

Original

Aptitud física y habilidades cognitivas[☆]



R.S. Illesca Matus^{a,*} y J.E. Alfaro Urrutia^b

^a Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

^b Facultad de Educación, Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de julio de 2015

Aceptado el 21 de abril de 2016

On-line el 12 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Aptitud física
Habilidades cognitivas
Niños

Keywords:

Physical fitness
Cognitive skills
Children

Palavras-chave:

Aptidão física
Habilidades cognitivas
Crianças

R E S U M E N

Objetivo: Evaluar la correlación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas en niños y niñas del nivel transición II de la comuna de Temuco, Chile.

Método: Se utilizó el Test de Marcha de seis minutos para determinar la aptitud física y el ítem habilidades cognitivas de la Batería Evalúa-0.

Resultados: Se encontró correlación positiva en niños y niñas con aptitud física apta y las variables clasificación, series y letras y números del ítem habilidades cognitivas. En la variable organización perceptiva no se encontró correlación estadísticamente significativa.

Conclusión: La aptitud física influye en el desarrollo de habilidades cognitivas que favorecen aprendizajes curriculares en el ámbito escolar como la lectura y la matemática.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Physical fitness and cognitive skills

A B S T R A C T

Objective: To assess the correlation between physical fitness and cognitive skills in children's transition II level of the commune of Temuco, Chile.

Method: The six minute Walk Test was used to determine the physical fitness and for the cognitive skills item from the Battery Evalúa-0.

Results: A positive correlation was found in children with suitable physical fitness and classification variables, series and letters and numbers from the cognitive skill item. In the perceptual organization variable, no statistically significant correlation was found.

Conclusion: Physical fitness influences the development of cognitive skills that promote curricular learning in schools as reading and mathematics.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Aptidão física e habilidades cognitivas

R E S U M O

Objetivo: Avaliar a correlação entre a aptidão física e habilidades cognitivas em crianças no nível de transição II em Temuco, Chile

Método: Foi utilizado o Teste de Caminhada de seis minutos para determinar a aptidão física e da as habilidades cognitivas na Batería Evalúa-0.

[☆] Este estudio surge a partir de la tesis de Magíster «Aptitud Física, su asociación con el rendimiento escolar y la influencia del estado nutricional en niños(as) del nivel transición II de la comuna de Temuco» de la Universidad de la Frontera.

* Autor para correspondencia. Cacicque Bartolo Levimil 02047, Villa Caupolicán, Temuco, Chile.

Correos electrónicos: ricardo.illesca01@gmail.com, ricardo.illesca@postgrado.uv.cl (R.S. Illesca Matus).

Resultados: Foi encontrado uma correlação positiva em crianças (as) com boa aptidão física e a classificação variáveis série, letras e números de série nos itens de habilidades cognitivas. Na variável organização perceptiva, não se encontrou correlação estatisticamente significativa.

Conclusão: A aptidão física influencia no desenvolvimento de habilidades cognitivas que favorecem a aprendizagem curricular nas escolas como a leitura e matemática.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La relación que existe entre aptitud física y habilidades cognitivas supone no solo elementos de rendimiento, sino también neurobiológicos¹. De la misma forma que el ejercicio ha demostrado mejorar las condiciones generales de salud², la literatura también evidencia la asociación de la práctica del ejercicio físico con mejoras en el rendimiento cognitivo³, demostrándose la existencia de procesos neurobiológicos implicados en la interacción de ambas variables⁴. En este sentido, la importancia de conocer el rol del ejercicio en la mejora de las funciones cognitivas se encuentra estudiada desde hace más de dos décadas⁵. 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, centrando su atención en la liberación de determinadas sustancias como respuesta al ejercicio. Estas sustancias tienen como función modular algunos procesos cognitivos involucrados en la actividad cognitiva a través de la regulación de las vías vasculares, metabólicas, inflamatorias, el estrés, la mejora del funcionamiento del metabolismo neuronal y mitocondrial, la disminución del estrés oxidativo en el hipocampo y el aumento en los niveles de la maquinaria mitocondrial⁶⁻¹³. Las conclusiones de estos estudios demuestran que los mecanismos celulares de la actividad física tienen efecto en distintas funciones que regulan, contribuyen o influyen en los procesos cognitivos.

