

Efectos del ejercicio físico sobre el control inhibitorio y la atención selectiva en estudiantes activos de la Universidad Florencio del Castillo, Cartago, Costa Rica, durante el primer semestre de 2022

Effects of physical exercise on inhibitory control and selective attention in active students of the Florencio del Castillo University, Cartago, Costa Rica, during the first semester of 2022.

AUTORES

M.Sc. Jimmy Rojas-Quirós
Universidad Florencio del Castillo (UCA)
Orcid 0000-0001-9040-1817
jrojas@uca.ac.cr

Bach. Sebastián Zúñiga-Coto
Universidad Florencio del Castillo (UCA)

Resumen

El ejercicio físico no se limita solamente al desarrollo de cualidades físicas, por medio de acciones motrices específicas, sino también que puede influir de diversas maneras en la socialización, la toma de decisiones, la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio y otras áreas cognitivas del ser humano. El objetivo de esta investigación fue analizar los efectos del ejercicio físico sobre el control inhibitorio y la atención selectiva en estudiantes activos de la Universidad Florencio del Castillo, Cartago, Costa Rica, durante el primer semestre de 2022. Se realizó un estudio cuasiexperimental, con tres grupos de estudiantes universitarios, un grupo de control y dos grupos experimentales; un grupo basó su tratamiento en ejercicios multicomponente, mientras que el otro grupo experimental realizó ejercicios con estímulos cognitivos; a los tres grupos se aplicó un *pretest* (ensayo previo) y un *postest* para evaluar el control inhibitorio y la atención selectiva de los participantes. Se encontraron efectos significativos de las mediciones ($F=6.534$; sig. 0,004) sobre el promedio de Palabras (P), en la prueba de Colores (C) ($F=6.673$; sig. 0,004) y en la prueba de Palabra – Color (PC) ($F=5.885$; sig. 0,006), de los grupos de estudiantes universitarios que fueron sometidos a ejercicio. Se concluye que el ejercicio con estímulos cognitivos presenta efectos positivos sobre el control inhibitorio y la atención selectiva, mientras que el ejercicio físico multicomponente evidencia efectos sobre la atención selectiva.

Términos claves

Estudiante universitario, Cerebro, Cognición, Educación Física, Salud.

Abstrac

Physical exercise is not only limited to the development of physical qualities through specific motor actions, but can also influence socialization, decision making, cognitive flexibility, inhibitory control, and other cognitive areas of the body in various ways human being. The objective of this research was to analyze the effects of physical exercise on inhibitory control and selective attention in active students of the Florencio del Castillo University, Cartago, Costa Rica, during the first semester of 2022. A study was carried out quasi-experimental, with three groups of university students, a control group and two experimental groups, one group based its treatment on multicomponent exercises, while the other experimental group performed exercises with cognitive stimuli, a pre-test was applied to the three groups (pre-test) and a post-test to assess the inhibitory control and selective attention of the participants. Significant effects of the measurements ($F=6.534$; sig. 0.004) were found on the average of Words (P), in the Colors test (C) ($F=6.673$; sig. 0.004) and in the Word test – Color (PC) ($F=5.885$; sig. 0.006), of the groups of university students who were subjected to exercise. It is concluded that exercise with cognitive stimuli has positive effects on inhibitory control and selective attention, while multicomponent physical exercise shows effects on selective attention.

KEYWORS

University students, Brain, Cognition, Physical Education, Health.

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas científicas que ha revolucionado las metodologías de enseñanza en la educación física y en el deporte en general son las neurociencias, las cuales generan nuevos conocimientos, que, aplicados en los procesos de formación en las clases de educación física, en los entrenamientos deportivos o incluso en las sesiones de actividades recreativas, pueden, al menos así ha sido planteado por diversos estudios, mejorar las capacidades de rendimiento para la vida y claro está en la performance deportiva (Gil Vega, 2020; Guillen, 2018; Medina-Cascales, 2017; Climent et al. 2014).

Desde las neurociencias cognitivas, aspectos como la motivación, la atención, la estimulación de las funciones ejecutivas, entre otros, tienen un papel fundamental en el establecimiento de sesiones de trabajo efectivas, que impactan de forma significativa al estudiantado. La educación física es una plataforma que bien utilizada puede potenciar el desarrollo de clases neurocognitivas con múltiples beneficios para sus participantes; la experiencia empírica evidencia que, en su gran mayoría, las personas participantes de las clases de educación física y del deporte, ya se encuentran motivadas, emocionalmente estimuladas por su práctica: es la oportunidad perfecta de quienes forman para trabajar el aprendizaje, junto con la estimulación neurológica y, por ende, obtener ganancias en los diferentes dominios de la vida de estas personas.

Estas relaciones entre el cerebro y el sistema músculo esquelético han sido estudiadas por diversos autores, quienes buscan comprender cómo la educación física y el deporte tienen efectos importantes en la morfología y funcionalidad cerebral; los avances tecnológicos han permitido descubrir qué sucede en nuestro cerebro, al correr, leer, saltar, ejecutar acciones cognitivas. (Todos estos avances permiten a las personas profesionales incrementar la potencialidad de impacto de los programas físicos que implementan).

Las funciones ejecutivas cerebrales (FEC) son esenciales en los procesos cognitivos, tanto para un adecuado rendimiento académico como para un desenvolvimiento eficaz en la vida diaria; a esto, se le suman las mejoras en las capacidades de atención, que, sin duda, fortalecen las capacidades del ser humano para su desarrollo personal, académico y profesional.

Se ha evidenciado cómo una sola sesión de ejercicio físico en la clase de educación física, puede tener efectos positivos sobre el rendimiento cognitivo de niños, niñas y adolescentes: por ejemplo, en la velocidad de procesamiento de la información y la atención selectiva; sin embargo, no existe claridad aún de si el ejercicio aeróbico, de coordinación o de fuerza, tendrá mayor beneficio cognitivo sobre los otros tipos de ejercicio (Van den Berg, Saliassi, de Groot, Jolles, Chinapaw y Singh, 2016).

