



INFORME FINAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN P-UI-01-2022

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 del 2022

M.Sc. Jimmy Rojas Quirós
Bach. Sebastián Zúñiga Coto

ENSEÑANZA DE LA EDUCACIÓN FÍSICA

Cartago
Octubre 2022

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
Índice de Tablas	3
Índice de gráficos	4
Resumen	5
Términos claves	5
Abstract	6
Keywords	6
Introducción	7
Referente teórico-conceptual	11
Metodología	17
Principales resultados o hallazgos de la investigación.....	21
Conclusiones	27
Referencias.....	30
Anexos y/o apéndices.....	34

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de la muestra en los tres grupos del proyecto de investigación.....	21
Tabla 2. Puntajes obtenidos en el test de Stroop para cada uno de los grupos del proyecto	21
Tabla 3. Efecto de interferencia en cada uno de los grupos del proyecto en el pre test y post test	23

Índice de gráficos

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).....	24
Gráfico 2. Comparación del promedio de colores (C) indicadas por cada uno de los grupos en el test de Stroop, en estudiantes de la Universidad Florencio del Castillo (UCA).....	25
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).....	26

Resumen

El ejercicio físico no se limita solamente al desarrollo de cualidades físicas a través de acciones motrices específicas, sino también, 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 del 2022. Se realizó un estudio cuasi experimental, con tres grupos de estudiantes universitarios, un grupo 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 pre-test (ensayo previo) y un post-test 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

Abstract:

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.

Keywords: 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, generando 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).

La planificación de las clases de educación física y del entrenamiento deportivo ya no pueden, ni deben, solo asociarse al mejoramiento de las cualidades físicas y la búsqueda de respuestas motrices estandarizadas, estos procesos de formación, en las diferentes etapas de la vida, deben integrar elementos propios de los conocimientos del funcionamiento del sistema nervioso, sus respuestas al ejercicio, sus procesos adaptativos y su vinculación con los demás sistemas del organismo, que bien aprovechados podrán impulsar las mejores respuestas de las personas participantes a su entorno, en su vida deportiva y en su interacción con la sociedad.

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 musculo esquelético han sido estudiadas por diversos autores, quienes buscan comprender como 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 y 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 si el ejercicio aeróbico, de coordinación o de fuerza, tendrá mayor beneficio cognitivo sobre los otros tipos de ejercicio (Van den Berg, Saliasi, de Groot, Jolles, Chinapaw y Singh, 2016).

Estudios como el de Tsukamoto et al. (2016) mostraron como 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 donde 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 control. Resultados muy parecidos a los obtenidos por Byun et al. (2014) quienes su tratamiento consistió en una sesión de 10 minutos de trabajo aeróbico al 30% del VO₂ 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 determinar esta relación entre las funciones cognitivas de la persona deportista y los niveles de intensidad del ejercicio, por ende, del nivel de fatiga del deportista, es sumamente importante; ya que 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.

Otro elemento de análisis desde la neurocognición está asociado a las soluciones creativas en el deporte, aspecto relacionado a situaciones de toma de decisiones, para ello se requiere que los participantes centren su atención en condiciones específicas del deporte (posiciones de compañeros y oponentes), también la capacidad de anticipar el comportamiento de otros jugadores y decidir qué acción motriz debe ejecutar; la teoría propone que los movimientos creativos involucran la búsqueda y recuperación de información almacenada en la memoria, como fueron los entrenamientos previos donde se ejecutaron tareas similares y un proceso de evaluación por parte del deportista de la eficiencia del movimiento a realizar, por ello es sumamente importante en los entrenamientos generar tareas de pensamiento divergente, especialmente con respecto a la producción de ideas novedosas, de simulación mental imaginativa, que demanden la puesta en práctica de soluciones creativas en las decisiones deportivas (Fink et al., 2018).

El trabajo en la educación física para el involucramiento del cerebro en el aprendizaje motor y las FEC (Justel y Abraham, 2012) ofrece un alto potencial de desarrollo neuronal en cada persona, lo cual los educadores físicos pueden aprovechar en cada segmento de la sesión de trabajo; pero es esencial comprender que no toda la sesión obedece a solo la estimulación de las FEC, sino que se puede establecer un modelo que proporcione de forma constante el estímulo necesario para obtener las respuestas deseadas (Arias, 2012).

