

Influencia de la actividad física en los procesos cognitivos

Influence of physical activity on cognitive processes

Héctor Julio Piñera Castro^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-2491-489X>

Lisandra Aimé Ruiz González¹ <https://orcid.org/0000-0001-7248-2406>

¹Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. “Victoria de Girón”. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia: hectorpinera18100@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Las bases del comportamiento humano y la capacidad de interacción con todo lo que está a su alrededor están fundamentadas en los mecanismos cognitivos. Profundizar en el estudio de los efectos de la actividad física sobre el rendimiento de los mismos posee gran relevancia.

Objetivo: Describir la influencia de la actividad física en las funciones y habilidades cognitivas.

Métodos: Se realizó un estudio de revisión bibliográfica en las bases de datos Web of Science, Scopus, Dialnet, PubMed, ERIC, SPORTDiscus y PsycINFO. Luego de aplicar criterios de inclusión/exclusión, fueron seleccionados 62 artículos.

Desarrollo: Como respuesta al ejercicio físico, mejora el funcionamiento del metabolismo neuronal y mitocondrial a través de la regulación de vías vasculares, metabólicas e inflamatorias. La actividad física influye positivamente en la plasticidad sináptica, lo cual mejora la función visoespacial, la velocidad de procesamiento, la resolución de problemas, el rendimiento académico, la atención sostenida y la función ejecutiva.

Conclusiones: La actividad física influye positivamente en el funcionamiento cerebral y, por tanto, en los procesos cognitivos. Una condición física óptima, así como niveles moderados y vigorosos de actividad física, tienen un impacto favorable en las funciones cognitivas.

Palabras clave: ejercicio físico; actividad motora; cognición; procesos cognitivos; funciones cognitivas; habilidades cognitivas.

ABSTRACT

Introduction: The bases of human behavior and the ability to interact with the environment are based on cognitive mechanisms. Deepening the study of the effects of physical activity on their performance is highly relevant.

Objective: To describe the influence of physical activity on cognitive functions and skills.

Methods: A literature review was conducted in the databases Web of Science, Scopus, Dialnet, PubMed, ERIC, SPORTDiscus and PsycINFO. Once the inclusion/exclusion criteria were applied, 62 articles were selected.

Development: As a response to physical exercise, it improves the functioning of neuronal and mitochondrial metabolism through the regulation of vascular, metabolic, and inflammatory pathways. Physical activity has positive influence on synaptic plasticity, which improves visuospatial function, processing speed, solution of problems, academic performance, sustained attention, and executive function.

Conclusions: Physical activity positively influences brain functioning and cognitive processes. Optimum physical condition, as well as moderate and vigorous levels of physical activity, have a favorable impact on cognitive functions.

Keywords: physical exercise; motor activity; cognition; cognitive processes; cognitive functions; cognitive skills.

Recibido: 23/07/2021

Aceptado: 01/11/2021

Introducción

La actividad física (AF) ha sido estudiada durante décadas por ser uno de los factores más relevantes que condicionan el estado de salud del individuo,^(1,2,3) dados sus efectos positivos en la prevención de la morbilidad y mortalidad asociadas a afecciones cardiovasculares^(2,4,5) y otras causas. Junto con la condición física (CF), la AF es un potente indicador del estado de salud cardiovascular, no solo en adultos,^(6,7) sino también en niños y adolescentes.^(1,8)

Se entiende como AF cualquier movimiento corporal, realizado con los músculos esqueléticos, que resulta en un gasto de energía y le permite al individuo la interacción con el medio que le rodea, en verdadera integración de tres dimensiones: biológica, personal y sociocultural.^(9,10)

El ejercicio físico (EF) –en lo adelante, también denominado “ejercicio”–, constituye un subconjunto de la AF, que se ejecuta de forma planificada, estructurada y repetitiva con el objetivo final o intermedio de mejorar o mantener la CF.^(9,10)

La AF, por tanto, engloba al EF, pero también a otras actividades de juego, trabajo, de la vida cotidiana, formas activas de transporte y actividades recreativas.