Estudios similares demuestran que el ejercicio físico aumenta la secreción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, del inglés *brain-derived neurotrophic factor*)¹⁴. Este factor de crecimiento, al igual que el *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), al ser estimulado, mejora la supervivencia de las neuronas, la neurogénesis favorece la transmisión sináptica y la sinaptogénesis¹⁵. De la misma forma, se ha demostrado que el ejercicio induce la proliferación del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF, del inglés *vascular endothelial growth factor*), involucrado en el mecanismo de la angiogénesis⁸. Finalmente, el ejercicio induce la secreción de hormonas como estrógenos en las mujeres y testosterona en los hombres, ambos, elementos constituyentes de los procesos de mejora de las funciones cognitivas^{16,17}. Con el avance de los años, los estudios van precisando los elementos que ejercen su acción en la actividad cognitiva y en los cuales la actividad física constituye un elemento fundamental.

De esta forma, se puede afirmar que existen mecanismos de señalización que indican una asociación entre el metabolismo energético neuronal y la plasticidad sináptica, indicando que las señales metabólicas son importantes moduladoras de la función cognitiva^{9,18}. 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 afecte al sistema nervioso central y a la función cognitiva. Esta relación se ha estudiado mediante el análisis de la función de BDNF¹⁹ 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), y la proteína de desacoplamiento

mitocondrial 2 (UCP-2), así como la hormona grelina e IGF-1. La proteína AMPK se ha identificado como un indicador de combustible que detecta niveles bajos de energía²⁰, la proteína uMtCK participa en el mantenimiento de la energía y la transducción²¹, mientras que la proteína 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)^{22,23}. La hormona grelina es secretada por el estómago vacío para promover el hambre, demostrándose que su acción en el hipocampo aumenta la retención de la memoria²⁴. Las funciones de IGF-1 son similares al BDNF en el sistema nervioso, actuando de manera similar en la plasticidad sináptica²⁵, la síntesis y liberación de neurotransmisores y el comportamiento cognitivo²⁶. Se demuestra de esta forma que el aumento de los niveles de AMPK, uMtCK, grelina, y el IGF-1 ARNm se relaciona con un mejor rendimiento en el aprendizaje. En este sentido, el ejercicio ha demostrado aumentar significativamente los niveles de ARNm de todas las proteínas metabólicas, incluyendo la grelina y el IGF-1. Los cinco factores se correlacionaron positivamente con los niveles de ARNm de BDNF, lo que sugiere una posible relación entre BDNF y el metabolismo neuronal, esto es, una relación entre la actividad física, el funcionamiento cerebral y por tanto las funciones cognitivas.

Con esta evidencia es factible suponer que la relación con la actividad física tiene un impacto favorable en la actividad cognitiva observable. Así lo han demostrado diversos estudios que establecen que el ejercicio ha evidenciado mejoras en la velocidad de procesamiento²⁷, la resolución de problemas²⁸, los procesos de la atención²⁹ y el proceso de potenciación largo tiempo (LTP). Si bien se atribuyen efectos positivos sobre la plasticidad sináptica general, hay otros componentes de la función cognitiva que pueden ser descritos por estos aspectos^{30,31}. No obstante, los mecanismos de señalización por los cuales el ejercicio impacta en las funciones y habilidades cognitivas han sido preferentemente ratificados en estudios asociativos en población escolar, universitaria y adulta. Un ejemplo que ilustra esta relación es la presentada en un estudio realizado por Sanz³² quien, en entrevistas a profesores de educación física, concluye que el 90% del profesorado de esta área considera que la actividad física influye en el rendimiento. En la misma línea, Pardo-Guijarro et al.³³, en un estudio empírico con estudiantes de educación básica, determinan que los niños con bajas competencias motoras tienen más probabilidades de lograr un rendimiento académico bajo.

La sólida evidencia presentada respecto del efecto que el ejercicio ejerce sobre la proliferación de neurotrofinas, factores de crecimiento, hormonas y metabolismo energético neuronal pone de manifiesto la necesidad de evaluar la asociación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas. Si se considera además que el periodo de mayor modificación cerebral se produce antes de los seis años de edad, la educación inicial se identifica como una etapa fundamental para realizar estudios tendentes a identificar el impacto de la actividad física en las habilidades cognitivas observables (atención, percepción, memoria, lenguaje, pensamiento) de niños y niñas en este rango etario.