Este proyecto de investigación pretende comparar la intervención del ejercicio físico a través 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 del 2022?

En definitiva, las personas docentes o bien entrenadoras desean que sus estudiantes o deportistas, ejecuten buenas respuestas cognitivas a los diferentes estímulos recibidos a lo largo de su proceso formativo y/o deportivo; es por ello que entre mejores sean los procesos de preparación mejores serán sus adaptaciones y el rendimiento mostrado, un aspecto influyente sobre esto son los niveles de motivación que se pueden generar en las personas estudiantes durante las clases o bien, el entorno de la competencia a los deportistas, sin duda, el poder aplicar el ejercicio físico como herramienta moldeadora de la morfología y funcionalidad cerebral, puede ser una llave para el progreso del conocimiento del comportamiento del ser humano y su aprendizaje.

Referente teórico-conceptual

El estudio del lóbulo frontal se remonta desde la primera mitad del siglo XIX, ligado en su funcionamiento a otras áreas corticales y subcorticales, donde existen una serie de redes sinápticas que se activan en dependencia de los estímulos recibidos por las vías aferentes, la interacción entre estas redes neurológicas activarán diversas zonas específicas provocando respuestas a cada estímulo, encontrando respuestas motivacionales y emocionales en conexiones entre el córtex prefrontal y el sistema límbico, mientras que las redes entre el córtex prefrontal y el sistema reticular, mantienen los estados de alerta, por otro lado, se ha registrado redes entre el córtex prefrontal con diferentes zonas corticales perceptivas, cognitivas y regiones motoras (Gil Vega, 2020).

Dentro del lóbulo frontal cerebral se localiza el córtex prefrontal, asociado a las funciones ejecutivas cerebrales (FEC), este córtex prefrontal se encuentra anterior al córtex premotor y el córtex motor primario, el cual neuroanatómicamente lo componen diferentes circuitos funcionales, redes neurológicas que cumplen una función específica cuando estas se activan, específicamente se localizan cuatro circuitos dentro del córtex prefrontal. El circuito dorsolateral que se encarga de la memoria de trabajo, la atención selectiva y la flexibilidad cognitiva; el circuito orbitofrontal quien regula la conducta social, la toma de decisiones y la inhibición de conductas; el circuito ventromedial encargado del procesamiento de señales emocionales que guían nuestra toma de decisiones en el juicio social y ético; por último, el circuito del cíngulo anterior, ligado a las funciones

responsables de la monitorización de la conducta y de la corrección de errores (Tirapu-Ustárrroz y Muñoz-Céspedes, 2005).

Häfelinger y Schuba (2010) describen procesos sinápticos de la motoneurona con mejores respuestas y con mayor eficacia en la transmisión de la información, cuando el sistema nervioso es estimulado a través del ejercicio físico, que apoyado de estudios de Pawlowski et al. (2020) demuestran que estas mejoras morfológicas y funcionales, son indiferentes al grupo etario, demostrando como las personas con mayor edad presentan mejoras en la velocidad de procesamiento, presión del procesamiento y la concentración, evidenciando la importancia de la actividad física en los procesos neurocognitivos.

Para Tirapu-Ustárrroz y Muñoz-Céspedes (2005) la corteza prefrontal es un participante directo de varios procesos cerebrales, gracias a esa diversidad de conexiones neurológicas que presenta con las demás zonas del cerebro, mas no interviene en los procesos de almacenamiento de la memoria per se, sino que media en procesos estratégicos de recuperación, monitorización y verificación, entendiéndose como esta zona cerebral asume una responsabilidad importante en los procesamientos de la memoria, lo que invita a pensar que en los procesos deportivos formativos, los ejercicios aplicados deberían estimular esta zona, considerando que no todos los estímulos físicos activan el córtex prefrontal, sino aquellos que contengan una carga cognitiva importante (Rubeinstein, 2020).

