

# **EFFECTO AGUDO DE LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO SOBRE LA FUNCIÓN COGNITIVA EN JÓVENES UNIVERSITARIOS**

## **TRABAJO FINAL DE MÁSTER**



**MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD**

**ESTUDIANTE: YANA KHMIL**

**TUTOR: DIEGO PASTOR CAMPOS**

**CURSO 2021 - 2022**

## Índice

Introducción.....	2
Método .....	3
Bibliografía .....	8



## Introducción

La práctica de ejercicio físico supone numerosos beneficios para la salud de los seres humanos, como una mejora en su capacidad cardiorrespiratoria, en la salud mental, en enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2 (Ruegsegger & Booth, 2018) y en el funcionamiento cognitivo (Colcombe & Kramer, 2003); (Hötting & Röder, 2013). Sin embargo, no está del todo claro como la dosis de ejercicio puede estar modulando las mejoras en diferentes parámetros relacionados con la salud o la cognición.

La cognición se define como “el conjunto de procesos mentales que contribuyen a la percepción, la memoria, el intelecto y la acción” (Donnelly et al., 2016). Entre los procesos cognitivos se encuentran las funciones ejecutivas, responsables de la selección, organización, coordinación y seguimiento de las operaciones más complejas y dirigidas a objetivos (Blair, 2017; de Greeff et al., 2018). En la literatura se definen tres funciones ejecutivas fundamentales: el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva (Diamond, 2006; Heilmann et al., 2022).

Es alta la evidencia de la influencia del ejercicio físico sobre la salud cerebral y el desempeño cognitivo en seres vivos. En ratones se ha observado que el ejercicio físico contribuye a la neurogénesis (van Praag et al., 1999), a la neuroplasticidad cerebral y a una mejora del funcionamiento cognitivo (Hötting & Röder, 2013). En cuanto a los estudios en seres humanos, se han hallado diferentes resultados, Chang et al., (2012) observaron en su metaanálisis que una sola sesión de ejercicio es capaz de producir mejoras en el funcionamiento cognitivo de forma aguda. Asimismo, Colcombe & Kramer, (2003) afirmaron en un metaanálisis que el ejercicio aeróbico produce una mejora en el funcionamiento cognitivo de los adultos mayores.

Pese a la evidencia actual en la relación ejercicio-cognición, todavía existen incógnitas acerca de los mecanismos que inducen a la mejora del funcionamiento cognitivo gracias al ejercicio físico. Se ha observado la relación ejercicio – cognición desde una perspectiva dosis – respuesta (Herold et al., 2019) y se han propuesto diferentes hipótesis. En este sentido, uno de los mecanismos explicativos de los efectos del ejercicio sobre la cognición proporcionados por la literatura ha sido el lactato (El Hayek et al., 2019; Hashimoto et al., 2021).

En este sentido, está documentado que la modalidad de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) produce más lactato que otras modalidades como el entrenamiento continuo de moderada intensidad (MICT) (Tsukamoto et al., 2016). Este lactato, producido en los músculos activos, se libera al torrente sanguíneo para ser absorbido por diferentes órganos como el corazón y el cerebro y así poder ser utilizado como combustible (Adeva-Andany et al., 2014). Se ha evidenciado que este metabolito que tiene efectos beneficiosos sobre la salud cerebral de las personas (Tsukamoto et al., 2016)., de hecho, existe una correlación entre la concentración de lactato y la adquisición y retención de

habilidades motoras (Skriver et al., 2014). Además, a nivel funcional, el HIIT parece más eficaz para producir una mejora en el funcionamiento cognitivo que otras modalidades de entrenamiento, como el entrenamiento aeróbico convencional (Currie et al., 2013; Gillen et al., 2016; Wisløff et al., 2007; Kao et al., 2017; Macpherson et al., 2011). Ferris et al., (2007) examinaron la influencia del ejercicio físico de intensidad moderada y alta sobre el control inhibitorio, e indicaron que: aunque tanto el ejercicio de alta intensidad como el de intensidad moderada mejoraban las puntuaciones en la primera condición de la prueba (condición neutra), en la tercera condición, la cual requería mayor cantidad de control inhibitorio (condición incongruente), solamente el ejercicio de alta intensidad era capaz de producir una mejora.

Sin embargo, aún se debe seguir aumentando la evidencia en la relación ejercicio-cognición desde esa perspectiva dosis-respuesta, y como marcadores endógenos, como el lactato, pueden estar contribuyendo en esa relación. Además, hay que destacar que la mayoría de los estudios sobre los efectos que el ejercicio físico tiene sobre la cognición han ido dirigidos a personas mayores y niños, pero no tanto a jóvenes adultos (Stillman et al., 2016).