Estudios como el de Tsukamoto et al. (2016) mostraron cómo, con solo una sesión de entrenamiento de alta intensidad (HIIT), se logra mejoras en el control inhibitorio; iguales resultados encuentran Browne et al. (2016) en su estudio, en donde se aplica una sesión de entrenamiento aeróbico semanal, contrario a los resultados de Weng et al. (2015), quienes también aplican solo una sesión de ejercicio aeróbico a la semana; pero no encuentran efectos positivos en el control inhibitorio.

Un programa de ejercicio físico aeróbico y otro de ejercicio físico con estimulación cognitiva, con una carga de 75 minutos por sesión, dos veces por semana, durante 20 semanas en adultos mayores, mejoraron el control inhibitorio al evaluarse con el test de Stroop ($F=36,08$; $p<0,001$) (Reigal y Hernández-Mendo, 2014); estos resultados son compatibles con los obtenidos por Nouchi et al. (2012) quien aplicó la combinación de ejercicio aeróbico y de fuerza, mejorando el rendimiento de la inhibición de la interferencia evaluada con el test de Stroop en adultos sanos.

Por otra parte, Chang et al. (2014), en su estudio al grupo experimental, le aplicaron una sola sesión semanal de trabajo de resistencia, mostrando efectos positivos en el control inhibitorio, medido con el test de Stroop ($p<0,001$), en comparación al grupo de control. Resultados muy parecidos a los obtenidos por Byun et al. (2014), cuyo tratamiento consistió en una sesión de 10 minutos de trabajo aeróbico, al 30 % del VO_2 máx., mejorando el control inhibitorio, medido con el test de Stroop a 25 sujetos jóvenes.

Otro estudio, en estudiantes de secundaria: un grupo de docentes de educación física adicionaron diez minutos de actividad física vigorosa a sus lecciones por un año académico: evidenciaron efectos importantes sobre el rendimiento académico, la condición física, la cognición, la salud mental y la morfología del cerebro en los adolescentes (Wassenaar et al., 2019). Tomando en cuenta que la etapa de la adolescencia es un periodo dinámico de muchos cambios neurobiológicos y fisiológicos, demostraron que la actividad física regular y el mejoramiento de la capacidad aeróbica son un estímulo potente para los cambios en el cerebro y mejoras en las funciones cognitivas.

Desde una perspectiva deportiva, el que se determine esta relación entre las funciones cognitivas de la persona deportista y los niveles de intensidad del ejercicio, respecto del nivel de fatiga del deportista, es sumamente importante: ello permitirá el análisis de la eficiencia en la toma de decisiones en momentos claves de la competición; por ejemplo, al final de un partido de fútbol, o en momentos de mucha intensidad en un partido de tenis de campo; si se logra mejorar estas respuestas cognitivas en altas intensidades en el entrenamiento, las decisiones que se pueden tomar en competencia podrán mejorar su eficiencia. Sin embargo, en concordancia con el modelo de la U invertida, esa relación cognición – alta intensidad no sería muy efectiva (Smith et al., 2016), lo que invita a desarrollar mayor investigación en estas líneas de acción.

Este proyecto de investigación pretende comparar la intervención del ejercicio físico, por medio de dos modelos de aplicación: ejercicio multicomponente y ejercicio con estimulación cognitiva, con base en el análisis de los efectos sobre uno de los componentes de las FEC como es el control inhibitorio y, por otra parte, uno de los aspectos esenciales para el mejoramiento cognitivo como es la atención selectiva en personas estudiantes universitarias. Por lo anterior, se cuestiona como eje central de investigación: ¿cuál es el efecto del ejercicio físico sobre el control inhibitorio y la atención selectiva en estudiantes activos de la Universidad Florencio del Castillo, Cartago, Costa Rica, durante el primer semestre de 2022?

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo. Este permite medir las variables en determinado contexto y analizar las mediciones obtenidas, sobre la base de métodos estadísticos, donde se podrá responder a las hipótesis planteadas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). El estudio responde a un diseño experimental, específicamente a una investigación de tipo cuasiexperimental.

Para el desarrollo de la investigación, se trabajó con tres grupos, un grupo de control y dos grupos experimentales; la población de estudio está conformada por las personas estudiantes activas de la Universidad Florencio del Castillo (UCA), sede central; el grupo de control, conformado por estudiantes que matricularon cursos teóricos y los grupos experimentales pertenecientes a cursos deportivos de la carrera de Educación Física. El tipo de muestreo aplicado es por conveniencia: "estas muestras están formadas por los casos disponibles a los cuales el investigador(a) tiene acceso" (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, citado por Vega, 2020, p. 59). Como consecuencia, se hará partícipe de la investigación a las personas estudiantes matriculadas en cursos teóricos y deportivos, del II cuatrimestre de 2022, quienes participan en la investigación de manera voluntaria ¹.

Del grupo de estudiantes seleccionado para el estudio, se conformarán tres grupos, un grupo de control y dos grupos experimentales; a los tres grupos se les aplicó el instrumento al inicio del estudio y al final de este (pre y postest); mientras tanto, a los grupos experimentales se les aplicó un tratamiento específico, el cual consiste en: Grupo experimental 1: el tratamiento se basará en la aplicación del ejercicio físico con estímulos cognitivos. Grupo experimental 2: su tratamiento se basará en ejercicio físico multicomponente.

Una vez aplicada la medición inicial a todos los grupos (pretest), se procedió a iniciar con la aplicación de los tratamientos respectivos: para ambos grupos, consistió en la ejecución de ejercicio físico en una sesión semanal, durante 5 semanas, para finalizar en la sexta semana con la aplicación del postest. Al grupo experimental 1 se le aplicaron ejercicios relacionados al baloncesto, de forma lúdica, ligados a la toma de decisiones, velocidad de reacción, planificación y otra serie de estímulos cognitivos que inciten las FEC. El grupo experimental 2, durante 5 semanas, fueron sometidos a ejercicios propios del balonmano, donde se incluyeron ejercicios de resistencia, fuerza, flexibilidad, coordinación y agilidad, como parte de las sesiones de trabajo; mientras que el grupo de control no ejecutaron ejercicio físico y pertenecían a cursos de la universidad de modalidad teórica.

