

Neuroeducación física: Efectos del ejercicio aeróbico en la atención alternante, planificación y memoria visuoconstructiva en estudiantes universitarios

Physical neuroeducation: Effects of aerobic exercise on alternating attention, planning and visuoconstructive memory in university students

Elizabeth Flores-Ferro,¹ Fernando Maureira-Cid,² Marcelo Cubillos-Molina,³ Ignacio Caniullán-Flores,³
Diego Álvarez-Jaña,³ Leonardo Pérez-Trujillo³

Resumen

Introducción: Existen numerosos reportes de los efectos positivos del ejercicio físico sobre diversas variables cognitivas como atención, flexibilidad mental, memoria, control inhibitorio, etc. El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de una sesión de ejercicio aeróbico en la atención alternante, planificación y memoria visuoconstructiva en estudiantes de educación física de una universidad de Santiago de Chile.

Metodología: Cuantitativa con un diseño cuasi-experimental. La muestra estuvo constituida por estudiantes de pedagogía en educación física, donde, el grupo control fue de 15 y el grupo experimental de 20 sujetos. Los instrumentos utilizados fueron la prueba de símbolos y dígitos de Smith, Torre de Hanoi y Test de figura compleja de Rey.

Resultados: Hubo mejoría significativa en el grupo experimental: en atención alternante ($p=0,018$), en los tiempos de la prueba de planificación ($p=0,005$), memoria visuoconstructiva ($p=0,000$).

Conclusión y recomendaciones: El ejercicio aeróbico mejora las funciones de atención, memoria y planificación, lo cual podría fomentar la línea de estudio de neuroeducación física, por lo que se sugiere dentro de las proyecciones indagar con diferentes intensidades, rangos etarios edad y otras variables cognitivas.

Palabras claves: ejercicio aeróbico, atención alternante, planificación, memoria visuoconstructiva, neuroeducación física.

Abstract

Introduction: There are numerous reports of the positive effects of physical exercise on various cognitive variables such as attention, mental flexibility, memory, inhibitory control, etc. The aim of the present study was to determine the effects of an aerobic exercise session on alternating attention, planning and visual constructive memory in physical education students from a university in Santiago de Chile.

Methodology: Quantitative with a quasi-experimental design. The sample consisted of physical education pedagogy students, where 15 were the control group was 15, and 20 subjects were the experimental group. The instruments used were the symbols and digits test of Smith, Tower of Hanoi and Rey Complex Figure Test.

Results: There was significant improvement in the experimental group: alternating attention ($p=0.018$), at the time of the planning test ($p=0.005$), visuoconstructive memory ($p=0.000$).

Conclusions and Recommendations: Aerobic exercise improves attention, memory, and planning functions, which could promote the line of study of neurophysical education, so it is suggested within the projections to investigate with different intensities, age ranges and other cognitive variables.

Keywords: aerobic exercise, alternating attention, planning, visuoconstructive memory, physical neuroeducation.

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 32, N° 2, 2023

¹Doctora en Educación. Escuela de Ciencias y Tecnología Educativa, Facultad de Educación, Universidad Católica Silva Henríquez, Lo Cañas # 3636, La Florida, Chile.

²Doctor en Educación, Máster en Neurociencia, Máster en Neuropsicología. Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación, Facultad de Artes y Educación Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Dr Luis Bisquert # 2765, Ñuñoa, Chile.

³Profesor de Educación Física, Escuela de Ciencias y Tecnología Educativa, Facultad de Educación, Universidad Católica Silva Henríquez, Lo Cañas # 3636, La Florida, Chile.

Correspondencia:
Elizabeth Flores-Ferro
E-mail: prof.elizabeth.flores@gmail.com
Universidad Católica Silva Henríquez, Santiago, Chile.

Introducción

Las funciones ejecutivas se pueden definir como la capacidad de formular metas, planificar procesos y estrategias de manera eficiente.¹ Otros autores las entienden como un conjunto de habilidades mentales de alto nivel que colabora en la planificación de tareas y/o cumplimiento de objetivos.² Por su parte, Volckaert y Noël³ afirman que dichas funciones se desarrollan en la infancia, donde el crecimiento más relevante ocurre en la etapa pre-escolar y luego maduran durante la adolescencia.