Por todo ello, se planteará una propuesta de intervención acerca de un estudio experimental en jóvenes universitarios, campo en el que existe una menor evidencia, en el que se compararán los efectos producidos por el ejercicio continuo de intensidad moderada y el ejercicio interválico de alta intensidad sobre el control inhibitorio, y como el lactato liberado podría modular los efectos.

## **Método**

### **Participantes**

La muestra inicial estará compuesta por jóvenes universitarios de ambos sexos. Antes de comenzar con la intervención, rellenarán un cuestionario inicial en que aseguren que cumplen con los requisitos necesarios para participar en el estudio, como no haber sufrido lesiones recientemente y estar físicamente capacitados para realizar ejercicio de alta intensidad, cumplimentando para ello el cuestionario PAR-Q "Physical Activity Readiness Questionnaire".

El procedimiento experimental de la presente propuesta de intervención sigue la última (7<sup>o</sup>) Declaración de Helsinki y es aprobado por el Comité de Ética de la Universidad (UMH.CID.DPC.02.17). Los participantes del estudio darán su consentimiento informado por escrito antes de participar en el estudio y serán informados de la confidencialidad y el anonimato de los resultados que se obtengan.

### **Diseño de estudio**

Los participantes acudirán al laboratorio en tres ocasiones. En primer lugar, visitarán el laboratorio una semana antes de comenzar con el experimento, con el fin de realizar una prueba de rendimiento maximal para determinar su Velocidad Aeróbica Máxima (VAM), la que utilizará para prescribir la intensidad

de las sesiones. En las próximas visitas al laboratorio se realizarán la condición control y las dos situaciones de ejercicio: HIIT y MICT. Todos los participantes realizarán ambas sesiones de entrenamiento siguiendo una estrategia de contrabalanceo incompleto (figura 1). Las dos sesiones experimentales darán lugar a las 09:00 AM, para así tratar de evitar los posibles efectos derivados de la fatiga producida a lo largo del día.

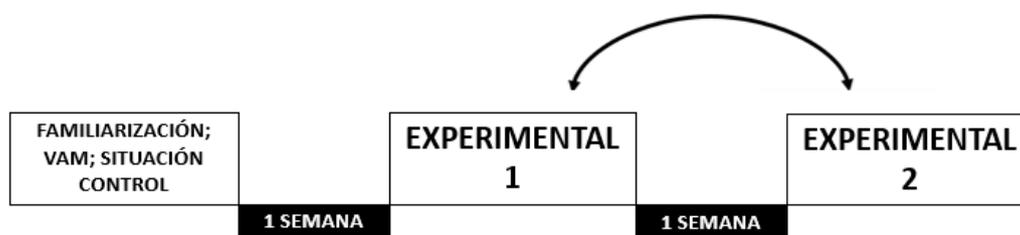


Figura 1. Esquema del diseño de estudio.

### **Prueba incremental maximal**

Los participantes realizarán una prueba incremental maximal en cinta rodante, que será monitorizada mediante la APP EliteHRV, lo que nos proporcionará información acerca de su FC con el objetivo de determinar la FC máxima y programar las sesiones posteriores de manera individualizada.

El protocolo de la prueba comenzará con 3 minutos de calentamiento a 5km/h, al finalizar este, la velocidad incrementará en 1km/h cada minuto hasta que el participante llegue a la extenuación. De esta prueba, a parte de la determinación de la FC máx, se obtendrá la VAM.

Los participantes no podrán realizar ejercicio intenso en las 24 horas previas a la realización de la prueba y, durante su transcurso, no se les permitirá beber o hablar.

### **Sesiones experimentales**

Las sesiones experimentales (HIIT, MICT y control), quedan detalladas en la Figura 2. La duración de cada sesión, independientemente del tipo de intensidad será de 20' debido a que, como nos indica la literatura, se ha observado una tendencia donde los mejores resultados en variables cognitivas relacionadas con la función cognitiva se dan con este intervalo de tiempo (Oberste et al., 2019). La frecuencia cardiaca será supervisada y monitorizada con la aplicación 'Polar Beat' gracias a una banda de pulso y a un pulsómetro H7. Para la situación de control, se les colocará en una habitación sin ruido externo y, sentados sobre una silla, deberán visualizar un vídeo durante 20', misma duración que las situaciones de ejercicio.