Dentro de las variables del estudio, se encuentra el ejercicio físico como variable independiente, comprendiéndolo como la aplicación de la actividad física planificada, repetitiva y dosificada, que tiene como objetivo la mejoría de los componentes de la aptitud física y motriz (Devís, 2000). Por otra parte, las variables dependientes son el control inhibitorio y la atención selectiva; el primero, comprendido como la habilidad que permite controlar la atención, el comportamiento, los pensamientos o las emociones, para superar una fuerte predisposición interna o atracción externa y, en cambio, hacer lo que sea más apropiado o necesario (Diamond, 2013); después, la atención selectiva es aquella capacidad de la persona para concentrarse en una actividad, respondiendo de forma selectiva a un estímulo, que se acciona en relación a sus órganos receptores (Alarcón, 2021).

¹ Como consta en los formularios de consentimiento informado completados por cada una de las personas participantes.

i. Técnicas de recopilación de datos.

Para efectos de medición de las variables, se aplicará a los grupos un pretest y un postest, aplicando el Test de Stroop (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, 2020) para la medición del control inhibitorio y la atención selectiva; por su parte, para el control de la variable independiente, las sesiones de trabajo se planificarán con base en el modelo de prescripción del ejercicio del American College of Sports Medicine (ACSM, 2018).

Test de Stroop

En el test de Stroop, se utilizan tres colores (verde, rojo y azul). En la condición de no interferencia (P), los estímulos son palabras de color; pero impresas en tinta negra; mientras tanto, en la condición control (C), los estímulos no tienen significado, ya que se presentan una serie de "Xs" en tinta de color verde, rojo o azul. En la condición de interferencia (PC), las palabras de color están impresas en otro color al que denotan. Cada lámina consta de 20 elementos distribuidos en 5 columnas. La medida que se registra es el número de palabras que nombra el sujeto; para cada condición, el tiempo límite es de 45 segundos.

El propio sujeto rodeará con un círculo la última palabra que ha leído, y el examinador pondrá un 1 dentro de dicho círculo. En el caso de que termine el tiempo límite, se rodeará igualmente la última palabra leída. En esta prueba, se obtienen tres puntuaciones principales: P, que es el número de palabras leídas en la condición de no interferencia; C, es el número de elementos realizados en la condición control y PC, es el número de elementos realizados en la condición de interferencia.

Además, se debe calcular el efecto de interferencia que determina la capacidad de control inhibitorio de la persona; para ello, el resultado se obtiene al multiplicar la cantidad de palabras leídas en la primera prueba por el de colores de la segunda, todo ello dividido por la suma de estos dos valores.

La fiabilidad del Stroop es consistente en las diversas versiones existentes, Jensen (1965) utilizando el método *test-retest* obtuvo índices de 0,88, 0,79 y 0,71 para las tres puntuaciones directas, mientras que Golden (1975) obtuvo valores de 0,89, 0,84 y 0,73.

ii. Técnicas de análisis de datos.

Una vez recolectada la información, se procederá al análisis, en donde se obtendrá, primero, una estadística descriptiva de los datos obtenidos de la muestra (medias y desviaciones típicas), que describan el comportamiento de estas frente a las variables analizadas; luego de ello, se realizará análisis de varianza de medidas repetidas, a fin de generar la comparación entre grupos (3 niveles) y entre mediciones (2 niveles), con sus respectivos análisis post hoc, para identificar subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí. Para ello, se utilizará el software estadístico SPSS, versión 18 para Windows.

RESULTADOS

Para esta investigación, la muestra se compone de $n = 37$ sujetos, todos estudiantes universitarios, distribuidos en tres grupos, a saber: dos grupos experimentales y un grupo de control; del total de la muestra, el 78.40 % ($f_i=29$) son hombres y un 21.60 % ($f_i=8$) son mujeres. En la tabla 1, se grafica la distribución de la muestra en los tres grupos mencionados.

Tabla 1
Distribución de la muestra en los tres grupos del proyecto de investigación

Grupo	fi	%
Experimental 1 (ejercicio con estímulos cognitivos)	17	45.90
Experimental 2 (ejercicios multicomponente)	10	27.00
Control	10	27.00
Total	37	100.00

fi= frecuencia; %= Porcentaje

Al aplicar el test de Colores y Palabras para valorar la atención selectiva y de control inhibitorio, se obtiene, en cuanto a la capacidad de atención selectiva para indicar las Palabras, que el grupo con mayor mejora en este aspecto, entre pretest y postest, es el grupo experimental 1, que desarrolla ejercicios con estimulaciones cognitivas; sin embargo, el grupo que inicia en su pretest con un alto puntaje en este apartado es el que desarrolló los ejercicios multicomponentes (experimental 2), (tabla 2).

Tabla 2
Puntajes obtenidos en el test de Stroop para cada uno de los grupos del proyecto

Grupo	Experimental 1 (Ejercicio con estímulos cognitivos)		Experimental 2 (Ejercicio multicomponente)		Control	
	n=17		n=10		n=10	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Palabra	89.12 ±12.54	98.47 ±4.25	97.00 ±4.00	99.10 ±2.84	90.40 ±8.15	88.70 ±7.90
Color	74.41 ±12.72	81.12 ±11.70	76.30 ±8.30	80.70 ±9.55	60.20 ±18.22	59.30 ±16.78
Palabra-Color	48.06 ±12.49	54.88 ±12.81	45.20 ±7.78	51.50 ±8.11	39.70 ±7.24	39.50 ±7.56

n= muestra; Pre= Pretest; Post = Posttest; ± = Desviación estándar

En cuanto a la prueba del color (C), nuevamente el grupo experimental 1, quienes fueron sometidos a ejercicios con estímulos cognitivos, es el grupo que muestra un mayor aumento de su puntaje, entre el *pretest* y *postest* en un 9.10 %; entretanto, el grupo de control que no fue sometido a ningún tipo de tratamiento, disminuye en promedio un 1.49 % el puntaje obtenido en el *pretest*.

Por otra parte, en la medición de Palabra – Color (PC), en donde la palabra se designa de un color diferente al que expresa, para que, así, el sujeto tenga que inhibir la respuesta automática de la lectura, en pos de poder designar correctamente el color con el que están escritas las palabras: ambos grupos experimentales muestran mejoras por encima del 13 %, donde el grupo experimental 1 muestra un mayor porcentaje de ganancia (14.19 %) en el *posttest*, en el que nuevamente el grupo control no presenta cambios significativos.