Dentro de las funciones ejecutivas, se puede mencionar la planificación, definida como la capacidad de plantear un objetivo, realizar ensayos mentales antes de aplicar una metodología,⁴ como la actividad de la corteza prefrontal que permite la resolución de problemas, desarrollar planes, cambio de estrategias, etc.⁵ siendo la resolución de problemas una característica común en casi todas las definiciones,⁶ de tal manera que la planificación resulta ser un indicador importante para analizar el desempeño de las personas ante una tarea o un problema. Para Flores-Lázaro y Ostrosky⁷ esta función ejecutiva corresponde a la capacidad de interiorizar, secuenciar y desarrollar pasos iniciales para el logro de metas a corto, mediano y largo plazo. En este marco, se incluye la capacidad de formular hipótesis, hacer cálculos y estimaciones cognitivas para generar estrategias para resolver distintos problemas que se presentan en la cotidianidad.⁸ Esta competencia surge cerca de los 4 años y mejora hacia los 8 años, evolucionando y mejorando hacia edades posteriores del ciclo vital.⁹

Por otro lado, la memoria corresponde a un proceso cognitivo por el cual las personas son capaces de retener, codificar, almacenar y evocar cualquier conocimiento que se haya obtenido.¹⁰ Tulving¹¹ la sintetiza como la capacidad de los organismos de adquirir, retener o utilizar el conocimiento o la información, participando en todo ingreso o captación de los conocimientos, ya sea deliberado o completamente involuntario. El proceso de la memoria depende del interés de la persona, demostrando una actitud positiva al momento de asimilar algo, por lo tanto, se tiene una variable constante y muy utilizada por parte de los profesores que es la motivación del estudiante.

La memoria se puede clasificar en dos tipos: a) de corto plazo, que a su vez se divide en memoria sensorial y memoria de trabajo; b) de largo plazo, donde se encuentra la memoria explícita que corresponden aquella que podemos narrar (experiencias y hechos) y la memoria implícita que incluye el uso y manipulación de objetos, la sensibilización, la habituación y la asociación entre estímulos.¹² Dentro de la memoria de trabajo se encuentra la visuoestructiva, que corresponde a una habilidad de tipo perceptivo, atencional y de toma de decisiones, que consiste en decodificar una imagen u objeto en los elementos que la constituyen con el fin de realizar una

réplica de este. Esta habilidad está implicada en tareas como el dibujo, la construcción de modelos y tareas de ensamblaje de objetos de uso cotidiano.¹³

Otro proceso relevante es la atención, que corresponde a la capacidad de concentrarse voluntariamente hacia un evento, en el caso de los seres humanos determinada por su capacidad lingüística, referida, así como un comportamiento superior.¹⁴ Para James¹⁵ la atención ocurre cuando se deja de lado ciertas cosas o situaciones para enfocarse eficientemente en otras. Sin embargo, no es solamente la facultad mental para captar la mirada en uno o más sucesos de la realidad y eliminar los restantes, sino que es adquirir mediante la mente, de forma clara y vívida, uno de los varios posibles objetos o situaciones de pensamiento que surgen al mismo tiempo. Por su parte, De Vega¹⁶ define este ámbito, como un sistema de capacidad limitada que realiza operaciones de selección de información y cuya disponibilidad o estado de alerta fluctúa considerablemente. La atención puede ser clasificada en dos grupos: a) la atención involuntaria o estado de alerta que es generada por el circuito subcortical y, b) la atención voluntaria que implica circuitos corticales. Esta a su vez se divide en atención selectiva, sostenida, alterante, dividida, etc.¹²