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 como las FEC tienen una participación directa en la conducta de la persona; por otra parte, para Guillen (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 Guillen (2018) existen tres FEC, el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.

Caicedo (2016) define las FEC como las habilidades que capacitan a la persona para analizar lo que desea y cómo obtenerlo, para planear a corto y largo plazo la manera de lograrlo, este autor utiliza como referencia la clasificación de Harvard (cit. por Caicedo, 2016) a tres tipos de FEC: memoria a corto plazo (MCP), control inhibitorio y flexibilidad mental o cognitiva.

Considerando las definiciones anteriores, se entenderá las FEC como esas funciones cognitivas complejas que permiten planificar y tomar decisiones adecuadas en las emociones y comportamientos, que repercutirán directamente sobre el rendimiento deportivo, considerando las FEC básicas al control inhibitorio (CI), la memoria de trabajo (MT) y la flexibilidad cognitiva (FC), que posibilitaran luego otras funciones de orden superior como la planificación, la resolución de problemas y el razonamiento.

El CI permite inhibir o controlar de forma deliberada diversas conductas, respuestas o pensamientos, lo que tradicionalmente se le conoce como autocontrol, este permite el inhibir los impulsos que en muchas ocasiones provoca en los deportistas responder sin reflexionar sus consecuencias, también este CI facilita la capacidad de mantener la atención en la tarea que está realizando sin distraerse (atención ejecutiva). La MT es una memoria de corto plazo que permite recordar aquellas instrucciones verbales (bucle fonológico), lo observado anteriormente (agenda visoespacial), o la combinación de ambas en un lapso (buffer episódico) (Tirapu et al., 2012).

Por último, la FC es la capacidad de poder responder a distintas tareas, operaciones mentales u objetivos, sin dificultad de realizarlo (Guillen, 2018; Medina-Cascales, 2017; Climent et al. 2014), una de las propuestas metodológicas con relación a la FC es que el proceso de aprendizaje se enriquece cuando se potencian múltiples vías para generar diversas soluciones, por ende, no existe una única respuesta, ni una única forma de solucionarlo, aspecto muy propio de la vida y del deporte.

Aún existe mucho por descubrir en cuanto a las FEC, es por esta razón que se encontrarán diversas teorías en cuanto a la cantidad y definiciones de las FEC, por ejemplo Gil Vega (2020) establece diecisiete FEC, entre las que destaca la Inhibición de reflejos y respuestas impulsivas, la velocidad de procesamiento de la información, la flexibilidad de la conducta dirigida a metas, la interrupción de actividades en curso en función de las necesidades, el control de la interferencia, la planificación, entre otras; para Medina-Cascales (2017) existen cuatro grandes bloques las FEC, el control inhibitorio, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y establece un cuarto rango al que le llama funciones de alto nivel, en el que incluye el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación.

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 a través de interacciones prefrontal-hipocampal (Chaddock et al, 2010).

Aplicando el ejercicio físico desde las neurociencias se ha llegado a evidenciar como 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, dejando 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 como 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, demostrándose 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).

Incluso se ha observado como en el caso de personas diagnosticadas con el trastorno de déficit atencional e hiperactividad (TDAH) esta condición se ha asociado con deterioros en las redes neurológicas desde el córtex prefrontal, generando deterioros cognitivos en el control inhibitorio y la función ejecutiva, en tareas que implican control ejecutivo como son la inhibición de la respuesta y la memoria de trabajo (Purper-Ouakil, 2011).

Otro elemento interesante que destacan las investigaciones es que ejecutar ejercicio a intensidades bajas a moderadas no tiene ningún efecto sobre los parámetros cognitivos en adolescentes (Van den Berg, Saliassi, de Groot, Jolles, Chinapaw y Singh, 2016). Esto se explica al investigar la relación de la intensidad del ejercicio con el rendimiento cognitivo, se ha denotado una relación en forma de U invertida, en la cual, donde la intensidad del ejercicio era moderada se facilitaba los procesos de cognición, sin embargo, cuando la excitación fisiológica se acercó a un máximo nivel de intensidad, el rendimiento cognitivo comenzó a deteriorarse, de igual forma pasa cuando los niveles de intensidad eran bajos (Smith et al., 2016).