En cuanto al efecto de interferencia, donde la persona inhibe correctamente la respuesta en la sección de PC, se consideran valores positivos aquellos que sean superiores a 0, lo que indica una adecuada capacidad de control inhibitorio; contrariamente, valores negativos evidencian problemas significativos de interferencia.

En el caso de los grupos de estudio, a pesar de que el grupo experimental 1 logra en el *posttest* el efecto de interferencia más alto (10.53), no es el grupo con mejor porcentaje de mejora en este aspecto, ya que el grupo experimental 2 logra una mejora porcentual del 177 % con respecto al puntaje obtenido en el *pretest*, en comparación al 33.65 % de mejora del grupo 1. Debe destacarse que el grupo uno se inicia con un puntaje de efecto de interferencia muy alto (7.82), que, incluso, es mayor al puntaje obtenido por el grupo experimental 2 en su *posttest* (7.12) y superior al grupo de control; este último, por su parte, solo mejora un 6.55 % con respecto al *pretest* (Tabla 3).

Tabla 3
Efecto de interferencia en cada uno de los grupos del proyecto en el *pretest* y *posttest*

Grupo	Experimental 1 (Ejercicio con estímulos cognitivos)		Experimental 2 (Ejercicio multicomponente)		Control	
	n=17		n=10		n=10	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Efecto Interferencia (PC)	7.82 ±9.46	10.53 ±10.13	2.57 ±5.88	7.12 ±6.45	4.58 ±6.27	4.88 ±6.02

n = muestra; Pre = *Pretest*; Post = *Posttest*; ± = *Desviación estándar*

Con base en los promedios obtenidos por el grupo experimental 1 en la P, C y PC (tabla 2), se genera el análisis comparativo de los promedios obtenidos entre el *pretest* y *posttest* para este grupo; se encontró diferencias significativas ($t = -3.41$; sig. 0,004), entre las mediciones de Palabra; diferencias estadísticamente significativas ($t = -5.91$; sig. <0,001) entre las mediciones de Color, y también diferencias significativas entre las mediciones de Palabra – Color ($t = -6.76$; sig. <0,001). Ello demuestra no solo mejoras en la atención selectiva, como también en el control inhibitorio por parte del grupo experimental 1, luego de la aplicación del tratamiento basado en la ejecución de ejercicios con estímulos cognitivos.

La magnitud del aumento en la atención sostenida, entre la primera y la segunda mediciones, fue de 10.49 % (P) y 9.01 % (C); mientras tanto, la magnitud del aumento de cambio en el control inhibitorio entre las mediciones fue de 14.19 % (C).

Generando el mismo análisis en el grupo experimental 2, no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre el *pretest* y *posttest*, en la medición de atención selectiva en P ($t = -2.09$; sig. 0,066) y C ($t = -1.77$; sig. 0,109); pero sí existe diferencia estadísticamente significativa en los promedios del *pretest* y *posttest* al medir el control inhibitorio (PC) ($t = -2.27$; sig. 0,049), en donde la magnitud de cambio fue del 13.93 %.

Por último, en el grupo de Control, no se evidenció ninguna diferencia estadísticamente significativa en la atención selectiva, P ($t = 2.19$; sig. 0,056) y C ($t = 1.53$; sig. 0,159) entre *pretest* y *posttest*; ni para el control inhibitorio PC ($t = .40$; sig. 0,693), entre las dos mediciones.

Para determinar el tamaño del efecto entre los grupos, se ejecutó un análisis de varianza, para determinar la comparación entre ellos; primero, valorando la atención selectiva en las pruebas de Palabras (P) (gráfico 1) y Color (C) (gráfico 2), para continuar con el análisis del Control Inhibitorio con la prueba de Palabra – Color (PC) (gráfico 3).

En lo referente a la medición de la cantidad de palabras identificadas por los participantes como parte de la atención selectiva, se encontró efectos significativos de las mediciones ($F = 6.534$; sig. 0,004), sobre el promedio de palabras máximas indicadas en el test de Stroop, de los grupos de estudiantes universitarios que fueron evaluados (Gráfico 1).

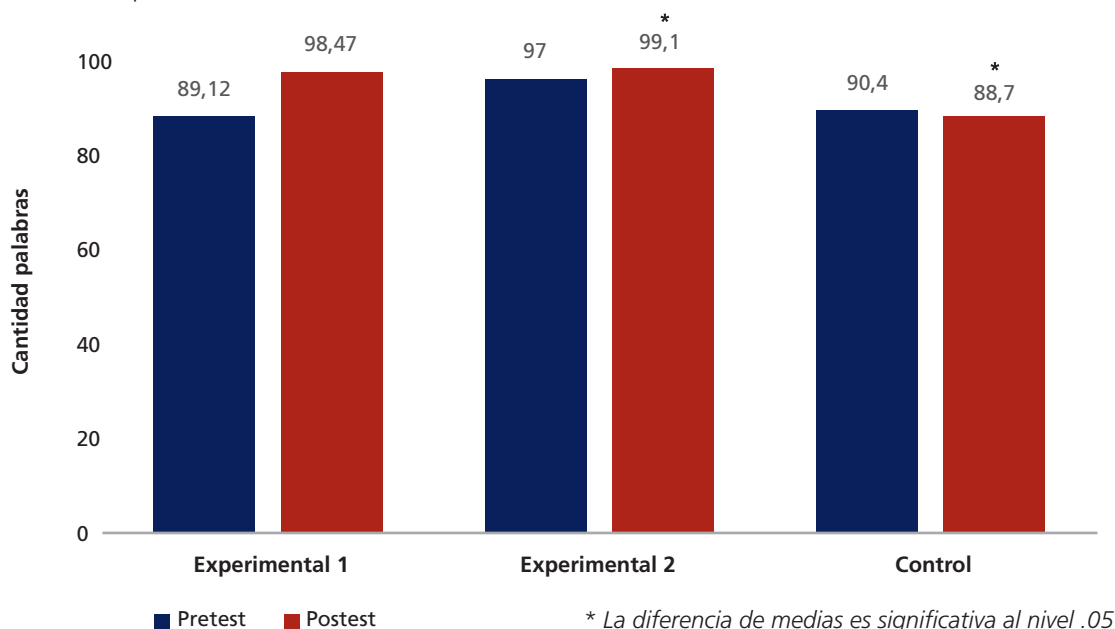


Gráfico 1
Comparación del promedio de palabras (P) indicadas por cada uno de los grupos en el test de Stroop, en estudiantes de la Universidad Florencio del Castillo (UCA).