Existen diversos trabajos que evidencian los efectos positivos del ejercicio físico en las diferentes funciones ejecutivas y cognitivas. Uno de ellos aplicó ejercicio físico moderado de 45-50 minutos a 44 adultos mayores tres veces por semana por 6 meses, encontrando diferencias significativas tras la intervención en las pruebas de Mini examen cognitivo, Test de retención visual de Benton, Aprendizaje audioverbal de Rey y la prueba de trazo, pero no hubo grandes diferencias en la prueba de Stroop.¹⁷ Otro estudio evaluó a 690 sujetos entre 30 a 85 años y encontraron relación entre la intensidad de la práctica de ejercicio físico aeróbico e indicadores de funcionamiento de habilidades cognitivas como la memoria y velocidad visoperceptiva.¹⁸ En este contexto, Martín et al.¹⁹ aplicaron un programa de actividad física de juegos reducidos durante 8 semanas a una muestra de 54 adolescentes encontrando efectos positivos sobre el índice de memoria de trabajo y el tiempo concluyendo la relevancia de la actividad física regular en el desarrollo cognitivo de los jóvenes.

Otro trabajo mostró que existen efectos de un entrenamiento de intervalo de alta intensidad de 20 minutos 3 veces por semana durante cuatro semanas, encontrando que el aumento de los puntajes corresponde al cambio de VO₂máx. en la memoria operativa de las matemáticas.²⁰ Por el contrario, Maureira et al.²¹ estudiaron la relación del VO₂ máx. evaluado con el test de Naveta, niveles de atención (test Toulouse-Pierón) y el rendimiento académico (calificaciones) en estudiantes de 10 a 13 años. En función de los resultados del estudio aplicado, evidenciaron que no existen diferencias significativas en la relación del VO₂ máx.

Una revisión que abarcó entre los años 2013 y 2018 mostró que existe un 85% de los trabajos con efectos positivos del ejercicio físico en el rendimiento académico escolar donde la aptitud cardiorrespiratoria es la más frecuente para mejorar el rendimiento en las asignaturas de matemática o lenguaje.²² Por otra parte, también se ha evidenciado efectos positivos en la atención sostenida en adultos jóvenes tras siete sesiones de ciclismo moderado,²³ al igual que la actividad física elevada mejora los niveles de atención y memoria en estudiantes universitarios²⁴ y el trabajo aeróbico submaximal muestra mejoras significativas en la atención en una sesión.²⁵

Finalmente, se puede afirmar que la mayoría de las investigaciones dan cuenta de que el ejercicio físico tiene efectos positivos en diferentes funciones cognitivas y ejecutivas, dando bases para la línea de neuroeducación física, que precisamente busca estudiar como la práctica de actividad física puede generar efectos a nivel cerebral. Es por ello por lo que surge el siguiente objetivo del estudio: determinar los efectos de una sesión de ejercicio aeróbico en la atención alternante, planificación y memoria visuoconstructiva en estudiantes de educación física de una universidad de Santiago de Chile.

Metodología

El estudio posee un enfoque cuantitativo, experimental con un diseño cuasi-experimental.²⁶

Muestra

De tipo no aleatoria e intencionada. Estuvo constituida por 35 estudiantes de sexo masculino de Pedagogía en Educación Física de 1° a 5° año de la carrera. La edad promedio fue de 22,7±1,21 años. Los criterios de exclusión fueron: estudiantes varones con algún trastorno de déficit de atención, memoria o planificación (funciones cognitivas y ejecutivas); estudiantes que hayan estado en tratamiento con psicofármacos o hayan estado en tratamiento psicológico/psiquiátrico en los últimos 12 meses; estudiantes varones con alguna lesión física que no le permita realizar actividad física; estudiantes varones que realizan ejercicio físico regularmente fuera de los horarios de clases de la carrera (clubes deportivos, selecciones universitarias, etc.). El poder estadístico de la muestra para un $\alpha=0,05$ y un tamaño del efecto mediano fue de 0,84.

Instrumentos

Para evaluar la atención alternante se utilizó la prueba de símbolos y dígitos de Smith,²⁷ ya que su ejecución permite la valoración de funciones cerebrales como la percepción visual a través de estímulos.²⁸ La prueba consiste en una planilla que consta de un cuadro de claves donde aparecen 9 símbolos con sus respectivos números del 1 al 9. Luego se aprecian 120 símbolos con la numeración en blanco. Se le indica al evaluado que a cada sím-

bolo debe asignarle el número correspondiente según las claves en la parte superior de la hoja. Los 10 primeros símbolos son para practicar. La prueba tiene una duración de 90 segundos y se evalúan las respuestas correctas.