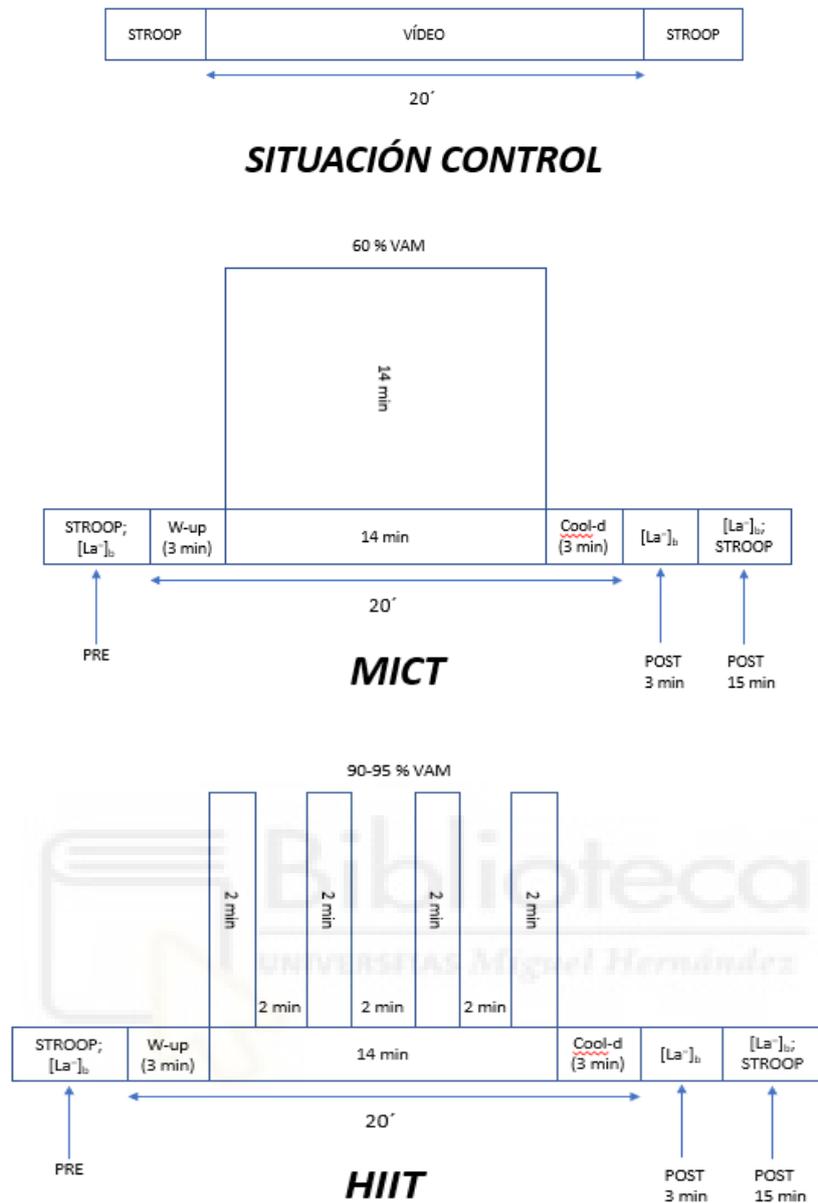


Figura 2. Sesiones experimentales.

### **Función cognitiva**

En este estudio se utilizará la adaptación española del test de Golden (Golden, 1994). Es uno de los instrumentos neuropsicológicos más utilizados para medir múltiples procesos cognitivos, incluyendo la velocidad de procesamiento de la información, el control ejecutivo, la atención selectiva y la capacidad de inhibir respuestas habituales (Chang et al., 2015; Tsukamoto et al., 2016). Utilizaremos una Tablet para la realización de la tarea. En la condición de "palabra" o "congruente", las palabras (ROJO, AZUL, AMARILLO y VERDE) aparecerán, en color negro, en la parte superior de la pantalla. El rendimiento de esta tarea depende en gran medida de la velocidad de procesamiento de la información. En la condición "color" o "neutra", las secuencias de XXX coloreadas serán las que aparezcan en la parte superior de la pantalla (condición neutra). En la

condición "color-palabra" o "incongruente", las cuatro palabras de color diferirán sistemáticamente del color de la palabra (por ejemplo, la palabra ROJO escrita en color azul). Los participantes deberán leer las palabras en la condición de palabra y seleccionar, en la parte inferior de la pantalla, entre las cuatro opciones, el color al que corresponde. Cada condición tendrá una duración de 45 s, y se registrará el número de respuestas correctas. Las medidas dependientes tendrán tres niveles: (1) condición neutra, (2) condición congruente y (3) condición incongruente.





Figura 3. Representación de las condiciones congruente, neutra e incongruente, en ese orden.

## Muestra de sangre y análisis

Se obtendrán muestras de sangre del capilar del lóbulo de la oreja de los sujetos a los tres y a los quince minutos de finalizar con el ejercicio, para determinar la concentración de lactato en sangre, utilizando para ello un analizador de lactato portátil (Lactate Scout, SensLab GmbH, Germany).