En la tabla 5 y el gráfico 4, se ilustran los resultados más relevantes de este análisis. Tal y como se aprecia en la tabla y el gráfico mencionados, según lo encontrado con el análisis *post hoc* (ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni), hay diferencias en la cantidad de palabras indicadas entre el grupo experimental 2 y el grupo control; pero no entre el grupo experimental 1 con sus pares; esto obedece, al parecer, a que la implementación del ejercicio es una adecuada herramienta para el mejoramiento de la atención selectiva.

Por otra parte, siempre en la atención selectiva, se evalúa la capacidad de determinar los colores (C): se encontró efectos significativos de las mediciones ($F=6.673$; sig. 0,004), sobre el promedio de colores máximos indicadas en el test de Stroop, de los grupos de estudiantes universitarios que fueron evaluados (Gráfico 2).

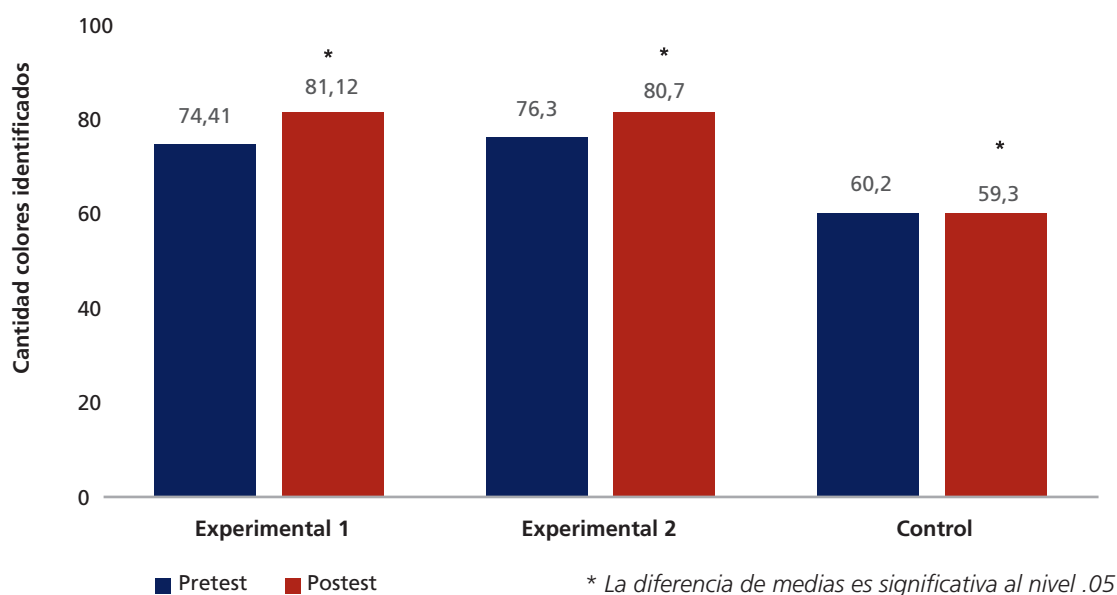


Gráfico 2
Comparación del promedio de colores (C) indicados por cada uno de los grupos en el test de Stroop, en estudiantes de la Universidad Florencio del Castillo (UCA).

Como se evidencia en la tabla 6 y el gráfico 5, según lo encontrado con el análisis *post hoc* con el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni, hay diferencias significativas entre los grupos experimental 1 y 2 con el grupo control; pero no entre grupos experimentales.

Por último, el control inhibitorio se midió mediante la prueba de Palabra – Color (PC): se encontró efectos significativos de las mediciones ($F=5.885$; sig. 0,006), sobre el promedio de palabras máximas indicadas en el test de Stroop, de los grupos de estudiantes universitarios que fueron evaluados (Gráfico 3).

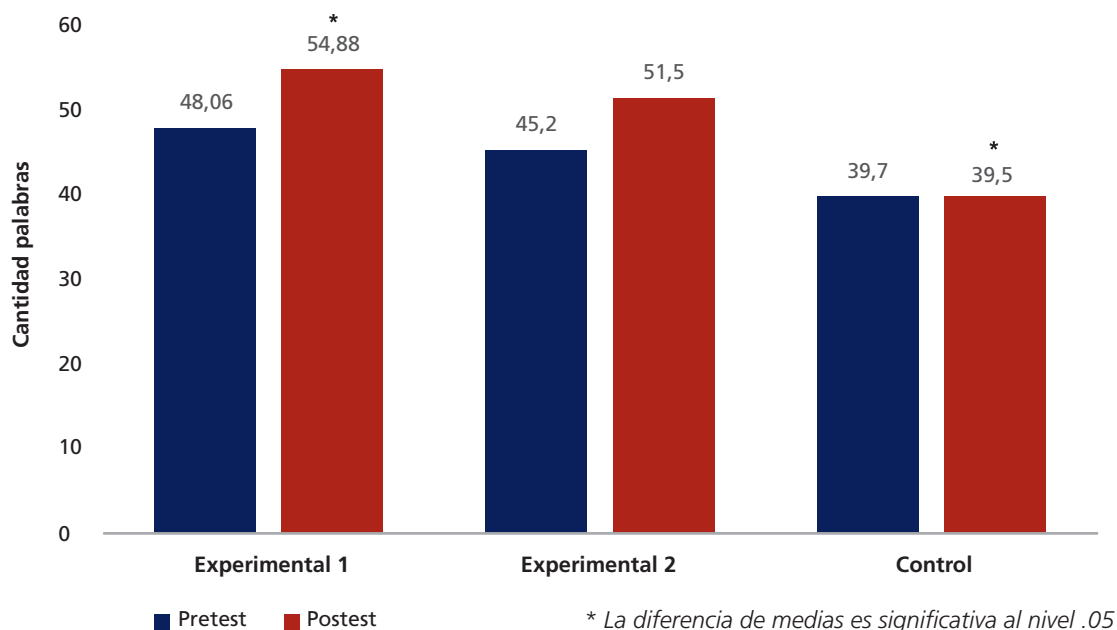


Gráfico 3
Comparación del promedio de palabras - color (PC) indicadas por cada uno de los grupos en el test de Stroop, en estudiantes de la Universidad Florencio del Castillo (UCA).