Para evaluar la habilidad de planificación se utilizó la prueba Torre de Hanoi creada por Edouard Lucas en 1983.²⁹ Corresponde a una base con 3 ejes y diferentes discos de diámetro (para el estudio se utilizaron 4 discos) que se ubican en uno de los ejes. La prueba consiste en trasladar la configuración de los discos desde una posición A hasta la posición B en el menor tiempo y movimientos posibles. Para la prueba se deben considerar tres normas: un disco no puede colocarse sobre uno más pequeño; solo se puede mover un disco a la vez y siempre los discos deben estar en uno de los ejes (no se pueden dejar sobre la mesa, mano, etc.).

Para evaluar la memoria visuoconstructiva se utilizó la Figura compleja de Rey.³⁰ Está consiste en copiar una imagen (formada por varias figuras geométricas) con la mayor precisión posible. Luego el evaluado descansa por tres minutos, para realizar nuevamente el dibujo, pero esta vez sin observar la imagen. Los dibujos no tienen tiempo máximo de ejecución.

Procedimiento

Unos días antes de la primera sesión cada participante recibió indicaciones sobre no consumir bebidas con alcohol, bebidas energizantes o drogas al menos 24 horas antes de la evaluación, así como dormir mínimo ocho horas la noche anterior, para lograr un descanso apropiado. En la primera sesión se le aplican las pruebas de atención alternante, planificación y memoria visuoconstructiva al total de la muestra y luego 20 estudiantes son asignados al azar al grupo experimental y 15 al grupo control. La segunda sesión se lleva a cabo una semana después, ya que según la curva del olvido de Ebbinghaus³¹ se recuerda menos del 5% de lo aprendido al transcurrir siete días, de esa manera se evita la memorización de la prueba tras su primera aplicación.

Antes de la segunda sesión se les recuerda a los participantes no consumir bebidas con alcohol, bebidas energizantes o drogas al menos 24 horas antes de la evaluación, así como dormir mínimo ocho horas la noche anterior. En la segunda sesión el grupo experimental es sometido a una intervención de ejercicio físico aeróbico durante 20 minutos al 65-80% de la Frecuencia Cardíaca máxima (FC_{máx}). La FC de trote para cada participante se calculó utilizando la fórmula de Karvonen: $(FC_{máx} - FC_{reposo}) * \% \text{ intensidad} + FC_{reposo}$.³² Donde la FC_{máx} se obtuvo con la fórmula de Tanaka et al.³³: $208 - (0,7 * \text{edad})$. Durante la intervención la FC se monitoreaba mediante un reloj modelo Garmin Forerunner 55. La intervención se realizó entre las 09:00 hrs y 13:00 hrs. Terminada la intervención se procede a realizar las pruebas cognitivas.

Durante la segunda sesión el grupo control solo realiza las pruebas cognitivas.

Durante el presente estudio se respetaron los principios éticos para las investigaciones médicas con seres humanos de la Declaración de Helsinki.³⁴ Para participar en la presente investigación todos los estudiantes firmaron un consentimiento informado.

Resultados

En la tabla 1 se puede observar que existen diferencias significativas tras la intervención del ejercicio físico en la muestra, con un aumento del puntaje de la atención alternante del grupo experimental, sin embargo, con un tamaño del efecto pequeño ($d < 0,20$). En la Figura de Rey disminuyó el tiempo de copia y el tiempo de memoria, aumentando el puntaje de la prueba en el grupo experimental,

con tamaños del efecto pequeños y medianos ($d < 0,50$). En la Torre de Hanoi hubo diferencias significativas disminuyendo el tiempo de resolución tras la intervención, con un tamaño del efecto mediano ($d < 0,50$), pero en el número de movimientos a pesar de que disminuyeron los valores no fueron significativos.