Takehara et al. (2019) consideran que una intervención en ejercicio tendrá efectos positivos en el rendimiento académico, la función cognitiva y la salud física, con base a los resultados obtenidos con niños de Mongolia. Para los autores es importante el desarrollo de este tipo de estudios con muestreos grandes y especialmente en países en vías de desarrollo, ya que la mayoría de los estudios de intervención se han realizado en países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y Australia.

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 como 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 y esto puede mediar en la relación entre los niveles de actividad física y los resultados de la memoria (Wassenaar et al., 2019).

En un estudio desarrollado en Santiago de Chile se asoció un mejor rendimiento académico con una mayor asignación de tiempo para programar el ejercicio, en este estudio los estudiantes que asignan más de 4 horas a la semana al ejercicio programado tenían 2,1 veces más probabilidades de estar en el grupo con el rendimiento académico más alto, sin embargo, también dependerá de la influencia del sexo, los factores socio-económicos, así como la disponibilidad de recursos para facilitar los procesos de aprendizaje (Burrows et al., 2014).

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, comprobando 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, elevando 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 ingles), 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, Saliassi, 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, demostrando 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.

Metodología

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo. Este permite medir las variables en determinado contexto y analizar las mediciones obtenidas a través 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 cuasi experimental.

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con tres grupos, un grupo 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 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 participe de la investigación a las personas estudiantes matriculadas en cursos teóricos y deportivos, del

II cuatrimestre 2022, quienes participan en la investigación de manera voluntaria¹.

Del grupo de estudiantes seleccionado para el estudio se conformarán tres grupos, un grupo control y dos grupos experimentales, a los tres grupos se les aplicará el instrumento al inicio del estudio y al final del mismos (pre y post test), mientras que a los grupos experimentales se les aplicará 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 todos los grupos (pre test) se procedió a iniciar con la aplicación de los tratamientos respectivos, para ambos grupos consistió en la ejecución de ejercicio físico una sesión semanal, durante 5 semanas, para finalizar en la sexta semana con la aplicación del post test. Al grupo experimental 1 se le aplicaron ejercicios relacionados al baloncesto, de forma lúdica, relacionados a la toma de decisiones, velocidad de reacción, planificación y otra serie de estímulos cognitivos que estimulen 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 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 y/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), y la atención selectiva es aquella capacidad de la persona para concentrarse en una actividad respondiendo de forma selectiva a un estímulo

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

que se accionan en relación a sus órganos receptores (Alarcón, 2021).

i. Técnicas de recopilación de datos.

Para efectos de medición de las variables se aplicará a los grupos un pre test y un post test, 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

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 que 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 donde se obtendrá primero una estadística descriptiva de los datos obtenidos de la muestra (medias y desviaciones típicas), que describan el comportamiento de estas ante las variables analizadas; luego de ello, se realizará análisis de varianza de medidas repetidas, generando 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.

Principales resultados o hallazgos de la investigación

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

f_i = 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 pre test y post test es el grupo experimental 1, que desarrolla ejercicios con estimulaciones cognitivas, sin embargo, el grupo que inicia en su pre test con un alto puntaje en este apartado es el grupo 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 = Pre test; Post = Post test; \pm = 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 pre test y post test en un 9.10%, mientras que el grupo control que no fue sometido a ningún tipo de tratamiento disminuye en promedio un 1.49% el puntaje obtenido en el pre test.

Por otra parte, en la medición de Palabra – Color (PC) 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 post test, donde 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, mientras que valores negativos evidencian problemas de interferencia significativos.

En el caso de los grupos de estudio, a pesar de que el grupo experimental 1 logra en el post test 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 pre test, en comparación al 33.65% de mejora del grupo 1, cabe destacar que el grupo uno inicia con un puntaje de efecto de interferencia muy alto (7.82), que incluso es superior al puntaje obtenido por el grupo experimental 2 en su post test (7.12) y muy superior al grupo control; el grupo control por su parte, solo mejora un 6.55% con respecto al pre test (Tabla 3).