## Análisis estadístico

La significación estadística se establecerá en .05 para todos los análisis. La normalidad del conjunto de datos se comprobará a través de la prueba Saphiro-Wilk. Para analizar las diferencias en la respuesta cognitiva a las diferentes situaciones experimentales se utilizará un ANOVA de medidas repetidas 2x3 para todas las condiciones de Stroop. Como medida de los tamaños del efecto se calculará el eta parcial al cuadrado y el índice d de Cohen (Cohen, 1992). Por último, se realizarán análisis de correlación de Pearson (r) para establecer posibles asociaciones entre cambios en las puntuaciones de Stroop y el lactato. Los resultados se analizarán con el software JASP 0.15 (EricJan Wagenmakers, Department of the Psychological Methods University of Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 129B, Amsterdam, The Netherlands).

## Bibliografía

- Adeva-Andany, M., López-Ojén, M., Funcasta-Calderón, R., Ameneiros-Rodríguez, E., Donapetry-García, C., Vila-Altesor, M., & Rodríguez-Seijas, J. (2014). Comprehensive review on lactate metabolism in human health. *Mitochondrion*, 17, 76-100.
- Blair, C. (2017). Educating executive function. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(1-2), e1403.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87-101.
- Chang, Y. K., Chu, C. H., Wang, C. C., Song, T. F., & Wei, G. X. (2015). Effect of acute exercise and cardiovascular fitness on cognitive function: An event-related cortical desynchronization study. *Psychophysiology*, 52(3), 342-351.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125-130.
- Currie, K. D., Dubberley, J. B., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2013). Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. *Med Sci Sports Exerc*, 45(8), 1436-42.

- De Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 21(5), 501-507.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197.
- El Hayek, L., Khalifeh, M., Zibara, V., Abi Assaad, R., Emmanuel, N., Karnib, N., ... & Sleiman, S. F. (2019). Lactate mediates the effects of exercise on learning and memory through SIRT1-dependent activation of hippocampal brain-derived neurotrophic factor (BDNF). *Journal of Neuroscience*, 39(13), 2369-2382.
- Ferris, L. T., Williams, J. S., & Shen, C. L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 728.
- Gillen, J. B., Martin, B. J., MacInnis, M. J., Skelly, L. E., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2016). Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. *PloS one*, 11(4), e0154075.
- Golden, C. J. (1994). Stroop. *Test de colores y palabras*. Madrid: Tea Ediciones.
- Heilmann, F., Memmert, D., Weinberg, H., & Lautenbach, F. (2022). The relationship between executive functions and sports experience, relative age effect, as well as physical maturity in youth soccer players of different ages. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1-19.
- Hashimoto, T., Tsukamoto, H., Ando, S., & Ogoh, S. (2021). Effect of exercise on brain health: The potential role of lactate as a myokine. *Metabolites*, 11(12), 813.
- Herold, F., Müller, P., Gronwald, T., & Müller, N. G. (2019). Dose–response matters!—a perspective on the exercise prescription in exercise–cognition research. *Frontiers in psychology*, 10, 2338.
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243-2257.
- Kao, S. C., Westfall, D. R., Soneson, J., Gurd, B., & Hillman, C. H. (2017). Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology*, 54(9), 1335-1345.

- Macpherson, R. E., Hazell, T. J., Olver, T. D., Paterson, D. H., & Lemon, P. W. (2011). Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc*, *43*(1), 115-22.
- Oberste, M., Javelle, F., Sharma, S., Joisten, N., Walzik, D., Bloch, W., & Zimmer, P. (2019). Effects and moderators of acute aerobic exercise on subsequent interference control: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in psychology*, *10*, 2616.
- Ruegsegger, G. N., & Booth, F. W. (2018). Health benefits of exercise. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, *8*(7), a029694.
- Skriver, K., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., Pingel, J., Helge, J. W., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2014). Acute exercise improves motor memory: exploring potential biomarkers. *Neurobiology of learning and memory*, *116*, 46-58.
- Stillman, C. M., Cohen, J., Lehman, M. E., & Erickson, K. I. (2016). Mediators of physical activity on neurocognitive function: a review at multiple levels of analysis. *Frontiers in human neuroscience*, *10*, 626.
- Tsukamoto, H., Suga, T., Takenaka, S., Tanaka, D., Takeuchi, T., Hamaoka, T., ... & Hashimoto, T. (2016). Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiology & behavior*, *155*, 224-230.
- Van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *96*(23), 13427-13431.
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., ... & Skjærpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, *115*(24), 3086-3094.