Discusión

Dentro de los resultados de la investigación se puede apreciar que la atención alternante, planificación y memoria visuoespacial se pueden mejorar mediante el ejercicio aeróbico, concordando con Guillamón et al.³⁵, quienes encuentran mejora de otra facultad cognitiva como la atención selectiva mediante el ejercicio aeróbico. Otros estudios concluyen que la intensidad al realizar ejercicio aeróbico está completamente relacionada al funcionamiento

Tabla 1. Comparación de los puntajes en las diversas pruebas cognitivas antes y después de la intervención.

Prueba	Grupo	Pre	Post	Valor p	d
Atención alternante	Experimental	53,9±13,0	57,6±10,0	0,018*	0,16
	Control	54,9±8,1	56,7±7,3	0,059	-
Figura de Rey	Experimental	189,8±74,2	157,2±46,5	0,039*	0,25
	Control	136,8±49,8	121,2±33,7	0,099	-
	Experimental	156,7±43,0	129,5±34,3	0,004**	0,33
	Control	145,9±64,2	117,4±37,4	0,133	-
	Experimental	22,9±4,9	27,9±5,4	0,000**	0,44
	Control	25,5±3,6	26,7±3,6	0,102	-
Torre de Hanoi	Experimental	146,3±114,5	64,8±31,4	0,005**	0,43
	Control	114,3±54,2	74,2±36,0	0,117	-
	Experimental	32,0±12,6	29,3±14,7	0,538	-
	Control	36,4±16,1	27,2±10,6	0,133	-

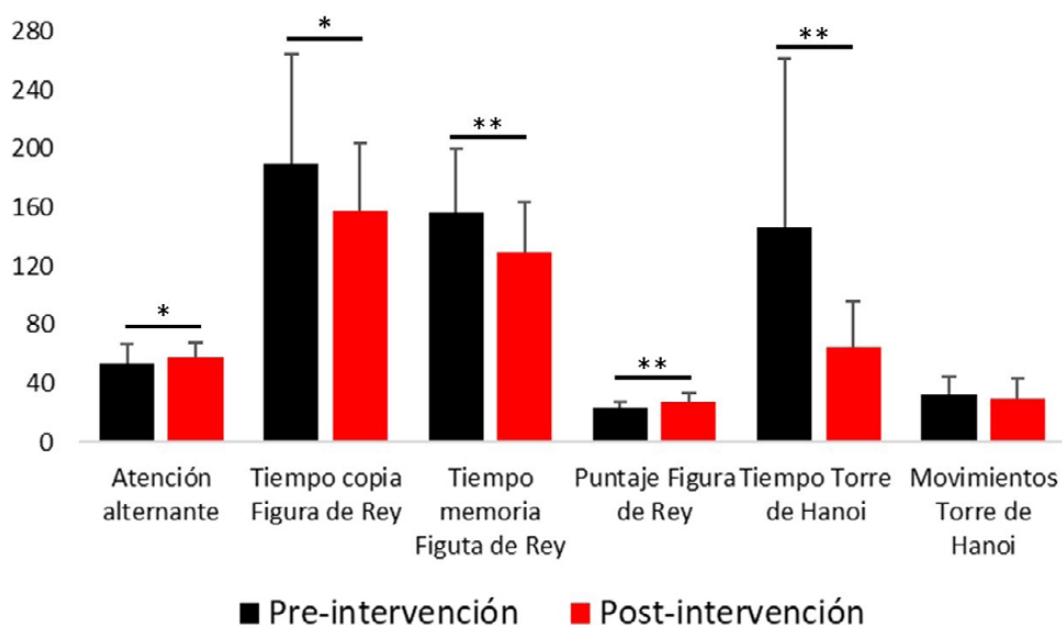


Figura 1. Puntajes pre y post del grupo experimental en cada indicador de las pruebas cognitivas.

físico y capacidades cognitivas¹⁸ y que el ejercicio aeróbico es un medio beneficioso para influir positivamente al cerebro y sus habilidades cognitivas.³⁶ Los resultados aquí expuestos son concordantes con los resultados de una revisión donde más del 70% los estudios reportan efectos beneficiosos de la actividad física sobre la atención.³⁷

Otro elemento que se debe tener con consideración, son los valores de tamaño del efecto, donde los valores más representativos en la prueba de la figura de Rey ($d=0,44$) y en el tiempo al resolver la tarea de la Torre de Hanoi (0,43) siendo mejor en los sujetos del grupo experimental y no encontrando diferencias significativas en la cantidad de movimientos en la prueba de planificación, esto se podría explicar porque cuando los sujetos terminan la intervención de ejercicio físico aumentan sus niveles impulsividad, por lo que tienden hacer más movimientos sin pensar tanto en una estrategia, es un elemento que se debe tener en consideración para futuros estudios con una muestra de mayor tamaño.