Método

Muestra

El estudio se diseñó bajo un paradigma cuantitativo utilizándose un diseño de tipo correlacional y transversal. Se correlacionan dos variables en un tiempo único, correspondientes a aptitud física y capacidades cognitivas, en una muestra de 68 estudiantes de educación parvularia, 36 niñas y 32 niños con un promedio de edad de cinco años y tres meses, de un establecimiento municipal de la ciudad de Temuco, al sur de Chile. Se excluyeron de la muestra estudiantes con trastornos del desarrollo que pudieran influir en alguna de las variables.

Diseño experimental

La aptitud física fue evaluada a través del Test de Marcha de seis minutos utilizando las normas de la *American Thoracic Society* (ATS)³⁴, diferenciándose los estudiantes según alta o baja aptitud física de acuerdo con las referencias de Lammers et al.³⁵ En los niños de cuatro años se utilizó el punto de corte de 383 m recorridos ($s = 41$ m) y en los niños de cinco años se utilizó el punto de corte de 420 m recorridos ($s = 39$ m). Los niños con alta aptitud física resultan en aquellos que se encuentran en o por encima del punto de corte de metros recorridos y los niños con baja aptitud física son aquellos que se por debajo del punto de corte de metros recorridos.

De acuerdo con la reglamentación oficial de la ATS³⁴, la aplicación se realizó considerando indicaciones, limitaciones, contraindicaciones, seguridad, aspectos técnicos, equipo requerido, preparación del estudiante y dimensiones del lugar de la toma del test. En este sentido se determinaron diversas variables que deben ser medidas en la realización de esta prueba, tales como: distancia recorrida en el tiempo de aplicación del test, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión arterial y sensación subjetiva de fatiga. No se presentaron razones para detener inmediatamente el test, como calambres, disnea intolerable, dolor del pecho, mareos, diaforesis o palidez, en ninguno de los estudiantes. El test se realizó a lo largo de un corredor de más de 30 m de longitud, llano, recto, con una superficie dura (baldosa antideslizante), marcándose la longitud del corredor cada tres metros y cuyos extremos se marcaron con un cono. Las líneas de arranque que indican principio y retorno, se marcaron en el suelo con una cinta brillante. Se utilizó un corredor de las dimensiones indicadas para evitar que se afectara el tiempo de marcha al hacer el cambio de dirección.

Las capacidades cognitivas fueron evaluadas a partir del ítem 1 de la Batería Evalúa-0³⁶, validado para población chilena en su segunda y última versión 2.0³⁷. La prueba evalúa habilidades de clasificación, series, organización perceptiva, y letras y números, a través de una prueba escrita que fue administrada de manera individual considerando los tiempos establecidos para cada subprueba. Las pruebas fueron corregidas y cuantificadas de acuerdo con el baremo chileno para nivel socioeconómico bajo (considerando el tipo de establecimiento), obteniéndose así los puntajes estándar para el análisis.

La aplicación del Test de Marcha de seis minutos fue supervisada por educadores físicos, mientras que el ítem de capacidades cognitivas fue supervisado por educadoras diferenciales. Solo se incluyeron en el estudio profesionales familiarizados con las pruebas a aplicar. En cualquier caso, previo a la aplicación se tomaron acuerdos respecto del instrumento y de la forma de puntuación con cada uno de los involucrados.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados directamente desde sus hojas de respuesta, comunes para todos los estudiantes, en el software SPSS

v.11 para Windows. Se utilizó el estadístico chi-cuadrado para determinar la dependencia o independencia de las variables estudiadas. Se solicitó además el consentimiento de participación en la investigación a los apoderados de los estudiantes y directivos del establecimiento, excluyéndose de la muestra a quienes no desearan participar.

Resultados

A partir de la correlación establecida entre ambas variables se puede determinar lo siguiente: la variable aptitud física y la variable nivel de capacidad cognitiva de clasificación demuestran una significación bilateral $p \leq 0.005$, por tanto se asume que existe una relación de dependencia entre ambas variables (tabla 1).

Respecto de la relación entre aptitud física y capacidad cognitiva de series, la significación bilateral observada es de $p \leq 0.005$, por tanto se asume que entre ambas variables existe una relación de dependencia (tabla 2).

La correlación entre aptitud física y capacidad cognitiva de organización perceptiva demuestra una significación bilateral $p \geq 0.005$, por tanto se asume que entre ambas variables existe una relación de independencia (tabla 3).

Finalmente, la correlación establecida entre aptitud física y capacidad cognitiva de letras y números es de $p \leq 0.005$, por tanto se asume una relación de dependencia entre ambas variables (tabla 4).

Los resultados establecen que existe una correlación significativa entre la aptitud física y todas las capacidades cognitivas (series, clasificación, letras y números) exceptuando la capacidad cognitiva de organización perceptiva.

Discusión

Los resultados de la investigación confirman que la actividad física se relaciona con la habilidad cognitiva, siendo coherente con estudios previos^{9,14}. La investigación realizada demuestra que el nivel de aptitud física se correlaciona con la habilidad cognitiva de seriación, clasificación y letras y números. En este sentido, se identifica que la acción de la aptitud física tiene implicaciones en habilidades que son básicas para la adquisición posterior de la lectoescritura y el concepto de número.

La correlación entre la aptitud física y la capacidad cognitiva de organización perceptiva no demuestra una correlación positiva. Sin embargo, a través de la prueba de Fisher, que establece una significación unilateral de 0.071, se podría asumir que la baja correlación se debe a un bajo nivel de la muestra, por tanto sería interesante proyectar estudios con una mayor tamaño muestral en relación con esta capacidad cognitiva. La baja correlación entre la organización perceptiva —que se refiere a la relación con cómo se recibe, procesa y organiza la información del medio circundante— y la aptitud física podría obedecer a mecanismos compensatorios de la percepción que operan de manera menos activa a través de la inhibición voluntaria³⁸, y que por lo demás son los que se promueven en los sistemas educativos³⁹, tales como la observación, escucha atenta e inhibición motriz.

Dados los resultados de este estudio, en conjunto con los de otros que, con base en diferentes poblaciones e instrumentos, también correlacionan positivamente las capacidades cognitivas con la alta aptitud física^{15,28,31}, se debería seguir profundizando con investigaciones que consideren evaluaciones de muestras más amplias y diferenciadas por nivel socioeconómico, ya que se ha identificado este como un factor que influye, tanto en la actividad física como cognitiva, de tal forma que los siguientes estudios se centren en las posibilidades de esta evidencia en la población.

Este estudio, que correlaciona la aptitud física con habilidades cognitivas observables en educación de párvulos, permite indagar

Tabla 1
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y clasificación

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	39.690 ^b	1	0.000		
Corrección por continuidad ^a	36.607	1	0.000		
Razón de verosimilitudes	50.564	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.000	0.000
Asociación lineal por lineal	39.106	1	0.000		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 12.62.

Tabla 2
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y capacidad cognitiva series

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14.043 ^b	1	0.000		
Corrección por continuidad ^a	12.154	1	0.000		
Razón de verosimilitudes	16.067	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.000	0.000
Asociación lineal por lineal	13.837	1	0.000		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 9.18.

Tabla 3
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y organización perceptiva

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3.860 ^b	1	0.049		
Corrección por continuidad ^a	2.768	1	0.096		
Razón de verosimilitudes	3.769	1	0.052		
Estadístico exacto de Fisher				0.071	0.049
Asociación lineal por lineal	3.804	1	0.051		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 5.74.

Tabla 4
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y letras y números

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11.070 ^b	1	0.001		
Corrección por continuidad ^a	9.268	1	0.002		
Razón de verosimilitudes	13.429	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.001	0.001
Asociación lineal por lineal	10.908	1	0.001		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 6.88.

respecto de la influencia que tiene la actividad física intencionada, comprendiendo el impacto que esta tiene en hormonas y proteínas que a su vez desencadenan procesos que favorecen la actividad mental. En este sentido, el comprender la relación que existe entre la aptitud física y las distintas habilidades cognitivas permitiría constituir un predictor a futuro del rendimiento académico del estudiante basándose en su condición física para, de esta forma, centrar el énfasis en prácticas orientadas a la vivencia, ejercitación y dominio del propio cuerpo como estrategia para favorecer la actividad mental.

En este sentido, los estudios referidos al metabolismo energético neuronal constituyen un promisorio campo de investigación

para dilucidar esta asociación. La posibilidad de que los mecanismos de señalización involucrados se relacionen con la práctica misma del ejercicio, y no necesariamente con la aptitud física que muestre el individuo, invita a investigar el impacto del ejercicio en las capacidades cognitivas en población que generalmente no muestra esta condición, ya sea sedentaria, con sobrepeso, obesos y/o con movilidad reducida.

Sería interesante proyectar estudios que consideren mayor cantidad de variables para profundizar en la relación de la aptitud física con el rendimiento escolar, como son el nivel socioeconómico, la condición de urbanidad y ruralidad y la disposición de recursos que motiven y favorezcan el ejercicio físico, como son

la tenencia de bicicleta, áreas verdes seguras, tiempo, entre otras. Asimismo, también sería interesante estudiar estos factores en relación con el coeficiente intelectual en niños mayores de seis años, así como realizar estudios utilizando pretest y posttest con la finalidad de determinar si la magnitud del efecto de las intervenciones en la aptitud física es independiente de otras variables que puedan intervenir.

Es de esperar que estos aspectos que quedan por dilucidar sean la fuente de investigaciones que permitan esclarecer no solamente estas interrogantes, sino también los mecanismos por los cuales diferentes tipos de población pueden verse directamente beneficiados, tanto en el área de la salud y rehabilitación, donde tradicionalmente se han abordado, como en el área de la educación.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(1):58–65.
- Richter EA, Ruderman NB. AMPK and the biochemistry of exercise: Implications for human health and disease. *Biochem J.* 2009;418(2):261–75.
- Singh A, Uijtendewilligen L, Twisk JW, van Mechelen W, Chinapaw MJ. Physical activity and performance at school: A systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012;166(1):49–55.
- Heijnen S, Hommel B, Kibele A, Colzato LS. Neuromodulation of aerobic exercise – a review. *Front Psychol.* 2016;6:1890.
- Thayer RE, Newman JR, McClain TM. Self-regulation of mood: Strategies for changing a bad mood, raising energy, and reducing tension. *J Pers Soc Psychol.* 1994;67(5):910–25.
- Li J, Ding YH, Rafols JA, Lai Q, McAllister JP Jr, Ding Y. Increased astrocyte proliferation in rats after running exercise. *Neurosci Lett.* 2005;386(3):160–4.
- Kalaria RN. Vascular basis for brain degeneration: Faltering controls and risk factors for dementia. *Nutr Rev.* 2010;68 Suppl. 2:S74–87.
- Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci.* 2007;30(9):464–72.
- Gómez-Pinilla F, Vaynman S, Ying Z. Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *Eur J Neurosci.* 2008;28(11):2278–87.
- Archer T, Svensson K, Alricsson M. Physical exercise ameliorates deficits induced by traumatic brain injury. *Acta Neurol Scand.* 2012;125(5):293–302.
- Tsatsoulis A, Fountoulakis S. The protective role of exercise on stress system dysregulation and comorbidities. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1083:196–213.
- Dietrich MO, Andrews ZB, Horvath TL. Exercise-induced synaptogenesis in the hippocampus is dependent on UCP2-regulated mitochondrial adaptation. *J Neurosci.* 2008;28(42):10766–71.
- Radak Z, Kumagai S, Taylor AW, Naito H, Goto S. Effects of exercise on brain function: Role of free radicals. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007;32(5):942–6.
- Suijo K, Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Ishibashi H, et al. Resistance exercise enhances cognitive function in mouse. *Int J Sports Med.* 2012;34(4):368–75.
- Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K, Green PS, Wilkinson CW, McTiernan A, et al. Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: A controlled trial. *Arch Neurol.* 2010;67(1):71–9.
- Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone physiology in resistance exercise and training: The up-stream regulatory elements. *Sports Med.* 2010;140(12):1037–53.
- Enea C, Boisseau N, Fargeas-Gluck MA, Díaz V, Dugué B. Circulating androgens in women: Exercise-induced changes. *Sports Med.* 2011;41(1):1–15.
- Vaynman S, Gómez-Pinilla F. Revenge of the 'sit': How lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *J Neurosci Res.* 2006;84(4):699–715.
- Nagappan G, Lu B. Activity-dependent modulation of the BDNF receptor TrkB: Mechanisms and implications. *Trends Neurosci.* 2005;28(9):464–71.
- Hardie DG. AMP-activated protein kinase: A key system mediating metabolic responses to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(1):28–34.
- Boero J, Qin W, Cheng J, Woolsey TA, Strauss AW, Khuchua Z. Restricted neuronal expression of ubiquitous mitochondrial creatine kinase: Changing patterns in development and with increased activity. *Mol Cell Biochem.* 2003;244(1–2):69–76.
- Cheng G, Polito CC, Haines JK, Shafizadeh SF, Fiorini RN, Zhou X, et al. Decrease of intracellular ATP content downregulated UCP2 expression in mouse hepatocytes. *Biochem Biophys Res Commun.* 2003;308(3):573–80.
- Kim-Han JS, Dugan LL. Mitochondrial uncoupling proteins in the central nervous system. *Antioxid Redox Signal.* 2005;7(9–10):1173–81.
- Carlini VP, Varas MM, Cragolini AB, Schiöth HB, Scimonelli TN, de Barioglio SR. Differential role of the hippocampus, amygdala, and dorsal raphe nucleus in regulating feeding, memory, and anxiety-like behavioral responses to ghrelin. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004;313(3):635–41.
- Ramsey MM, Adams MM, Ariwodola OJ, Sonntag WE, Weiner JL. Functional characterization of des-IGF-1 action at excitatory synapses in the CA1 region of rat hippocampus. *J Neurophysiol.* 2005;94(1):247–54.
- Carro E, Trejo JL, Busiguina S, Torres-Aleman I. Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *J Neurosci.* 2001;21(15):5678–84.
- Tomprowski PD. Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol.* 2009;112(3):297–324.
- Berchtold NC, Castello N, Cotman CW. Exercise and time-dependent benefits to learning and memory. *Neuroscience.* 2010;167(3):588–97.
- Hötting K, Reich B, Holzschneider K, Kauschke K, Schmidt T, Reer R, et al. Differential cognitive effects of cycling versus stretching/coordination training in middle-aged adults. *Health Psychol.* 2012;31(2):145–55.
- McMorris T, Davranche K, Jones G, Hall B, Corbett J, Minter C. Acute incremental exercise, performance of a central executive task, and sympathoadrenal system and hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity. *Int J Psychophysiol.* 2009;73(3):334–40.
- Cassilhas RC, Lee KS, Fernandes J, Oliveira MG, Tufik S, Meeusen R, et al. Spatial memory is improved by aerobic and resistance exercise through divergent molecular mechanisms. *Neuroscience.* 2011;202:309–17.
- Sanz D. Consideraciones de los maestros de Educación Física de Soria sobre la influencia de la práctica de ejercicio físico en el desarrollo de los niños y prácticas escolares para su mejora. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):43–4.
- Pardo-Guijarro MJ, Amador-Ruiz S, Gutiérrez-Díaz del Campo D, Suárez-Gómez MA, Sánchez-Gavidía A, Gullías-González R. Relación entre la competencia motora y el rendimiento académico en niños de tercero de educación infantil y primero de educación primaria. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):39.
- American Thoracic Society. American Thoracic Society statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111.
- Lammers AE, Hislop AA, Flynn Y, Haworth SG. The 6-minute walk test: Normal values for children of 4–11 years of age. *Arch Dis Child.* 2008;93(6):464–8.
- García J, González D. Bateria psicopedagógica Evalúa 0. Instituto de orientación psicológica EOS. Madrid: EOS; 1999.
- Martínez D, González D. Bateria psicopedagógica Evalúa-0: versión chilena 2.0. Madrid: EOS; 2006.
- Le Boulch J. El desarrollo psicomotor desde el nacimiento hasta los 6 años: consecuencias educativas. Barcelona, España: Paidós; 1995.
- Rosler R, Zaloff JM, Hernández D, Torino R, Socolovsky M, González Abbati S. La insostenible pasividad de la clase teórica. *Rev Argen Neurocir.* 2008;22(2):101–5.