Como se aprecia en la tabla 7 y el gráfico 6, según lo encontrado con el análisis *post hoc* (Bonferroni), hay diferencias significativas entre el grupo experimental 1 y el grupo de control, al mostrar cómo los ejercicios con estímulos cognitivos presentan beneficios a sus participantes, en cuanto a las mejoras de la capacidad de control inhibitorio, por encima de la aplicación de ejercicios multicomponentes.

Un último análisis realizado en esta investigación es la diferencia entre sexos: en ninguno de los análisis ejecutados se encuentra diferencias estadísticamente significativas entre los hombres y mujeres participantes en este estudio, indistintamente al grupo al que pertenecieran (experimental 1, experimental 2 o control), lo que evidencia que la atención selectiva y el control inhibitorio es similar entre hombres y mujeres.

DISCUSIÓN

Para Climent et al. (2014), las funciones ejecutivas engloban un amplio conjunto de funciones de autorregulación, que permiten el control, organización y coordinación de otras funciones cognitivas, respuestas emocionales y comportamientos; con base en esta definición, se evidencia cómo las FEC tienen una participación directa en la conducta de la persona; por otra parte, para Guillén (2018), las FEC son las funciones cognitivas complejas que diferencian al ser humano de otras especies, las que permiten planificar, tomar decisiones adecuadas, imprescindibles para un buen desarrollo de la vida cotidiana y el

rendimiento académico, a lo que se deberá agregar el rendimiento deportivo; para Guillén (2018) existen tres FEC, el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.

Para Chaddock et al. (2010), los beneficios neurocognitivos de un estilo de vida activo en la infancia tienen una importancia para la salud pública y las implicaciones educativas; incluso, la evidencia sugiere que los altos niveles de aptitud aeróbica se asocian con un aumento del volumen del hipocampo y rendimiento superior de la memoria; por lo tanto, un estilo de vida sedentario influye negativamente en la función neurocognitiva y rendimiento académico; en un estudio con niños de 9 y 10 años en buena forma física, se evidenció un control ejecutivo más fuerte y uso flexible de la memoria, por medio de interacciones prefrontal-hipocampal (Chaddock et al, 2010).

Aplicando el ejercicio físico desde las neurociencias, se ha llegado a evidenciar cómo estudiantes de bajo rendimiento académico luego de distintas sesiones, presentan una mejora en la evocación de la memoria operativa visual y en su capacidad intelectual, al dejar ver que el entrenamiento físico puede tener efectos significativos sobre los resultados académicos (Montoya-Arenas, Bustamante, Díaz, A. Pineda, 2020).

Esta práctica física debe enlazarse con la emotividad, la diversión y disfrute de aquella persona que lo realiza: se ha demostrado cómo con un trabajo físico bien planificado puede beneficiar el desarrollo y adquisición de habilidades matemáticas o habilidades numéricas de los participantes (Cueli, Areces, García, Alves, González, 2020).

Otros estudios enfatizan el uso de la actividad física como mecanismo para la adquisición de nuevos aprendizajes, pues demuestra que aquellos estudiantes con un rendimiento académico alto presentaban mayores niveles de actividad física que sus pares, mostrando una mejor fluidez verbal y flexibilidad cognitiva (Jiménez, Broche, Hernández-Caro, Díaz, 2019).

Ya son varios los estudios que han evidenciado que implementar programas de ejercicio aeróbico en las escuelas, puede conducir a mejoras en el rendimiento cognitivo, especialmente en la atención y las funciones ejecutivas cerebrales (Álvarez-Bueno et. al, 2017; Tomporowski, McCullick, Pendleton y Pesce, 2015). También se muestra cómo los ejercicios coordinativos pueden mejorar la atención selectiva; esto, por la activación de redes neuronales cognitivas, relacionadas, especialmente, en los lóbulos frontales (corteza prefrontal) y el cerebelo (Budde et al., 2008; Gallotta et al., 2012). Diversos estudios de Neuroimaging han evidenciado que el volumen del hipocampo es más grande en personas físicamente activas: esto puede mediar en la relación entre los niveles de actividad física y los resultados de la memoria (Wassenaar et al., 2019).

Por otra parte, se han analizado los efectos de un programa de entrenamiento de cuatro semanas en intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre la aptitud física y las funciones ejecutivas: ello comprobó que el entrenamiento HIIT tiene efectos positivos sobre una función ejecutiva central, como la memoria de trabajo, además de los componentes de la aptitud física, como la resistencia cardiorrespiratoria y la resistencia muscular (Nobuaki, Noriteru, Kenji y Satoshi, 2019).

Se considera que existen diferentes mecanismos neurobiológicos que explican los efectos agudos del ejercicio sobre el funcionamiento cognitivo: el primero de ellos es el aumento del flujo sanguíneo al cerebro, al elevar así la captación de oxígeno; también, se considera que el ejercicio aumenta los factores neurotróficos, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF en sus siglas en inglés), la hormona de crecimiento (GH) y el factor de crecimiento similar a la insulina-1; otra de las razones son los aumentos en el cerebro de neurotransmisores, como la dopamina, la norepinefrina y la serotonina, lo que implica la activación del sistema nervioso autónomo y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal (Van den Berg, Saliasi, de Groot, Jolles, Chinapaw y Singh, 2016; Takehara et al., 2019).