Tabla 3
Efecto de interferencia en cada uno de los grupos del proyecto en el pre test y post test

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= Pre test; Post = Post test; ± = Desviación estándar

Con base a 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 pre test y post test 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), lo que 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.

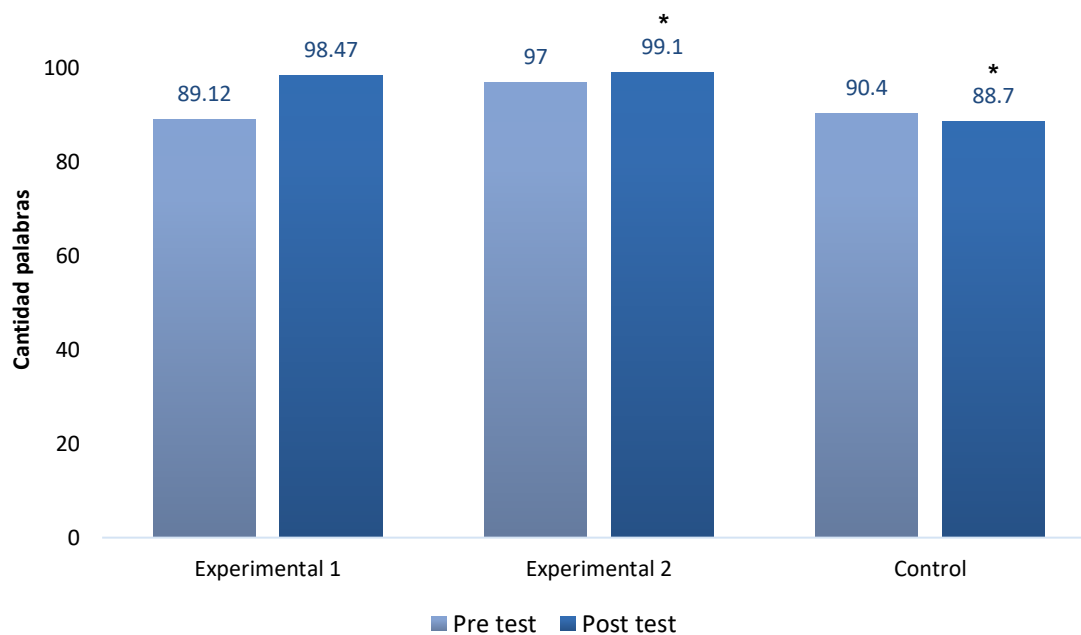
La magnitud del aumento en la atención sostenida, entre la primera y la segunda medición, fue de 10.49% (P) y 9.01% (C), mientras que la magnitud del aumento de cambio en el control inhibitorio entre las mediciones fue de 14.19% (C).

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

Por último, en el grupo 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 pre test y post test; 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).