Algunos elementos que pueden explicar las mejoras en pruebas cognitivas tras la realización de ejercicio físico, son el aumento de oxigenación a través de un aumento de irrigación sanguínea al cerebro, permitiendo mayor utilización de oxígeno en procesos neuronales y aumento en la liberación de factores de crecimiento nervioso, sobre todo el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), el cual es responsable de procesos de mejora y creación de nuevas sinapsis (sinaptogénesis), permitiendo mejorar la eficiencia de la actividad cerebral.³⁸ Estos efectos pueden apreciarse incluso tras sólo una sesión de ejercicio físico y cuyo efecto dura varias horas posteriores.³⁹ El ejercicio físico aeróbico es el que ha mostrado mejores efectos sobre las funciones cerebrales, con intensidades del 65%-80% de la frecuencia cardíaca máxima durante 30, 20 e incluso 10 minutos.⁴⁰

El ejercicio físico a través del tiempo (semanas, meses y años) permite además generar nuevas neuronas (neurogénesis) lo que aumenta la eficacia en la resolución de problemas cognitivas.¹⁰ El ejercicio físico produce la liberación de la proteína IGF-1 desde el hígado, la cual viaja por el torrente sanguíneo, llega al cerebro y, a través de una compleja cadena de proteínas, estimula la producción de BDNF, lo cual finalmente produce neuroplasticidad.³⁷ De esta forma es posible explicar los efectos del ejercicio sobre los resultados de pruebas de atención y memoria.

Son limitaciones del presente trabajo las características de la muestra, edad, sexo, formación académica del estudiantado y el tipo de intervención, ya que los resultados podrían variar según dichas variables.

Conclusión

La investigación realizada revela los efectos positivos de una sesión de ejercicio aeróbico de trote continuo de 20 minutos al 65-80% FC_{máx} en los resultados de la prueba de atención alternante, planificación y memoria

visuoconstructiva en estudiantes de educación física, por lo que se recomienda instaurar dentro de la carga académica del estudiantado universitario actividades físicas que lleguen a intensidades del 65-80% de FC_{máx}, ya que este podría colaborar con los procesos cognitivos asociados al aprendizaje así dar cuenta y bases de una línea de estudio asociada a la neuroeducación física.

Por otra parte, estudios que aborden específicamente los efectos de una sesión de ejercicio aeróbico en la atención alternante, planificación y memoria visuoconstructiva en una muestra de jóvenes universitarios es relevante, ya que generalmente estos tipos de trabajos se enfocan en el contexto escolar,⁴¹ siendo una limitación considerando por ejemplo que los procesos atencionales en estudiantes universitarios se encuentran completamente desarrollados⁴² y los beneficios del ejercicio físico se pueden ver a lo largo del ciclo vital, por lo que estos resultados pueden incentivar futuras investigaciones en el campo de la neuroeducación física, brindando una base sólida para explorar la relación entre el ejercicio físico y el rendimiento cognitivo para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje en la formación universitaria además de los beneficios para la salud.⁴³

Finalmente, se recomienda como proyección del presente estudio utilizar otros diseños de investigación, interviniendo dentro de las variables, ya que, esta puede variar en los tiempos de la intervención del ejercicio aeróbico, investigar sobre otras funciones cognitivas, modificar los rangos de la FC, ampliar el rango de edad de la muestra, utilizar ejercicio de carácter anaeróbico, HIIT o entrenamiento de fuerza, entre otros.