Existen evidencias claras de que la intervención del ejercicio físico tiene efectos significativos positivos sobre las FEC, como los estudios de Alesi et al. (2016), Kamijo et al. (2011), Pesce et al. (2016), Pirrie y Lodewyk (2012) y Ramos, Ramos, Browne, da Silva, Sales, do Santos y Grubert (2017). Estos investigadores trabajaron con prácticas de actividad física aeróbica de intensidades de moderadas a vigorosas, a actividades con implicaciones cognitivas. Aquellos investigadores demostraron mejoras en sus grupos experimentales en la Memoria de Trabajo, en los niveles de planificación, en la inhibición cognitiva y en las FEC en general.

Como se ha descrito a lo largo de este documento, la realización de ejercicio físico, practicado de forma aguda o crónica, tiene efectos importantes en las funciones neuropsicológicas, donde un mejor estado de condición física influye en la atención y las FEC, gracias a la activación cerebral, el incremento de dendritas neuronales, la mejora del riego sanguíneo, la neurogénesis, el aumento de glías y neurotransmisores cerebrales (Rosa, García y Martínez, 2020).

Lo anterior se denota en los resultados de esta investigación, ya que al observar mejoras significativas en los niveles de atención en las pruebas de Palabras y Colores en el test de Stroop, se puede evidenciar cómo los grupos que tienen mejoramientos en este punto son los que se vieron sometidos a sesiones de práctica física y no así el grupo de control (tabla 3), lo que concuerda con las investigaciones analizadas.

Las investigaciones demuestran que el ejercicio físico aumenta la secreción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), el cual, como factor de crecimiento al igual que el insulin-like growth factor-1 (IGF-1), mejora la supervivencia de las neuronas, al aumentar la neurogénesis que favorece la transmisión sináptica y la sinaptogénesis (Atenas y Toro, 2018). A pesar de que en esta investigación no se evidencian estos valores en los sujetos de estudio, se pueden relacionar estos datos con que en la prueba del color (C) el grupo experimental 1, quienes fueron sometidos a ejercicios con estímulos cognitivos, es el grupo que muestra un mayor aumento de su puntaje entre el *pretest* y *posttest* (9.10 %) y que el grupo de control, que no fue sometido a ningún tipo de tratamiento físico, más bien disminuye su promedio (1.49 %), y se evidencia, posiblemente, la participación del ejercicio físico como un modelador de las funciones cerebrales.

En varios estudios recientes, el ejercicio aeróbico es el que mayor reporte de efectos positivos en la morfología y funcionalidad del cerebro ha presentado (plasticidad neuronal y neurogénesis), debido al aumento de neurotransmisores, al aumento del flujo sanguíneo cerebral, que acrecienta la vascularización de las regiones cerebrales (Atenas y Toro, 2018).

Ahora bien, son menos, pero ya se están generando estudios de investigación, en donde se denotan estas mejoras con otros tipos de ejercicios (contra resistencia, flexibilidad, coordinación, ...); como bien lo expresan Van den Berg et al. (2016), no existe claridad aún de si el ejercicio aeróbico, de coordinación o de fuerza, tendrá mayor beneficio cognitivo sobre los otros tipos de ejercicio: he ahí la importancia de este tipo de estudios para ampliar la evidencia científica, que fortalezca las nuevas teorías sobre el desarrollo neurológico relacionado al ejercicio físico.

En ese sentido, precisamente, el grupo experimental 1 de esta investigación, el cual fue sometido a ejercicios con estímulos cognitivos, gracias a los resultados obtenidos, fortalece aún más la necesidad de ampliar esta evidencia científica, con aumentos de un 9.10 % de atención selectiva, un 14.19 % de control inhibitorio y un 33.65 % de mejoras en el efecto de interferencia, que concuerdan con los resultados de los estudios de Tsukamoto et al. (2016) y Browne et al. (2016); evidencian cómo otros tipos de ejercicios, no solo los de corte aeróbico, pueden producir efectos positivos y neurofisiológicos importantes.

Las mejoras en la atención selectiva, como también en el control inhibitorio por parte del grupo experimental 1 (ejercicio con estímulos cognitivos), así como las mejoras del grupo experimental 2, luego de la aplicación del tratamiento, confirman que el control inhibitorio está estrechamente relacionado con el funcionamiento del lóbulo frontal, al mejorar las habilidades inhibitorias en participantes que realizan ejercicio, principalmente, en tareas ejecutivas más exigentes y relacionadas con memoria de trabajo (Atenas y Toro, 2018).

CONCLUSIÓN

Por lo tanto, dando respuesta a la pregunta de investigación de este trabajo, se puede concluir que el ejercicio físico con estímulos cognitivos y el ejercicio físico multicomponente tienen efectos positivos sobre el control inhibitorio y la atención selectiva de los estudiantes activos de la Universidad Florencio del Castillo, Cartago, Costa Rica, durante el primer semestre de 2022. Siendo aún más altas las ganancias en aquellos sujetos que realizaron ejercicios físicos con estímulos cognitivos (Grupo experimental 1), en comparación a la otra metodología de ejercicios.

Se evidencia que el no practicar ejercicios físicos (grupo de control) trae consigo efectos negativos y disminución de sus capacidades funcionales cerebrales, al disminuir 1.49 % el promedio en atención selectiva (C); además, no se evidenció ninguna diferencia estadísticamente significativa en la atención selectiva, P ($t= 2.19$; sig. 0,056) y C ($t= 1.53$; sig. 0,159) entre *pretest* y *postest*; ni para el control inhibitorio PC ($t= .40$; sig. 0,693) entre las dos mediciones.