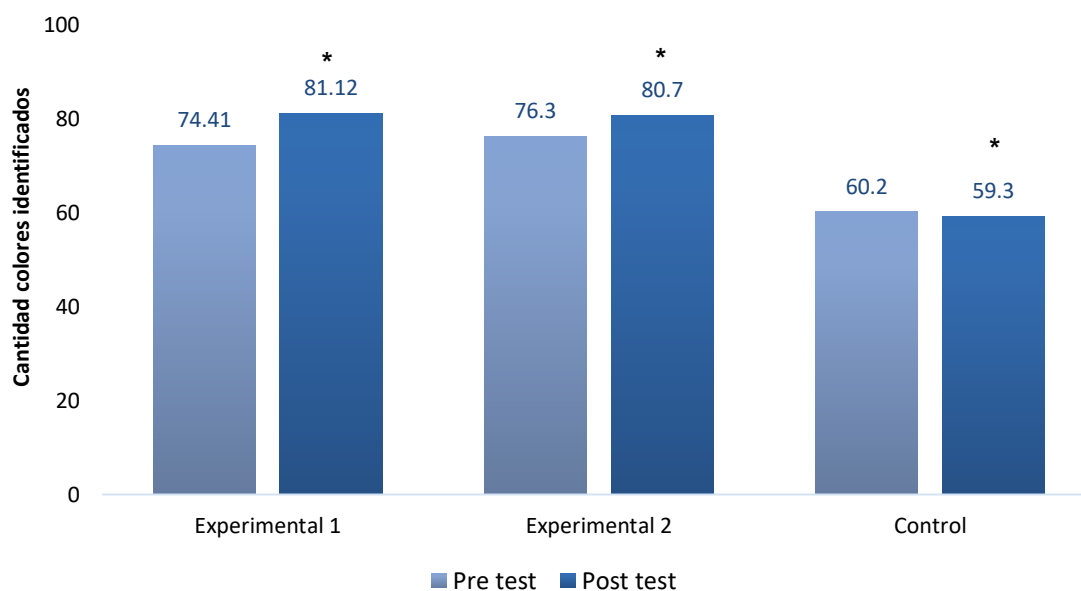


*La diferencia de medias es significativa al nivel .05

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).

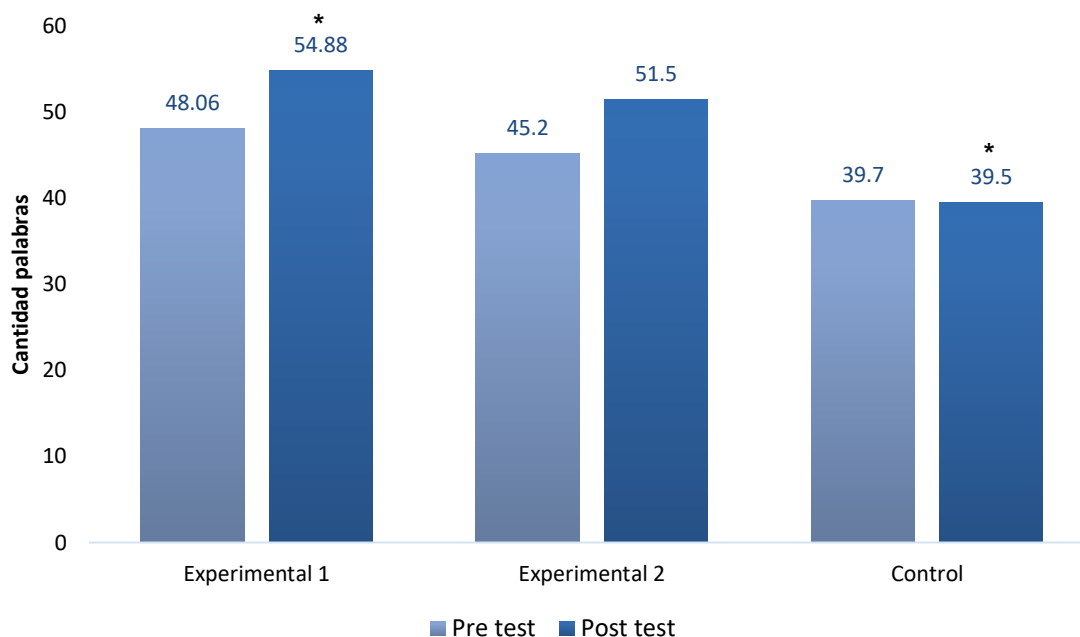


*La diferencia de medias es significativa al nivel .05

Gráfico 2
Comparación del promedio de colores (C) indicadas 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 a través de la prueba de Palabra – Color (PC) encontrándose 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).



*La diferencia de medias es significativa al nivel .05

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 control, mostrando cómo el ejercicio con estímulos cognitivos presenta 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 realizados se encuentra diferencias estadísticamente significativas entre los hombres y mujeres participantes en este estudio, indiferentemente al grupo 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.

Conclusiones

Los estudiantes universitarios en la actualidad, a modo general, son estudiantes con malos hábitos alimenticios, con altos índices de estrés, mala condición física, riesgo cardiovascular, entre otros factores negativos para la salud y el aprendizaje; la relación de un buen estado capacidad física y las funciones cognitivas se ha evidenciado en cambios estructurales corticales, en la producción de factores neurotróficos cerebrales involucrados en la neuroplasticidad y efectos neuroprotectores derivados de la irrigación sanguínea (Vaynman, Gomez-Pinilla, Kramer, Troncoso, Amaya, MacMillan, cit. por Atenas y Toro, 2018).