Referencias

1. Lezak M. The problem of assessing Executive Functions. *International Journal of Psychology*, 1982; 17: 281-297. <https://doi.org/10.1080/00207598208247445>
2. Olson E, Luciana M. The development of prefrontal cortex functions in adolescence: theoretical models and a possible dissociation of dorsal versus ventral subregions. In Nelson C, Luciana M, editores. *The Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*, (2nd ed.). Cambridge: MIT Press, 2008. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7437.003.0042>
3. Volckaert A, Noël M. Training executive function in preschoolers reduce externalizing behaviors. *Trends in Neuroscience and Education*, 2015; 4(1): 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.02.001>
4. Tirapú J, Muñoz J, Pelegrin C, Albeniz A. Propuesta de un protocolo para la evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista Neurología*, 2005; 41(3): 177-186. <https://doi.org/10.33588/rn.4103.2005054>
5. Rodríguez S, Tena M, Gallart C, Sala M. Mejora de la capacidad de planificación cognitiva del alumnado de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Aula Abierta*, 2015; 43(1): 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.aula.2014.10.001>

6. Siegler R. *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991. <https://doi.org/10.4324/9780203763087>
7. Flores-Lázaro J, Ostrosky F. Neuropsicobiología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 2008; 8(1): 47-58.
8. Saldarriaga M, Muñoz K. *Construcción del sistema de información y atención al usuario (SIAU) en el laboratorio clínico LACID. [Tesis de postgrado].* Medellín: Universidad CES; 2008. 58 p.
9. Ostrosky F, Lozano A. Evaluación neuropsicológica en el envejecimiento normal y el envejecimiento patológico. En: Quintanar F, editor. *Atención psicológica de las personas mayores: investigación y experiencias en psicología del envejecimiento.* México: Pax; 2011. p.73-100.
10. Maureira F. *Principios de neuroeducación física.* Madrid: Bubok Publishing, 2018.
11. Tulving E. Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 1987; 6(2): 67-80.
12. Maureira F, Flores E. *Principios de Neuropsicobiología para estudiantes de educación.* Valencia: Obra-propia, 2016.
13. Biesbroek M, van Zandvoort M, Kuijff H, Weaver N, Kappelle L, Vos P, Velthuis B, Biessels G, Postma A. The anatomy of visuospatial construction revealed by lesion-symptom mapping. *Neuropsychologia*, 2014; 62: 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.013>
14. Flores E. Proceso de la atención y su implicación en el proceso de aprendizaje. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 2016; 7(3): 177-186.
15. James W. *Principios de la Psicología.* Henry Holt and company, 1890.
16. De Vega M. *Introducción a la psicología cognitiva.* Madrid: Alianza Editorial, 1984.
17. Sánchez J, Calvo J, Sánchez J. Efectos del ejercicio físico moderado sobre la cognición en adultos mayores de 60 años. *Revista de Neurología*, 2018; 66(7): 230-236. <https://doi.org/10.33588/rn.6607.2017449>
18. López M, Zamarrón M, Fernández R. Asociación entre la realización de ejercicio e indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Comparativa de resultados en función de la edad. *Revista Española de Geriatriá y Gerontología*, 2011; 46(1): 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2010.06.002>
19. Martín I, Chiroso L, Reigal R, Hernández A, Juárez R, Guisado R. Efectos de la actividad física sobre las funciones ejecutivas en una muestra de adolescentes. *Anales de Psicología*, 2015; 31(3): 962-971. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.32.1.171601>
20. May R, Hutchinson M, Seibert G, Fincham F, Sanchez M. Mejora del Rendimiento Cognitivo a Través del Ejercicio Aeróbico Intervalado de Alta Intensidad: Un Ensayo Controlado Aleatorizado. *Revista de Educación Física: Renovar la Teoría y Práctica*, 2019; 155: 29-33.
21. Maureira F, Flores E, Veliz C. Relación del VO2 máx. Medido con el test de Naveta, niveles de atención y el rendimiento académico en estudiantes de 10 a 13 años de un colegio de Santiago de Chile. *Revista Motricidad y Persona*, 2015; 16: 27-34.
22. Maureira F. Relación entre el ejercicio físico y el rendimiento académico escolar: revisión actualizada de estudios. *EmásF, Revista Digital de Educación Física*, 2018; 53: 168-184.
23. Kumar B, Robinson R, Till S. Physical activity and health in adolescence. *Clin Med (Lond)*, 2015; 15(3): 267-272. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.15-3-267>
24. Phan D, Chan C, Pan R, Yang N, Hsu H, Ting H, Lai K. A study of the effects of daily physical activity on memory and attention capacities in college students. *J Healthc Eng*, 2018; 2942930. <https://doi.org/10.1155/2018/2942930>
25. Luque A, Perakakis P, Hillman C, Kao S, Llorens F, Guerra P, Sanabria D. Differences in sustained attention capacity as a function of aerobic fitness. *Med Sci Sports Exerc*, 2016; 48(5): 887-895. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000857>
26. Maureira F, Flores E. *Manual de investigación cuantitativa.* Madrid: Bubok Publishing, 2018.
27. Ramos-Galarza C, Acosta-Rodas P, Jadán-Guerrero C, Guevara-Maldonado C, Zapata-Rodríguez M, Apolo-Buenaño D. Evaluación Neuropsicológica de la Atención: Test de Símbolos y Dígitos. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 2018; 27(1): 30-33. <http://dx.doi.org/10.46997/revecuatuatneurol29100125>
28. Smith A. *Symbol Digit Modalities Test.* Torrance: Western Psychological, 1973.
29. Buller I. Evaluación neuropsicológica efectiva de la función ejecutiva. *Cuadernos de Neuropsicología*, 2010; 4(1): 63-86.
30. Rey A. *Test de copia y de reproducción de memoria de figuras geométricas complejas.* Madrid: TEA ediciones, 2003.
31. Ebbinghaus H. *Memory: a contribution to experimental psychology.* New York: Teachers College, Columbia University, 1885.
32. Wilmore J, Costill D. *Fisiología del esfuerzo y del deporte.* Zaragoza: Paidotribo, 2004.
33. Tanaka H, Monahan K, Seals D. Age-predicted maximal heart rate. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2001; 37(1): 153-156. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01054-8)

34. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 2013; 310(20): 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
35. Guillamón A, García E, Martínez E. Ejercicio físico aeróbico y atención selectiva en escolares de educación primaria. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF). *Retos*, 2021; 39: 421-428. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.81060>
36. Meeusen R. Ejercicio, nutrición y el cerebro. *Sports Science*, 2013; 26(112): 1-6.
37. Maureira F, Flores E. Efectos del ejercicio físico sobre la atención: una revisión de los últimos años. *Ciencias de la Actividad Física UCM*, 2017; 18(1): 73-83.
38. Maureira F. Neuroeducación física: aprendizaje-memoria, factores neurotróficos y ejercicio físico. Madrid: Bubok Publishing, 2021.
39. Ferreyra J, Morales M, Sosa A, Mottura E, Figueroa C. Efecto agudo y crónico del ejercicio físico sobre la percepción-atención en jóvenes universitarios. *Calidad de Vida UFLO*, 2011; 3(6): 103-136.
40. Maureira F, Flores E, Hadweh M, Paredes D, Morales M. Efectos de diversos intervalos de tiempo e intensidades de ejercicio aeróbico sobre los niveles de atención selectiva y sostenida en estudiantes universitarios. *Retos*, 2023; 47: 915-919. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.96926>
41. López-Hernández E, Acosta-Rodas P, Cruz-Cárdenas J, Ramos-Galarza C. Music therapy intervention for memory, attention, and language in children with dislalia. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 2021; 30(2): 48-56. <http://dx.doi.org/10.46997/reve-cuatneurol30200048>
42. Ramos-Galarza C, Paredes L, Andrade S, Santillán W, González L. Sistemas de Atención Focalizada, Sostenida y Selectiva en Universitarios de Quito-Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 2016; 25(1): 34-38.
43. Siteneski, A, Sánchez J, Olescowicz G. Neurogénesis y Ejercicio Físico: Una actualización. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 2020; 29(1): 125-136. <https://doi.org/10.46997/revecuatneurol29100125>