Por último, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en ninguna de las mediciones realizadas y en los grupos trabajados, en contraposición a los estudios de Burrows et al. (2014), en donde el sexo es un factor determinante.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, B. (2021). La atención selectiva y el proceso de aprendizaje en el entorno virtual de los estudiantes de educación básica superior de la unidad educativa Tarcila Albornoz de Gross de la ciudad de Ambato. Tesis no publicada. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Andrés Montoya-Arenas, D., Bustamante Zapata, E. M., Díaz Soto, C. M., & Pineda, D. A. (2021). Factores de la capacidad intelectual y de la función ejecutiva relacionados con el rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Medicina UPB*, 40(1), 10–18. <https://doi.org/10.18566/medupb.v40n1.a03>
- American College of Sports Medicine. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., y 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.
- Álvarez-Bueno C, Pesce C, Cavero-Redondo I, Sánchez-López M, Martínez-Hortelano JA, Martínez-Vizcaíno V. (2017). The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: a systematic review and metaanalysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 56:729–38.
- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akademeia*, 17, 2. pp. 81-104.
- Browne, R., Costa, E., Sales, M., Fonteles, A., Moraes, J. & Barros, J. (2016). Acute effect of vigorous aerobic exercise on the inhibitory control in adolescents. *Rev Paul Pediatr*, 34(2), 154-161.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., PietraByk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., and Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci. Lett.* 441, 219–223. doi: 10.1016/j.neulet.2008.06.024
- Burrows et al. (2014). Scheduled Physical Activity is Associated with Better Academic Performance in Chilean School-Age Children. *Journal of Physical Activity and Health*, 11, 1600 -1606 <http://dx.doi.org/10.1123/jpah.2013-0125>
- Byun, K., Hyodo, K., Suwabe, K., Ochi, G., Sakairi, Y., Kato, M., et al. (2014). Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. *Neuroimage*, 98, 336-345.
- Chaddock et al. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Res.* 1358: 172–183. doi:10.1016/j.brainres.2010.08.049.
- Chang, Y., Tsai, C., Huang, C., Wang, C. & Chu, I. (2014). Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults: general or specific cognitive improvement? *J Sci Med Sport*, 17(1), 51-55.

-
- Climent G, Luna-Lario P, Bombín-González I, Cifuentes-Rodríguez A, Tirapu-Ustárroz J, Díaz-Orueta U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Rev Neurol*; 58 (10):465-475. doi:10.33588/rn.5810.2013487
- Cueli, M., Areces, D., García, T., Alves, R. A., & González-Castro, P. (2020). Attention, inhibitory control and early mathematical skills in preschool students. *Psicothema*, 32(2), 237–244. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.225>
- Devís, J. et al. (2000). *Actividad física, deporte y salud*. INDE: Barcelona.
- Diamond A. Funciones Ejecutivas. *Annu. Rev. Psychol.* 2013; 64: 135-168
- Gallotta, M. C., Guidetti, L., Franciosi, E., Emerenziani, G.P., Bonavolontà, V., and Baldari, C. (2012). Effects of varying intensity of physical activity on children's attention capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44, 550–555. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182305552
- Gil Vega JA. (2020). ¿Es posible un currículo basado en las funciones ejecutivas? *JONED. Journal of Neuroeducation.* 1(1); 114-129.
- Guillen, J. (2018, setiembre). Las funciones ejecutivas del cerebro son imprescindibles para el éxito. Ponencia presentada en programas Aprendemos Juntos de la BBVA, en colaboración con EIPaís, España. Resumen recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=87W7RY4nziE>
- Jiménez-Puig, E., Broche-Pérez, Y., Aimée Hernández-Caro, A., & Díaz-Falcón, D. (2019). Funciones ejecutivas, cronotipo y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Cubana de Educación Superior*, 38(2), 214–235.
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C., Castell, D. M., y Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14(5), 1046–58.
- Medina-Cascales, J. (2017). *Incidencia del tipo de actividad física en las funciones ejecutivas en jóvenes deportistas*. (Tesis Doctoral no publicada de la Facultad de Ciencias del Deporte). Universidad Católica de Murcia, Murcia, España.
- Nobuaki, T., Noriteru, M., Kenji, U. and Satoshi F. (2019). Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8–12 Years. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 4127; doi:10.3390/ijerph16214127
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Hashizume, H., Nozawa, T., Sekiguchi, A., et al. (2012). Beneficial effects of short-term combination exercise training on diverse cognitive functions in healthy older people: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 13, 200.
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., y Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate Play and Preparation Jointly Benefit Motor and Cognitive Development: Mediated and Moderated Effects. *Frontiers in Psychology*, 7, 349.
- Pirrie, A. M., y Lodewyk, K. R. (2012). Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. *Mental Health and Physical Activity*, 5(1), 93–98. <http://doi.org/10.1016/j.mhpa.2012.04.001>
-

-
- Ramos, I. A., Browne, R. A. V., da Silva Machado, D. G., Sales, M. M., dos Santos Pereira, R. M., y Grubert, C. S. (2017). Ten Minutes of Exercise Performed Above Lactate Threshold Improves Executive Control in Children. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 20(2), 73–83.
- Reigal, R. & Hernández-Mendo, A. (2014). Efectos de un programa cognitivo-motriz sobre la función ejecutiva en una muestra de personas mayores. *RYCIDE, Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 10(37), 206-220.
- Rosa, A.; García, E. y Martínez, H. (2020). Influencia de un programa de actividad física sobre la atención selectiva y la eficacia atencional en Escolares. *Retos*, 38, 560-566
- Smith et al. (2016). The effect of exercise intensity on cognitive performance during short duration treadmill running. *Journal of Human Kinetics* volume 51/2016, 27-35 DOI: 10.1515/hukin-2015-0167
- Takehara et al. (2019). The effectiveness of exercise intervention for academic achievement, cognitive function, and physical health among children in Mongolia: a cluster RCT study protocol. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6986-8>
- Tomporowski PD, McCullick B, Pendleton DM, Pesce C. (2015). Exercise and children's cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *J Sport Heal Sci*. 4:47–55.
- Tsakamoto, H., Suga, T., Takenaka, S., Tanaka, D., Takeuchi, T., Hamaoka, T., et al. (2016). Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiol Behav*, 155, 224-230.
- van den Berg V, Saliassi E, de Groot RHM, Jolles J, ChinapawMJM and Singh AS (2016) Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. *Front. Psychol*. 7:723. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00723
- Vega, Lhiam. (2020). Metodología de la investigación científica académica para la elaboración de TFG. [Texto inédito]. Universidad Florencio del Castillo. Cartago, Costa Rica.
- Wassenaar et al. *Trials* (2019) 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 clusterrandomised trial. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3279-6>
- Weng, T., Pierce, G., Darling, W. & Voss, M. (2015). Differential Effects of Acute Exercise on Distinct Aspects of Executive Function. *Med Sci Sports Exerc*, 47(7), 1460-1469.