Como se ha descrito a lo largo de este documento, la realización de ejercicio físico, realizado 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 como los grupos que tienen mejoramientos en este punto son los que se vieron sometidos a sesiones de practica física y no así el grupo 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 insulín-like growth factor-1 (IGF-1), mejora la supervivencia de las neuronas, aumentando 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 pre test y post test (9.10%) y que el grupo control que no fue sometido a ningún tipo de tratamiento físico más bien disminuye su promedio (1.49%), evidenciándose posiblemente la participación del ejercicio físico como

un modelador de las funciones cerebrales.

Suarez et al. (2022) exponen que se han proliferado los estudios que apoyan que la práctica de actividad física (AF) y el ejercicio tiene efectos a corto y largo plazo en la mejora del control inhibitorio y mejoras funcionales neurológicas, convirtiéndose este estudio en uno de ellos que viene a fortalecer las teorías de cómo el ejercicio físico logra tener efectos positivos en las capacidades funcionales cerebrales.

En varios estudios recientes el ejercicio aeróbico es el que mayor reporte de efectos positivos en la morfología y funcionalidad del cerebro se ha presentado (plasticidad neuronal y neurogénesis), debido al aumento de neurotransmisores, al aumento del flujo sanguíneo cerebral, aumentando la vascularización de las regiones cerebrales (Atenas y Toro, 2018), son menos pero ya se están generando estudios de investigación donde se denotan estas mejoras con otros tipos de ejercicios (contra resistencia, flexibilidad, coordinación, etc.); como bien lo expresan Van den Berg et al. (2016) no existe claridad aún 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, concordando con los resultados de los estudios de Tsukamoto et al. (2016) y Browne et al. (2016); evidenciando como otro tipos de ejercicios, no solo los de corte aeróbico, pueden producir efecto positivos y neurofisiológicos importantes.

Es así como se han desarrollado estudios sobre los efectos del ejercicio de alta intensidad sobre la atención, donde los resultados sugieren que la realización de un programa de ejercicio físico de alta intensidad, basado en ejercicios de fuerza-resistencia muscular y desafíos cooperativos, tiene efectos positivos sobre la atención tanto en niños como en niñas

(Rosa, García y Martínez, 2020). Otros estudios con entrenamiento cooperativo de intervalos de alta intensidad (C-HIIT) también han presentado efectos positivos sobre el control inhibitorio (Suarez et al., 2022). Y así se pueden seguir mencionando estudios recientes que exploran otras diversidades de ejercicios físicos para evidenciar sus resultados sobre la atención selectiva y el spam atencional (Rosa, García y Martínez, 2020).

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 mejorando las habilidades inhibitorias en participantes que realizan ejercicio principalmente en tareas ejecutivas más exigentes y relacionadas con memoria de trabajo (Atenas y Toro, 2018).

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 del 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 control) trae consigo efectos negativos y disminución de sus capacidades funcionales cerebrales, disminuyendo 1.49% el promedio en atención selectiva (C) y 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 pre test y post test; ni para el control inhibitorio PC ($t= .40$; sig. 0,693) entre las dos mediciones.

Por último, se concluye que no existe 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) donde el sexo es un factor determinante.

