Revista N°13
Motricidad
y Persona

Ejercicio físico y su influencia en los procesos cognitivos

Daniel Riquelme-Uribe [1] (profdanielriquelme@gmail.com); Carlos Sepúlveda Guzmán [1] [2] (profcarlosepulvedag@gmail.com); Manuel Muñoz Marambio [1] (mmmarambio@gmail.com); Mauricio Valenzuela Harrington [1] (profmauriciovalenzuela@gmail.com);
[1] Laboratorio de Neurociencias, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.
[2] Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

*** Correspondencia**
Dr. Mauricio Valenzuela Harrington
Av. Leopoldo Carvallo 270, Valparaíso, Chile
Laboratorio de Neurociencias, Universidad de Playa Ancha
profmauriciovalenzuela@gmail.com

RESUMEN

La educación física genera una serie de respuestas agudas y crónicas que promueven condiciones que aumentan el rendimiento cognitivo. El objetivo de esta revisión es detallar algunas de las hipótesis que fundamentan este aumento. Los procesos asociados a la respuesta aguda al ejercicio físico son: incremento del flujo sanguíneo cerebral, incremento de la temperatura y aumento de la disponibilidad de neurotransmisores. Por otra parte los efectos crónicos asociados al ejercicio físico son: aumento de la vascularización, neurogenesis y plasticidad neuronal. Las investigaciones se orientan fundamentalmente a explicar los mecanismos fisiológicos que permiten estos efectos y adaptaciones asociadas al ejercicio físico.

Palabras Claves: Educación Física, Ejercicio Físico, Procesos Cognitivos.

INTRODUCCIÓN

La relación entre la mente, el cuerpo y el movimiento viene siendo estudiada desde los tiempo de los antiguos griegos, lo que en algún momento de la historia, también interesó a los científicos contemporáneos (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008). Ello inició la generación de una serie de estudios que indagan sobre los reales efectos del ejercicio físico sobre el cuerpo humano, por ello en la actualidad, esa investigación ha llegado incluso a intentar dilucidar que sucede en el cerebro como consecuencia de la práctica sistemática y bien dosificada de ejercicio físico.

En contraste con el extenso conocimiento sobre las adaptaciones periféricas al ejercicio, la información sobre los efectos específicos del ejercicio en el sistema nervioso central era relativamente limitada (Anish, 2005), pero gracias a las nuevas tecnologías asociadas al estudio del cerebro humano se están desarrollando investigaciones en torno a ese foco.

Hace décadas ya se demostró que sujetos que realizan ejercicio físico a intensidad moderada (app. 50% de VO2 máximo) presentan una mejor en tareas cognitivas como velocidad de procesamiento, atención selectiva y memoria a corto plazo (Brisswalter, Collardeau, & Rene, 2002; Lambourne & Tomporowski, 2010; McMorris, Sproule, Turner, & Hale, 2011; Tomporowski, 2003; Tomporowski, Lambourne, & Okumura, 2011). Algunos investigadores han realizado estudios comparativos entre ejercicio aeróbico y ejercicio contra resistencias hallando mejora del desempeño cognitivo en ambos grupos (Alves et al., 2012).

Desde esta perspectiva, la práctica regular de ejercicio físico puede influenciar directamente sobre el rendimiento académico. Esto cobra bastante interés ya que el aumento de las horas de educación física se sustenta fundamentalmente en los beneficios a la salud ligada a la forma física y a la prevención de enfermedades metabólicas. Pero si ampliamos el espectro de posibilidades que otorga el movimiento y su práctica regular podemos fundamentar que el desarrollo y el performance cognitivo se ve marcadamente potenciado con el ejercicio físico.

Esta revisión tiene por propósito dar una mirada simple de los principales mecanismos involucrados en el aumento del rendimiento de las funciones ejecutivas como respuesta a ejercicio agudo y crónico considerando los aspectos metabólicos y hormonales impulsados por la actividad física desarrollada en forma regular.

RESPUESTAS AGUDAS AL EJERCICIO FÍSICO

Aumento de los neurotransmisores

Los estudios indican que el ejercicio físico agudo provoca aumento del nivel de neurotransmisores sinápticos (Chmura, Nazar, & Kaciuba-Uscilko, 1994; Kashihara, Maruyama, Murota, & Nakahara, 2009). Por ejemplo, (Sharma, Cervos-Navarro, & Dey, 1991) demostró que ejercicio físico agudo prolongado provocaba aumento de la activación de catecolaminas cerebrales, facilitando su entrada a través de la barrera hematoencefálica, probablemente provocada por aumento de la temperatura corporal inducida por la práctica de actividad física. Se sabe que el ejercicio físico agudo y crónico provoca una sensación de bienestar inducida principalmente por noradrenalina (McMorris et al., 2003), -endorfina (Anish, 2005) y dopamina (Goekint et al., 2012; Yanagisawa et al., 2010).