La cognición equivale a capacidad de procesamiento de la información a partir de la percepción y la experiencia, pero también de las inferencias, la motivación o las expectativas. En este sistema general de procesamiento de la información, la percepción constituye el pilar básico en el que se asientan los procesos cognitivos básicos o simples (atención, memoria y aprendizaje) y los complejos (lenguaje, pensamiento, inteligencia).^(10,11,12,13)

Las bases del comportamiento humano y la capacidad de interacción con todo lo que está a su alrededor están fundamentadas en los mecanismos cognitivos.^(14,15) Ello justifica la gran trascendencia de profundizar en el estudio de los efectos de la AF sobre el rendimiento de los mismos.

Tradicionalmente, las funciones y habilidades cognitivas se han estudiado en situaciones de reposo, lejos de la realidad en la que el individuo se encuentra inmerso y con la que

interactúa a través del movimiento.^(16,17) Además, los comportamientos humanos que implican atención sostenida o vigilancia se dan con bastante frecuencia en situaciones de movimiento.^(18,19)

Ha sido abordado en algunas investigaciones el rol de la AF en la disminución del riesgo de padecer alteraciones mentales (ansiedad, depresión), en el tratamiento eficaz de las mismas, así como en la prevención de enfermedades crónicas y trastornos cognitivos.^(20,21)

Por todo ello es importante estudiar la actividad cognitiva mientras el individuo está en movimiento; es decir, mientras realiza cualquier AF.

Esta investigación tuvo como objetivo describir la influencia de la AF en las funciones y habilidades cognitivas.

Métodos

Se realizó un estudio de revisión bibliográfica de artículos publicados en el período 2018-2021 en las bases de datos Web of Science, Scopus, Dialnet, PubMed, ERIC, SPORTDiscus y PsycINFO.

Fueron empleados los siguientes descriptores (en español e inglés): ejercicio físico, actividad física, factores cognitivos, procesos cognitivos, función ejecutiva, función visoespacial, velocidad de procesamiento de la información, atención, percepción, memoria, lenguaje, pensamiento, rendimiento cognitivo/académico.

Se incluyeron en la investigación artículos originales o revisiones sistemáticas/bibliográficas que estudiaran la relación entre actividad física/ejercicio físico y procesos cognitivos, función visoespacial, velocidad de procesamiento, resolución de problemas, rendimiento académico, atención sostenida y función ejecutiva.

Se excluyó todo artículo que:

- no estuviera escrito en idioma español y/o inglés.
- no hubiese sido publicado en alguna revista indexada.
- no mostrara texto completo.
- poseyera una metodología insuficientemente explicada.
- que no hubiese sido revisado por pares.

Fueron seleccionados 62 artículos cuyo contenido fue sometido a un proceso analítico-sintético.

La actividad física en los procesos cognitivos

Durante la infancia y la adolescencia, el cerebro experimenta notorios cambios morfofuncionales, y en este sentido han sido sugeridos los efectos beneficiosos que la AF tiene sobre la capacidad cognitiva en niños, adolescentes y jóvenes.^(10,11,12,13)

Resulta relevante destacar que la adolescencia es un período oportuno para estimular la función cognitiva, debido a la plasticidad del cerebro, así como una etapa importante para la

angiogénesis y neuroplasticidad, por lo que aquellos adolescentes físicamente inactivos podrían perder un estímulo excelente para mejorar sus capacidades cognitivas y motoras, que incrementarían sus probabilidades de ser más activos en el futuro.

Se ha planteado que el ejercicio, fundamentalmente de tipo aeróbico, se vincula con indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Asimismo, se esgrimen argumentaciones sobre cómo dichos beneficios podrían ser más relevantes en función de la edad del individuo.^(13,20,22)

Los estudios que vinculan la AF y el funcionamiento cognitivo han sido valorados desde varios enfoques como el efecto neuroprotector de la AF ante la demencia, el efecto positivo del ejercicio sobre el volumen cerebral, y el efecto positivo de la AF sobre el rendimiento en tareas cognitivas.^(13,20,22) La relación existente entre AF, CF y rendimiento cognitivo y/o académico ha sido objeto de un creciente cuerpo de investigación.^(23,24)

Eventos moleculares y celulares promovidos por la actividad física que son beneficiosos para los procesos cognitivos

El EF favorece el desarrollo de la capacidad de suministro de oxígeno al cerebro y, por tanto, su disponibilidad; aumenta el metabolismo de la glucosa a nivel celular y permite una más adecuada provisión y utilización de energía en el sistema nervioso central.^(14,23,24)

Los mecanismos de señalización celular por los cuales el ejercicio impacta en la función cognitiva se han investigado a través del estudio imagenológico y molecular, centrada la atención en la liberación de determinadas sustancias como respuesta al EF. El ejercicio aumenta la secreción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), al igual que el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), favorece la supervivencia neuronal, la neurogénesis, la transmisión sináptica y la sinaptogénesis.^(25,26,27,28) De igual forma, se ha demostrado que el EF induce la proliferación del factor de crecimiento endotelial vascular (involucrado en el mecanismo de la angiogénesis).^(29,30,31)

Existen mecanismos de señalización que indican una asociación entre el metabolismo energético neuronal y la plasticidad sináptica, lo cual expresa que las señales metabólicas son importantes moduladoras de la función cognitiva. Se evidencia así que el ejercicio es un activador metabólico importante, de manera que estos procesos pueden ser un modo en el que el ejercicio influya sobre el sistema nervioso central y la función cognitiva.^(32,33,34,35)

Esta relación se ha estudiado mediante el análisis de la función del BDNF en varias moléculas de gestión de la energía en el hipocampo, como la proteína quinasa activada por adenosín monofosfato (AMPK), la proteína ubicuo creatina quinasa mitocondrial (uMtCK), la proteína de desacoplamiento mitocondrial 2 (UCP-2), la hormona grelina y el IGF-1.^(36,37,38,39)

La AMPK se ha identificado como un indicador de combustible que detecta niveles bajos de energía, la uMtCK participa en el mantenimiento de la energía y la transducción, mientras que la UCP-2 permite la fuga de protones a través de las membranas mitocondriales y el transporte electrónico mitocondrial en el desacoplamiento de la síntesis de adenosín trifosfato (ATP). La hormona grelina es secretada por el estómago vacío para promover el hambre, y su acción en el hipocampo aumenta la retención de la memoria.^(36,37,38,39)

De esta forma, el aumento de los niveles de AMPK, uMtCK, grelina y el IGF-1 se relaciona con un mejor rendimiento en el aprendizaje. En este sentido, el ejercicio ha demostrado aumentar significativamente los niveles de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) de todas las proteínas metabólicas, incluye la grelina y el IGF-1. Estos factores se correlacionaron positivamente con los niveles de BDNF, lo que sugiere una posible relación entre el BDNF y el metabolismo neuronal; o sea, una relación entre la AF, el funcionamiento cerebral y, por tanto, las funciones cognitivas.^(36,37,38,39)

Efectos de la actividad física sobre los procesos cognitivos

La práctica sistemática y continuada de EF mejora la salud y plasticidad cerebrales a lo largo del ciclo vital, pero, especialmente, en la vejez. Las habilidades cognitivas con puntuaciones significativamente más altas (fundamentalmente la función ejecutiva y la velocidad de procesamiento de la información) que muestran los adultos mayores que llevan a cabo una práctica de ejercicio regular (con respecto a los sujetos jóvenes que llevan una práctica análoga) son también aquellas funciones que experimentan más declive debido al proceso de envejecimiento. Esto permite suponer que el EF continuo y sistemático reduce el deterioro propio de la edad.^(20,40,41)

Sería conveniente determinar si el EF puede compensar el declive físico y cognitivo asociado a la edad.

Las puntuaciones en el funcionamiento cognitivo y físico se asocian de forma directa a la intensidad en la realización del EF. Concuerdan varios investigadores^(42,43,44) que se observan sus efectos positivos en la función visoespacial y la velocidad de procesamiento. Se confirma, además, un efecto discreto del ejercicio sobre los indicadores de funcionamiento físico en función de la edad, pero no se ha encontrado una réplica de estos resultados con respecto a la variable funcionamiento cognitivo.^(45,46,47,48)

Respecto a la intensidad del EF, los resultados encontrados en los trabajos analizados sugieren que los sujetos con niveles de AF vigorosa tienen un mejor rendimiento académico y cognitivo que aquellos sujetos con niveles moderados de AF o físicamente inactivos.^(9,10,11,20,23,49)

El ejercicio ha evidenciado mejoras en la velocidad de procesamiento, la resolución de problemas, los procesos de la atención y la potenciación a largo plazo.^(9,10,50,51) Además, el nivel de aptitud física se correlaciona con la habilidad cognitiva de seriación, clasificación, y la lectoescritura.^(15,16,17,52,53,55)

En varias investigaciones se ha identificado una baja correlación entre la organización perceptiva —que se refiere a la relación cómo se recibe, procesa y organiza la información del medio circundante— y la aptitud física. También se ha observado que se correlacionan positivamente las capacidades cognitivas con la alta aptitud física.^(56,57,58,59)

La influencia del EF se produce a partir del seguimiento del principio de especificidad, aunque la mejoría cognitiva es general, las zonas que evidencian mayores cambios son las vinculadas a las funciones de más alto nivel cognitivo, como el hipocampo y las cortezas frontal y parietal, que están implicadas en la ejecución de tareas, la memoria, la resolución de conflictos y la atención selectiva.^(20,60,61,62)

En algunos estudios no se ha obtenido una relación positiva entre AF y rendimiento cognitivo y/o académico, o bien ha resultado una asociación débil entre dichas variables.⁽¹⁰⁾ Esto podría explicarse por el hecho de que la muestra empleada fue relativamente pequeña en comparación con otros estudios, o incluso podría deberse a las características de la población estudiada, donde las condiciones socioeconómicas de los sujetos son totalmente diferentes a las de los países desarrollados.

Se concluye que la AF mejora el funcionamiento del metabolismo neuronal y mitocondrial, lo cual influye positivamente en el funcionamiento cerebral y, por tanto, en los procesos cognitivos.

Una CF óptima, así como niveles moderados y vigorosos de AF, tienen un impacto favorable en las funciones cognitivas. Se requieren más estudios que profundicen en la asociación existente y que expliquen más detalladamente las causas de dicha relación.

Referencias bibliográficas

1. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjoström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obesity*. 2008;32:1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
2. Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality - A prospective study of healthy men and women. *Jama-J Am Med Assoc*. 1989;262:2395-401. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.262.17.2395>
3. Bădicu G. Physical Activity and Health-Related Quality of Life in Adults from Braşov, Romania. *Education Sciences*. 2018;8(2):52. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci8020052>
4. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002;346:793-801. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa011858>
5. Koolhaas CM. Physical activity types and health-related quality of life among middle-aged and elderly adults: The Rotterdam study. *The journal of nutrition, health & aging*. 2018;22(2):246-53. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12603-017-0902-7>
6. Bize R, Johnson JA, Plotnikoff RC. Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: A systematic review. *Prev Med*. 2007;45:401-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.07.017>
7. Marker AM, Steele RG, Noser AE. Physical activity and health-related quality of life in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health Psychology*. 2018;37(10):893. DOI: <https://doi.org/10.1037/hea0000653>
8. Van Uem JMT, Cerff Bernhard, Kampmeyer M, Prinzen J, Zuidema M, Hobert MA, *et al*. The association between objectively measured physical activity, depression, cognition, and health-related quality of life in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*. 2018;48:74-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.12.023>
9. Bidzan Bluma II, Lipowska M. Physical activity and cognitive functioning of children: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(4):800. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>

10. Rogers LQ, Carter SJ, Williams G, Courneyea. Physical activity. En: Rodríguez MA, Foxhall LE (editores). Handbook of Cancer Survivorship. Springer; 2018. pp. 287-307. ISBN: 978-0-8261-3819-4
11. Kato K, Iwamoto K, Kawano N, Noda Y, Ozaki N, Noda A. Differential effects of physical activity and sleep duration on cognitive function in young adults. J Sport Health Sci. 2018;(2):227-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.01.005>.
12. Daly Smith AJ. Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. BMJ open sport & exercise medicine. 2018;4(1):e000341. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000341>
13. Gheysen F. Physical activity to improve cognition in older adults: can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects? A systematic review and meta-analysis. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2018; 15(1):63. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0697-x>
14. Di Tore AP, Raiola G, D'isanto T. Situation awareness in sports science: Beyond the cognitive paradigm. Sport Science. 2018;11(1):44-8. DOI: https://www.academia.edu/download/61501329/The_effect_of_swimming_with_dolphins_on_the_selected_balance_and_strength20191212-71030-1z0g4jy.pdf#page=44: Beyond the cognitive paradigm.
15. Vazou S. More than one road leads to Rome: a narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. International Journal of Sport and Exercise Psychology. 2019;17(2):153-78. DOI: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223423>
16. Mandolesi L. Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: biological and psychological benefits. Frontiers in psychology. 2018;9:509. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509>
17. Kramer AF y Colcombe S. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study—revisited. Perspectives on Psychological Science. 2018;13(2):213-7. DOI: <https://doi.org/10.1177/1745691617707316>
18. Daly Smith AJ. Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. BMJ open sport & exercise medicine. 2018;4(1):e000341. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000341>
19. Middleton LE. The Mental Activity and eXercise (MAX) trial: Effects on physical function and quality of life among older adults with cognitive complaints. Contemporary clinical trials. 2018;64:161-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cct.2017.10.009>
20. Northey JM. Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. Br J Sports Med. 2018;52(3):154-60. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096587>
21. Erickson K. Physical activity, cognition, and brain outcomes: a review of the 2018 physical activity guidelines. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2019;51(6):1242-51. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>

22. Wilckens KA, Erickson KI y Wheeler ME. Physical activity and cognition: a mediating role of efficient sleep. *Behavioral sleep medicine*. 2018;16(6):569-86. DOI: <https://doi.org/10.1080/15402002.2016.1253013>.
23. Pontifex MB. A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. *Psychology of Sport and Exercise*. 2019;40:1-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.015>.
24. Mavilidi MF. A narrative review of school-based physical activity for enhancing cognition and learning: The importance of relevancy and integration. *Frontiers in psychology*. 2018;9:2079. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02079>.
25. Frith E y Loprinzi PD. Physical activity and individual cognitive function parameters: unique exercise-induced mechanisms. *Journal of Cognitive-Behavioral Psychotherapy and Research*. 2018;7(2):92-106. DOI: <https://doi.org/10.5455/JCBPR.284071>.
26. Sanders Lianne MJ. Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2019;14(1):1-24. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210036>.
27. Romera Liebana LI. Effects of a primary care-based multifactorial intervention on physical and cognitive function in frail, elderly individuals: a randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2018;73(12):1668-74. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/glx259>.
28. Fondell E. Physical activity across adulthood and subjective cognitive function in older men. *European journal of epidemiology*. 2018;33(1):79-87. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0331-2>.
29. Falck RS. Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of aging*. 2019;79:119-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.03.007>.
30. Shema Shiratzky S. Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: brief report. *Developmental neurorehabilitation*. 2019;22(6):431-6. DOI: <https://doi.org/10.1080/17518423.2018.1476602>.
31. Narita Ohtaki R. Cognitive function in Japanese women with posttraumatic stress disorder: Association with exercise habits. *Journal of affective disorders*. 2018;236:306-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.02.061>.
32. Bruderer Hofstetter M. Effective multicomponent interventions in comparison to active control and no interventions on physical capacity, cognitive function and instrumental activities of daily living in elderly people with and without mild impaired cognition—a systematic review and network meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2018;45:1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2018.04.002>.
33. Shimada H. Effects of combined physical and cognitive exercises on cognition and mobility in patients with mild cognitive impairment: a randomized clinical trial. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2018;19(7):584-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.09.019>.

34. Wilke J. Acute effects of resistance exercise on cognitive function in healthy adults: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Sports Medicine*. 2019;49(6):905-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01085-x>.
35. Loprinzi PD. Dose–response association between physical activity and cognitive function in a national sample of older adults. *American Journal of Health Promotion*. 2018;32(3):554-60. DOI: <https://doi.org/10.1177/0890117116689732>.
36. Liu JH. A randomized controlled trial of coordination exercise on cognitive function in obese adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018;34:29-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.09.003>.
37. Woost L. Physical exercise and spatial training: a longitudinal study of effects on cognition, growth factors, and hippocampal plasticity. *Scientific reports*. 2018;8(1):1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19993-9>.
38. Stern Y. Effect of aerobic exercise on cognition in younger adults: A randomized clinical trial. *Neurology*. 2019;92(9):e905-e16. DOI: <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000007003>.
39. Tyndall AV. Protective effects of exercise on cognition and brain health in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*. 2018;46(4):215-23. DOI: <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000161>.
40. Metti AL. Longitudinal changes in physical function and physical activity in older adults. *Age and ageing*. 2018;47(4):558-64. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afy025>.
41. Alderman BL, Olson RL y Brush CJ. Using event-related potentials to study the effects of chronic exercise on cognitive function. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2016;17(2):106-16. DOI: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223419>.
42. Cowie E. White K. Hamilton K. Physical activity and parents of very young children: The role of beliefs and social-cognitive factors. *British journal of health psychology*. 2018;23(4):782-803. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjhp.12316>.
43. Park Hye Sang. Physical exercise prevents cognitive impairment by enhancing hippocampal neuroplasticity and mitochondrial function in doxorubicin-induced chemobrain. *Neuropharmacology*. 2018;133:451-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2018.02.013>.
44. Stein AM. Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dementia & neuropsychologia*. 2018;12(2):114-22. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn12-020003>.
45. Gomes Osman J. Exercise for cognitive brain health in aging: a systematic review for an evaluation of dose. *Neurology: clinical practice*. 2018;8(3):257-65 DOI: <https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000460>.
46. Loprinzi PD, Blough J, Ryu S, Kang MI. Experimental effects of exercise on memory function among mild cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. *The Physician and sports medicine*. 2019;47(1):21-6. DOI: <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1527647>.
47. Pereira C. Effects of a 10-week multimodal exercise program on physical and cognitive function of nursing home residents: a psychomotor intervention pilot study. *Aging clinical*

- and experimental research. 2018;30(5):471-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0803-y>.
48. Mcadams Demarco MA. Intradialytic cognitive and exercise training may preserve cognitive function. *Kidney international reports*. 2018;3(1):81-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.08.006>.
49. Witlox L. Effect of physical exercise on cognitive function and brain measures after chemotherapy in patients with breast cancer (PAM study): protocol of a randomised controlled trial. *BMJ open*. 2019;9(6):e028117. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028117>.
50. De Greeff JW, Bosker RJ, Oosterlaan J, Visscher C, Hartman E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*. 2018;21(5):501-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>.
51. McGreevy KR, Tezanos P, Ferreiro Villar I, Pallé A, Moreno Serrano M, Esteve Codina A, *et al.* Intergenerational transmission of the positive effects of physical exercise on brain and cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019;116(20):10103-12. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1816781116>.
52. Gates N. Computerised cognitive training for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in late life. *Cochrane database of systematic reviews*. 2019;(3):1465-858 DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012277.pub3>.
53. Zhang K. Impact of aerobic exercise on cognitive impairment and oxidative stress markers in methamphetamine-dependent patients. *Psychiatry research*. 2018;266:328-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.03.032>.
54. Engeroff T. Lifespan leisure physical activity profile, brain plasticity and cognitive function in old age. *Aging & mental health*. 2019;23(7):811-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/13607863.2017.1421615>.
55. Pothier K. A comparison of the impact of physical exercise, cognitive training and combined intervention on spontaneous walking speed in older adults. *Aging clinical and experimental research*. 2018;30(8):921-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0878-5>.
56. Alkadhi KA. Exercise as a positive modulator of brain function. *Molecular neurobiology*. 2018;55(4):3112-30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12035-017-0516-4>.
57. Cooper SB. High intensity intermittent games-based activity and adolescents' cognition: moderating effect of physical fitness. *BMC public health*. 2018;18(1):603. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5514-6>.
58. Sánchez López J. High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. *PloS One*. 2018;13(1):e0191561. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191561>.
59. Firth J. Effect of aerobic exercise on hippocampal volume in humans: a systematic review and meta-analysis. *Neuroimage*. 2018;166:230-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.007>.
60. Bollaert RE y Motl RW. Physical and cognitive functions, physical activity, and sedentary behavior in older adults with multiple sclerosis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2019;42(4):304-12. DOI: <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000163>.

61. Singh AS. Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. Br J Sports Med. 2019;53(10):640-7. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098136>.
62. Xia H, Din Q, Zhuang Y, Chen A. The brain mechanisms of the physical exercise enhancing cognitive function. Advances in Psychological Science. 2018;26(10):1857-68. DOI: <https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2018.01857>.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.