Referencias

- 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 Tecnica 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.
- Arias Estero, J. L. (2012). Análisis de la situación de uno contra uno en baloncesto de formación. *Apunts: Educación Física Y Deportes*, (107), 54-60. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/1).107.05
- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 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.
- Caicedo López, H. (2016). *Neuroeducación: una propuesta educativa en el aula de clase*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- 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-Ustárrroz 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
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Folgado, H., Travassos, B., Santos, S., & Sampaio, J. (2022). Amplifying perceptual demands: How changes in the colour vests affect youth players performance during medium-sided games. *PLoS ONE*, 17(1), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262245>
- 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
- Fink, A, et al. (2018). Brain and soccer: Functional patterns of brain activity during the generation of creative moves in real soccer decisionmaking situations. *Hum Brain Mapp.* 1–10. <https://doi.org/10.1002/hbm.24408>
- Gallotta, M. C., Guidetti, L., Franciosi, E., Emerenziani, G.P., Bonavolontà, V., and Baldari, C. (2012). Effects of varyingty peofexertion 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, BBVA, en colaboración con ElPaís, España. Resumen recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=87W7RY4nzjE>
- Häfelinger, U. y Schuba, V. (2010). *La coordinación y el entrenamiento propioceptivo*. Barcelona, Editorial Paidotribo. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/biblioteca/ca/123787?page=1>.
- 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 Educacion Superior*, 38(2), 214–235.
- Justel, N., & Abrahan, V. D. (2012). Plasticidad cerebral: participación del entrenamiento musical. *Suma Psicológica*, 19(2), 97-108.
- 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.
- López-Navarro, E., Del Canto, C., Mayol, A., Fernández-Alonso, O., Reig, J., & Munar, E. (2020). Does mindfulness improve inhibitory control in psychotic disorders? A randomized controlled clinical trial. *International Journal of Clinical Health & Psychology*, 20(3), 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2020.07.002>
- 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.
- Pawlowski, J. (2020). Test de Atención d2: Consistencia interna, estabilidad temporal y evidencias de validez. *Revista Costarricense de Psicología*, 39(2), 145–165. <https://doi.org/10.22544/rcps.v39i02.02>
- 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>
- Purper-Ouakil, D. (2011). “Neurobiology of attention deficit/hyperactivity disorder”. *Pediatric Research* 69 (5), 69-76.
- 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.
- Rodrigues Albuquerque, M., dos Santos Gonzaga, A., Juan Greco, P., & da Costa, I. T. (2019). Association between inhibitory control and tactical performance of under-15 soccer players. *Revista de Psicología Del Deporte*, 28(1), 63–69.
- 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
- Rubeinstein, E. (2020, julio). Neuroentrenamiento y Psicología Deportiva: Sinergia y Beneficios. Ponencia presentada en II Simposio Internacional de Actividad Física y Salud. Neurociencia, Deporte y Salud, organizado por la Escuela de Educación Física, de la Universidad Florencio del Castillo (UCA), Cartago, Costa Rica.
- Suárez, S.; Belchior de Oliveira, P., Rusillo, A. y Ruiz, A. (2022). Efecto del C-HIIT sobre control inhibitorio y comportamiento de jóvenes diagnosticados TDAH. *Retos*, 45, 878-885
- 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>
- Tirapu-Ustárroz J, Muñoz-Céspedes JM. (2005). Memory and the executive functions. *Rev Neurol*; 41 (08):475-484. doi:10.33588/rn.4108.2005240

- Tirapu, J., García, A., Luna, P., Verdejo, A., Ríos, M., y Río, M. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. In *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*. (pp. 87–117).
- 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.
- Tsukamoto, 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, Saliasi 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.
- Villa-González, R., Villalba-Heredia, L., Crespo, I., del Valle, M., & Olmedillas, H. (2020). A systematic review of acute exercise as a coadjuvant treatment of ADHD in young people. *Psicothema*, 32(1), 67–74. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.211>
- 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.

Anexos y/o apéndices

ANEXO 1: Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

La presente investigación es conducida por el **M.Sc. Jimmy Rojas Quirós** y el **Bach. Sebastián Zúñiga Coto**, docentes de Educación Física. La meta de este estudio es determinar 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 del 2022.

Si usted accede a participar en este estudio, se le aplicará unos sencillos cuestionarios para conocer su opinión con relación a la temática de los instrumentos y participará en sesiones de ejercicio físico. La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Si tiene alguna duda sobre este estudio, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma, desde ya le agradecemos su participación.

Consentimiento:

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, he sido informado (a) de que la meta de este estudio es determinar 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 del 2022. Me han indicado también que consiste en la aplicación de unos cuestionarios y sesiones de ejercicio físico.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado (a) de que puedo hacer preguntas en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar al investigador al teléfono **8863-7026** o bien al correo electrónico **jrojas@uca.ac.cr**

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada si así lo solicito, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a los investigadores al teléfono o al correo electrónico anteriormente mencionados.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha