613. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [https:// 10.1002/ana.410280502](https://10.1002/ana.410280502)
31. Harris P, Allegri RF, Dillon C, Serrano CM, Loñ L, Villar V, et al. Cognition in dysthymia. *Vertex.* 2005;16(61):165-9.

32. Estévez-González A, García-Sánchez C, Junqué C. La atención: una compleja función cerebral. *Rev Neurol* [Internet]. 1997;25(148):1989-97. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.33588/rn.25148.97483>
33. Reloba S, Chiroso LJ, Reigal RE. Relation of physical activity, cognitive and academic performance in children: Review of current literature. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* [Internet]. 2016;9(4):166-72. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.008>
34. López Pastor VM, Pérez Brunicardi D, Manrique Arribas JC, Monjas Aguado R. Los retos de la Educación Física en el Siglo XXI (Challenges of Physical Education in XXI Century). *Retos* [Internet]. 2015;(29):182-7. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/42552>
35. Lopez Pastor VM, Gea Fernandez JM. Innovación, discurso y racionalidad en educación física. revisión y prospectiva. *Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte* [Internet]. 10(38):245-69. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista38/artinnovacion154.pdf>
36. Frossard ML, Stieg R, Santos W dos. Prácticas evaluativas en tres cursos de educación física en Sudamérica. *alt* [Internet]. 29 de junio de 2021;16(2):211-22. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://alteridad.ups.edu.ec/index.php/alteridad/article/view/2.2021.04>
37. Montoya LRG. Lifestyle and Good Health. *Educere* [Internet]. 2010;14(48):13-9. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/356/35616720002.pdf>
38. Arufe Giráldez V, Cachón Zagalaz J, Zagalaz Sánchez ML, Sanmiguel-Rodríguez A, González Valero G. Equipamiento y uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los hogares españoles durante el periodo de confinamiento. Asociación con los hábitos sociales, estilo de vida y actividad física de los niños menores de 12 años. *RLCS* [Internet]. 2020;(78):183-204. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://nuevaepoca.revistalatinacs.org/index.php/revista/article/view/233>

39. Tomporowski PD, McCullick B, Pendleton DM, Pesce C. Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science* [Internet]. 2015 2021;4(1):47-55. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095254614001203>
40. Riquelme-Uribe D. Ejercicio físico y su influencia en los procesos cognitivos. *Revista Motricidad y Persona: serie de estudios* [Internet]. 2013; 13:69-74. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4736022>
41. Khan NA, Hillman CH. The Relation of Childhood Physical Activity and Aerobic Fitness to Brain Function and Cognition: A Review. *Pediatric Exercise Science* [Internet]. 2014;26(2):138-46. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/pes/26/2/article-p138.xml>
42. Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, Kim JS, Voss MW, VanPatter M, et al. A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research* [Internet]. 2010; 1358:172-83. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006899310018317>
43. Haapala E. Physical Activity, Academic Performance and Cognition in Children and Adolescents. A Systematic Review. *Baltic Journal of Health and Physical Activity* [Internet]. 2012;4(1). [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://bjhpa.journalstube.com/view/abstract/id/10402>
44. Hillman CH, Kamijo K, Scudder M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine* [Internet]. 2011;52: 21-8. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091743511000521>
45. Kamijo K, Pontifex MB, O'Leary KC, Scudder MR, Wu C-T, Castelli DM, et al. The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science* [Internet]. 2011;14(5):1046-58.

- [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>
46. Booth JN, Tomporowski P, Boyle JM, Ness AR, Joinson C, Leary SD. Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Mental Health and Physical Activity* [Internet]. 2013; 6(3):212-9. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755296613000501>
47. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.* [Internet]. 2016;48(6):1197-222. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [10.1249/MSS.0000000000000901](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901)
48. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, Khan NA, Raine LB, Scudder MR, et al. Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics* [Internet]. 2014;134(4):1063-71. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: [http:// 10.1542/peds.2013-3219](http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-3219)
49. Ma J k., Gurd B j., Mare L l. Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9- to 11-year olds. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2015;40(3):238-44. [Consultado 20 de enero de 2021] Disponible en: <http://ez.urosario.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselc&AN=edselc.2-52.0-84924291820&lang=es&site=eds-live&scope=site>
50. Aadland NK, Ommundsen Y, Anderssen SA, Brønnick KS ag, Moe VF, Resaland GK are, et al. Effects of the Active Smarter Kids (ASK) Physical Activity School-based Intervention on Executive Functions: A Cluster-Randomized Controlled Trial. *Scandinavian Journal of Educational Research.* [Internet]. 2019;63(2):214-28. [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00313831.2017.1336477>

51. Wassenaar TM, Wheatley CM, Beale N, Salvan P, Meaney A, Possee JB, et al. Effects of a programme of vigorous physical activity during secondary school physical education on academic performance, fitness, cognition, mental health and the brain of adolescents (Fit to Study): study protocol for a cluster-randomised trial. *Trials*. [Internet]. 2019;20(1):189. [Consultado 20 de enero de 2021]. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3279-6>
52. Molina J, Garrido JC, Martínez-Martínez FD. Gestión del tiempo de práctica motriz en las sesiones de educación física en educación primaria. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte* [Internet]. 2017 ;12(1):129-129-38. [Consultado 20 de enero de 2021]. [https:// Disponible en: http://www.webs.ulpgc.es/riped/docs/20170113.pdf](https://www.webs.ulpgc.es/riped/docs/20170113.pdf)
53. Gallo LE, Urrego L. Estado de conocimiento de la Educación Física en la investigación educativa. *PE* [Internet]. 2015;37(150). [Consultado 20 de enero de 2021]. Disponible en: http://perfileseducativos.unam.mx/iisue_pe/index.php/perfiles/article/view/5317