Hipótesis sobre el aumento del flujo sanguíneo cerebral

En reposo el flujo sanguíneo cerebral gira en torno al 15% del consumo de oxígeno cerebral (750 ml/min). El control fino de ese flujo sanguíneo es efectuado por mecanismos específicos de autorregulación más que por el sistema nervioso autónomo (Ide & Secher, 2000; Ogoh & Ainslie, 2009). La actividad motora dinámica aumenta la demanda energética de las áreas cerebrales en pleno funcionamiento como el área premotora, motora suplementaria y sensoriomotora. De este modo es posible especular que respuestas agudas a la ejecución de actividad física provoca aumento del flujo sanguíneo de las regiones cerebrales (Ando, Kokubu, Yamada, & Kimura, 2011).

Estos estudios y muchos otros más sustentan la hipótesis que la respuesta aguda al ejercicio físico potencia los procesos cognitivos producto del turnover de ATP al haber más disponibilidad de sustratos energéticos y oxígeno. De esa manera el mito de que los alumnos llegan más "agotados" a una sesión teórica en el aula después de realizar

educación física presenta un sustento fisiológico bastante estudiado y comprendido. Es motivo de constante investigación el tipo de ejercicio, la frecuencia y la intensidad apropiada para aumentar el rendimiento cognitivo.

RESPUESTAS CRÓNICAS AL EJERCICIO FÍSICO

Plasticidad cerebral (Neurogénesis y Plasticidad Neuronal)

Estudios realizados con técnicas de laboratorio avanzadas no invasivas de neuroimagen como espectroscopia por resonancia magnética o electroencefalograma van colaborando importantemente en la compresión de los mecanismos involucrados en la relación positiva entre ejercicio físico y tareas cognitivas (Hillman, et al., 2008). Algunos estudios indican que individuos físicamente activos tienen ondas cerebrales más activas en función de las capacidades físicas (Dustman et al., 1990; Dustman, LaMarche, Cohn, Shearer, & Talone, 1985; Lardon & Polich, 1996). Estos hallazgos profundizan el fundamento de que ejecutar actividad física en forma regular va a producir adaptaciones en las ondas cerebrales lo que tiene una correlación positiva en los procesos cognitivos. El aumento de la actividad cerebral es un hallazgo encontrado en individuos con mayor conectividad neuronal en regiones como lóbulo frontal, giro cingulado anterior, corteza parietal, etc., las mismas regiones involucradas en tareas cognitivas específicas (Merege et al., 2012).

Estos datos entregados por diversos investigadores muestran claramente los efectos bioeléctricos que son potenciados por la práctica regular de ejercicio físico. Más aún algunos estudios muestran claramente que el nivel de aptitud física es un indicador del grado de activación de las regiones cerebrales corticales prefrontales y parietales si comparamos sujetos entrenados y no entrenados.

Está documentado que el ejercicio físico y los ambientes enriquecidos promueven los procesos de neurogénesis en modelos de investigación animal (van Praag, Christie, Sejnowski, & Gage, 1999; van Praag, Kempermann, & Gage, 1999). Se especula que este mecanismo es uno de los que más influencian en la mejora de los procesos cognitivos. Cabe señalar que aunque durante toda nuestra vida existe el nacimiento de nuevas neuronas, esto no necesariamente se relaciona con una mejora del rendimiento cognitivo ya que el factor más importante hasta ahora demostrado es que las neuronas generen diversas conexiones entre sí. Este fenómeno se evidencia en presencia de diversos estímulos siendo los procesos de enseñanza-aprendizaje y el ejercicio físico los más grandes mecanismos estimuladores (Colcombe et al., 2004). La neurogénesis se ve altamente influenciada por la circulación hormonal de factores de crecimiento tales como insuline like growth factor (IGF-I), brain derived neural factor (BDNF), vascular endotelial growth factor (VEGF), testosterona e insulina entre los más importantes. El ejercicio físico genera un aumento de las hormonas y factores de crecimiento lo que es uno de los procesos fisiológicos más importantes en el desarrollo de las nuevas neuronas y de las nuevas conexiones. Por otra parte el cortisol genera un deterioro de las conexiones sinápticas factor a considerar en situaciones de estrés o de violencia física, sexual o sicológica (Mesa-Gresa & Moya-Albiol, 2011).

El ejercicio físico es un factor desencadenante de un ambiente fisiológicamente apto para el desarrollo de las nuevas neuronas y nuevas conexiones lo que genera altas potencialidades a la hora de describir el progreso que presentan alumnos que practican actividad física en forma regular y desde el punto de vista hormonal es en este momento donde este rico y variado pool circulatorio está en su máxima expresión.

Aumento de la vascularización de las regiones cerebrales

El cerebro representa apenas un 2% de la masa corporal, sin embargo puede ser responsable de un 20% del consumo energético total. Apartir de esta es preciso mantener un constante mecanismo de resintesis de trifosfato de adenosina (ATP) para que se sostengan los procesos de potencial de

membrana, señalización central y periférica (Andres, Ducray, Schlattner, Wallimann, & Widmer, 2008; Merege, et al., 2012; Shulman, Rothman, Behar, & Hyder, 2004). El ejercicio físico induce la formación de nuevos vasos sanguíneos y de aumento de la microcirculación cerebral (Ide & Secher, 2000; Ogoh & Ainslie, 2009; Tamayo-Orrego & Duque-Parra, 2007). Un elegante estudio de bloqueo farmacológico sobre la actividad del VEGF en el proceso de angiogénesis reveló que disminuían los procesos de adquisición de memoria y aprendizaje en ratas (Kerr, Steuer, Pochtarev, & Swain, 2010). Es importante destacar que el entrenamiento físico es un gran estimulador de la liberación de VEGF (Gavin et al., 2004; Laufs et al., 2004). Los efectos positivos de la actividad física en la plasticidad cerebral y la función cognitiva pueden, en parte, ser mediados por el estímulo aumentado sobre la vascularización cerebral y el flujo sanguíneo local (Van der Borght et al., 2009).

El aumento de la vascularización cerebral ha sido ampliamente investigado con diversas técnica nos invasivas. Todos los estudios coinciden en el aumento del flujo sanguíneo cerebral y de la vascularización lo que es un buen indicativo del aumento de las estructuras cerebrales (Hillman, et al., 2008). Esta hipótesis es ampliamente aceptada y se sostiene que es uno de los procesos adaptativos más importantes en el aumento del rendimiento cognitivo en diversos test de funciones ejecutivas.

CONSIDERACIONES FINALES

Los beneficios del ejercicio agudo y crónico han sido bien documentados. Las hipótesis sobre los efectos agudos son aumento del flujo cerebral, lo que permite un stock de nutrientes y oxigenación mayor, y aumento de neurotransmisores lo que posibilita que las conexiones entre neuronas estén más activas. Por su parte la adaptación crónica está fundamentada en el aumento de las estructuras cerebrales por la plasticidad cerebral (plasticidad neuronal, aumento de la vascularización y neurogénesis). Las evidencias apuntan a que todas estas adaptaciones producen una mejor respuesta cognitiva en diversas pruebas sobre las funciones ejecutivas (memoria, atención, resolución de problemas, etc). Las futuras investigaciones apuntan a determinar qué tipo de ejercicio físico es el que produce las mejores adaptaciones a nivel cerebral para aumentar el potencial cognitivo y en esta tarea la educación física cumple un rol esencial.

BIBLIOGRAFÍA

Alves, C. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D., et al. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. J Sport Exerc Psychol, 34(4), 539-549.

Ando, S., Kokubu, M., Yamada, Y., & Kimura, M. (2011). Does cerebral oxygenation affect cognitive function during exercise? Eur J Appl Physiol, 111(9), 1973-1982.

Andres, R. H., Ducray, A. D., Schlattner, U., Wallimann, T., & Widmer, H. R. (2008). Functions and effects of creatine in the central nervous system. Brain Res Bull, 76(4), 329-343.

Anish, E. J. (2005). Exercise and its effects on the central nervous system. Curr Sports Med Rep, 4(1), 18-23.

Brisswalter, J., Collardeau, M., & Rene, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. Sports Med, 32(9), 555-566.

Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., et al. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. Proc Natl Acad Sci U S A, 101(9), 3316-3321.

Chmura, J., Nazar, K., & Kaciuba-Uscilko, H. (1994). Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. Int J Sports Med, 15(4), 172-176.

Dustman, R. E., Emmerson, R. Y., Ruhling, R. O., Shearer, D. E., Steinhaus, L. A., Johnson, S. C., et al. (1990). Age and fitness effects on EEG, ERPs, visual sensitivity, and cognition. Neurobiol Aging, 11(3), 193-200.

Dustman, R. E., LaMarche, J. A., Cohn, N. B., Shearer, D. E., & Talone, J. M. (1985). Power spectral analysis and cortical coupling of EEG for young and old normal adults. Neurobiol Aging, 6(3), 193-198.

Gavin, T. P., Robinson, C. B., Yeager, R. C., England, J. A., Nifong, L. W., & Hickner, R. C. (2004). Angiogenic growth factor response to acute systemic exercise in human skeletal muscle. J Appl Physiol, 96(1), 19-24.

Goekint, M., Bos, I., Heyman, E., Meeusen, R., Michotte, Y., & Sarre, S. (2012). Acute running stimulates hippocampal dopaminergic neurotransmission in rats, but has no influence on brain-derived neurotrophic factor. J Appl Physiol, 112(4), 535-541.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. Nat Rev Neurosci, 9(1), 58-65.

Ide, K., & Secher, N. H. (2000). Cerebral blood flow and metabolism during exercise. Prog Neurobiol, 61(4), 397-414.

Kashihara, K., Maruyama, T., Murota, M., & Nakahara, Y. (2009). Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. J Physiol Anthropol, 28(4), 155-164.

Kerr, A. L., Steuer, E. L., Pochtarev, V., & Swain, R. A. (2010). Angiogenesis but not neurogenesis is critical for normal learning and memory acquisition. Neuroscience, 171(1), 214-226.

Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. Brain Res, 1341, 12-24.

Lardon, M. T., & Polich, J. (1996). EEG changes from long-term physical exercise. Biol Psychol, 44(1), 19-30.

Laufs, U., Werner, N., Link, A., Endres, M., Wassmann, S., Jurgens, K., et al. (2004). Physical training increases endothelial progenitor cells, inhibits neointima formation, and enhances angiogenesis. Circulation, 109(2), 220-226.

McMorris, T., Sproule, J., Turner, A., & Hale, B. J. (2011). Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. Physiol Behav, 102(3-4), 421-428.

McMorris, T., Tallon, M., Williams, C., Sproule, J., Draper, S., Swain, J., et al. (2003). Incremental exercise, plasma concentrations of catecholamines, reaction time, and motor time during performance of a noncompatible choice response time task. Percept Mot Skills, 97(2), 590-604.

Merege, C., Alves, C., Sepulveda, C., dos Santos Costa, A., Lancha, A. H., & Gualano, B. (2012). Influència do exercicio físico sobre a cogniçao: uma atualizaçao dos mecanismos fisiológicos. Rev Bras Med do Esporte, In Press.

Mesa-Gresa, P., & Moya-Albiol, L. (2011). [Neurobiology of child abuse: the 'cycle of violence']. Rev Neurol, 52(8), 489-503.

Ogoh, S., & Ainslie, P. N. (2009). Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation. J Appl Physiol, 107(5), 1370-1380.

Sharma, H. S., Cervos-Navarro, J., & Dey, P. K. (1991). Increased blood-brain barrier permeability following acute short-term swimming exercise in conscious normotensive young rats. Neurosci Res, 10(3), 211-221.

Shulman, R. G., Rothman, D. L., Behar, K. L., & Hyder, F. (2004). Energetic basis of brain activity: implications for neuroimaging. Trends Neurosci, 27(8), 489-495.

Tamayo-Orrego, L., & Duque-Parra, J. E. (2007). [The metabolic regulation of cerebral microcirculation]. Rev Neurol, 44(7), 415-425.

Tomporowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. Acta Psychol (Amst), 112(3), 297-324.

Tomporowski, P. D., Lambourne, K., & Okumura, M. S. (2011). Physical activity interventions and children's mental function: an introduction and overview. Prev Med, 52 Suppl 1, S3-9.

Van der Borght, K., Kobor-Nyakas, D. E., Klauke, K., Eggen, B. J., Nyakas, C., Van der Zee, E. A., et al. (2009). Physical exercise leads to rapid adaptations in hippocampal vasculature: temporal dynamics and relationship to cell proliferation and neurogenesis. Hippocampus, 19(10), 928-936.

Van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. Proc Natl Acad Sci U S A, 96(23), 13427-13431.

Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. Nat Neurosci, 2(3), 266-270.

Yanagisawa, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Kato, M., Okamoto, M., Kyutoku, Y., et al. (2010). Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. Neuroimage, 50(4), 1702-1710.