

IMPACTO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EL DESARROLLO CEREBRAL Y EL APRENDIZAJE DURANTE LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA

Impact of physical activity on brain development and learning during childhood and adolescence

Impacto do atividade física no desenvolvimento cerebral e aprendizagem durante a infância e adolescência

Manuel E. Cortés Cortés

Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile

cortesmanuel@docente.ubo.cl

Bianca C. Veloso Aravena

Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile

bveloso@pregrado.ubo.cl

Andrea A. Alfaro Silva

Liceo Experimental Manuel de Salas, Santiago, Chile

andrea.alfaro@lms.cl

Resumen

El desarrollo del sistema nervioso central humano es modulado por la actividad física. Este artículo destaca el impacto que tiene la actividad física sobre el desarrollo cerebral y el aprendizaje durante la infancia y la adolescencia. Durante estas etapas se observan “ventanas de neuroplasticidad críticas” en las cuales las experiencias impactan profundamente en el cerebro, con lo cual se modula el aprendizaje y la adquisición de hábitos. Al reforzar las habilidades motoras en dichas etapas los niños y adolescentes tienen mayores oportunidades para explorar y, por ende, para aprender; lo que permite activar un sinnúmero de interacciones que, a su vez, potencian el desarrollo psicológico. Las investigaciones demuestran que la práctica de actividad física optimiza la circulación y oxigenación del cerebro, permite la mayor actividad de ciertas áreas cerebrales, mejora la

función de memoria de trabajo y el control cognitivo, aumenta la densidad ósea y muscular y mejora la tolerancia al estrés en los escolares. Además, se ha demostrado que los opioides endógenos regulan el aprendizaje ante amenazas sociales. La práctica de actividad física durante la infancia y la adolescencia contribuye a la mantención de un estado saludable mediante un impacto positivo en las funciones emocionales y cognitivas del ser humano, motivo por el cual la actividad física en forma de deportes, practicados en manera regular y sistemática desde la edad preescolar y escolar, debiese ser promovida por toda la comunidad educativa.

Palabras clave: *actividad física; adolescencia; desarrollo cerebral; infancia.*

Abstract

The development of the human central nervous system is modulated by physical activity. This article highlights the impact that physical activity has on brain development and learning during childhood and adolescence. During these stages “critical windows of neuroplasticity” are observed in which the experiences have a profound impact on the brain, modulating learning and the acquisition of habits. By reinforcing motor skills in these stages, children and adolescents have greater opportunities to explore and, therefore, to learn; which allows activating a number of interactions that also enhance psychological development. Research shows that the practice of physical activity optimises brain circulation and oxygenation, allows a greater activity of certain brain areas, improves working memory function and cognitive control, increases bone and muscle density and improves stress tolerance in schoolchildren. In addition, it has been shown that endogenous opioids regulate the learning when facing social threats. The practice of physical activity during childhood and adolescence contributes to the maintenance of a healthy state through a positive impact on emotional and cognitive functions of the human being. This is the reason why physical activity in the form of sports, practised in a regular and systematic way from pre-school and school age, should be promoted by the entire educational community.

Key words: *physical activity; adolescence, brain development, childhood.*

Resumo

O desenvolvimento do sistema nervoso central humano é modulado pela atividade física. Este artigo destaca o impacto que a atividade física tem no desenvolvimento do cérebro e na aprendizagem durante a infância e adolescência. Nestes estágios observam-se “janelas críticas de neuroplasticidade”, nas quais as experiências exercem um profundo impacto sobre o cérebro, o que modula o aprendizado e a aquisição de hábitos. Ao reforçar as habilidades motoras nesses estágios, crianças e adolescentes têm maiores oportunidades de explorar e, portanto, de aprender; o que permite ativar várias interações que, por sua vez, aumentam o desenvolvimento psicológico. Pesquisas mostram que a prática de atividade física otimiza a circulação e oxigenação do cérebro, permite maior atividade de certas áreas do cérebro, melhora a função de memória de trabalho e controle cognitivo, aumenta a densidade óssea e muscular e melhora a tolerância ao estresse em crianças em idade escolar. Além disso, foi demonstrado que os opióides endógenos regulam a aprendizagem de ameaças sociais. A prática de atividade física durante a infância e adolescência contribui para a manutenção de um estado saudável através de um impacto positivo sobre as funções emocionais e cognitivas sistemáticas de seres humanos, por que a atividade física na forma de esportes, em uma base regular e da pré-escola e idade escolar, deve ser promovida por toda a comunidade educativa.

Palavras-chave: *atividade física; adolescência; desenvolvimento cerebral; infância.*

1. Introducción

Actualmente la promoción de la actividad física y los hábitos de vida saludable se han convertido en estrategias fundamentales orientadas a aumentar la calidad de vida y el bienestar humano. Dichas estrategias son importantísimas frente a la alarmante pandemia de enfermedades crónicas no transmisibles tales como la obesidad, la resistencia a la insulina, la diabetes, el síndrome metabólico y sus comorbilidades (Celis-Morales *et al.*, 2017; Córdova Villalobos, 2016; Oladejo, 2011), las cuales muestran una prevalencia alarmante durante la infancia y la adolescencia (Malecka-Tendera y Mazur, 2006).

Desde la Antigüedad Clásica conocemos los beneficios de la actividad física durante todo el ciclo vital del ser humano, hecho que se pone de manifiesto en la ampliamente conocida frase *mens sana in corpore sano* (“mente sana en cuerpo sano”) (Alfaro *et al.*, 2018; Cortés *et al.*, 2019). La actividad física está indisolublemente vinculada a los procesos neurocognitivos que se observan en las etapas del desarrollo humano. Esto es apoyado por un número creciente de investigaciones que destacan la importancia de la infancia y de la adolescencia como períodos particularmente sensibles para el desarrollo cognitivo (Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018; Cortés *et al.*, 2019; Ismail *et al.*, 2017), proceso en el cual la actividad física denominada como “organizada” (*e.g.*, deportes en la escuela o en clubes) y aquella denominada como “desorganizada” (deportes durante el tiempo libre) serían de gran importancia (Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018). De esta forma, infancia, pubertad y adolescencia constituyen “ventanas críticas” o “ventanas de oportunidad” (Ismail *et al.*, 2017), en las cuales la actividad física puede establecerse como un hábito, permitiendo influenciar positivamente las modificaciones que se producen en el desarrollo del sistema nervioso central, específicamente a nivel del cerebro. Lo anterior cobra importancia relevante como forma de favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en niños y adolescentes (Cortés *et al.*, 2019).

En virtud de lo anterior, este artículo tiene como objetivo destacar el impacto que tiene la actividad física en el desarrollo cerebral y el aprendizaje durante la infancia y la adolescencia.

2. Motricidad, plasticidad cerebral y aprendizaje: algunas definiciones

Antes de introducirnos en el tema principal de este artículo es necesario definir algunos conceptos que nos serán bastante útiles en las siguientes secciones.

2.1 Motricidad

Según el destacado médico fisiólogo francés Charles Robin (1821-1885), la motricidad se define como “un modo de inervación que consiste en la propiedad que tienen ciertas partes del tejido encéfalo-raquídeo de determinar la contracción del tejido muscular por intermedio de los nervios motores” (Robin, 1864). Por su parte, las corrientes psicomotoras

más modernas definen a la motricidad como aquella capacidad de generar movimientos, los cuales son el producto del proceso de contracción muscular que se produce por los desplazamientos y segmentos del cuerpo, a la vez, también producidos por la actitud y el mantenimiento del equilibrio (Zapata, 1989).

La motricidad va aumentando desde el nacimiento hasta la edad adulta temprana, manifestándose mediante la capacidad para realizar progresiva y eficientemente variadas y nuevas acciones motrices, ya sean básicas o específicas. Los avances actuales en ciencias de la salud y ciencias de la educación muestran que la motricidad depende de varios factores, tales como los genéticos, neuroendocrinos, nutricionales, socioeconómicos, culturales, etarios y emocionales, entre otros.

Hoy en día se sabe que el desarrollo motor y el desarrollo psicológico están íntimamente relacionados (Adolph y Hoch, 2019). En el contexto de esta relación destacan cuatro características clave del desarrollo motor infantil: (i) el desarrollo motor está incorporado, es decir, las oportunidades para la acción dependen del estado actual del cuerpo; (ii) el desarrollo motor está integrado: las variaciones en el entorno crean y restringen las posibilidades de acción; (iii) el desarrollo motor está “inculturado”; esto, pues las influencias sociales y culturales dan forma a los comportamientos motores; y, finalmente, (iv) el desarrollo motor es habilitante, ya que las nuevas habilidades motoras crean nuevas oportunidades para la exploración y para el aprendizaje, con lo cual se impulsan cascadas de desarrollo a través de diversos dominios psicológicos (Adolph y Hoch, 2019). Por lo anterior, el desarrollo motor humano es un sistema modelo que es ideal para el estudio del desarrollo psicológico (Adolph y Hoch, 2019).

2.2. Plasticidad cerebral

El término plasticidad, definido por el destacado psicólogo norteamericano William James (1842-1910) y rescatado por autores más modernos, refiere a poseer una estructura lo suficientemente débil como para que sea modificada y, a la vez, lo suficientemente fuerte para que no sea modificada completamente (James, 1989; María Alcover y Rodríguez Mazo, 2012). Se sabe que el tejido que conforma el sistema nervioso parece estar dotado con un impresionante nivel de plasticidad. Incluso William James va más allá,

mencionando que “el fenómeno del hábito en los seres vivos es debido a la plasticidad de los materiales orgánicos que componen sus cuerpos” (James, 1989).

El desarrollo, según la Organización Panamericana de la Salud, puede considerarse como el proceso por medio del cual los seres vivos logran una mayor capacidad funcional de sus sistemas en virtud de fenómenos de maduración, diferenciación e integración de funciones (Pareja, 2010). El sistema nervioso central (particularmente el cerebro), no es un sistema estático, sino dinámico; esto pues necesariamente debe desarrollarse para lograr la diferenciación y la madurez en la integración de sus funciones. Al hablar de plasticidad del sistema nervioso central resulta cada vez más frecuente utilizar el término neuroplasticidad, el cual ha sido definido como aquella capacidad inherentemente dinámica del sistema nervioso central para experimentar maduración (Ismail *et al.*, 2017). Así, esta maleabilidad es lograda mediante subconjuntos moduladores de mecanismos genéticos, moleculares y celulares que influyen la dinámica de conexiones sinápticas y de la formación de los circuitos nerviosos, hecho que resulta finalmente en la pérdida o ganancia de una conducta o de una función (Ismail *et al.*, 2017). Es importante destacar que algunos estudios indican que la mayor plasticidad del cerebro se observa en la niñez y la adolescencia temprana, disminuyendo con el paso del tiempo (Johansson, 2004).

La neuroplasticidad se observa durante el desarrollo de la persona y corresponde a un proceso de maduración complejo, genéticamente codificado, dependiente del tiempo y que transcurre secuencialmente (Ismail *et al.*, 2017). Está finamente regulada por mecanismos homeostáticos intrínsecos y, a la vez, es influenciada por las experiencias ambientales extrínsecas (Ismail *et al.*, 2017). La neuroplasticidad observada durante el desarrollo comprende modificaciones fundamentales en los procesos de neurogénesis, migración neuronal, formación de sinapsis y de especialización de las redes neuronales estructurales y funcionales, entre otros (Ismail *et al.*, 2017). Cuando se habla de neuroplasticidad funcional, la cual está estrechamente relacionada con la estructural, nos referimos a aquellos cambios en la actividad neuronal generados como consecuencia de su activación repetida (Pascual, 2012).

Las investigaciones que vinculan los campos de la neuroendocrinología y la neuroeducación demuestran que durante la infancia y la adolescencia existen las denominadas “ventanas de plasticidad cerebral” (Ismail *et al.*, 2017; Vigil *et al.*, 2016; Vigil *et al.*, 2011). Durante estas ventanas temporales (o “ventanas de oportunidad”) el efecto de la experiencia sobre el desarrollo del cerebro humano es inusualmente profundo y puede modular fuertemente los circuitos nerviosos (Ismail *et al.*, 2017). Además, se sabe que sustancias endógenas como las hormonas y los neurotransmisores, así como aquellas exógenas (*e.g.*, drogas y algunos contaminantes ambientales) pueden afectar de forma importante el desarrollo del cerebro durante el período gestacional, la infancia y la adolescencia. Más aún, los efectos producidos por estos compuestos durante las ventanas de plasticidad estarían asociados a ciertos patrones de conducta emocional observados posteriormente durante la vida adulta (Del Río *et al.*, 2018; Vigil *et al.*, 2016; Vigil *et al.*, 2011). En vista de lo anterior, la infancia y la adolescencia serían períodos muy sensibles e importantes para el desarrollo cognitivo (Alarcón, 2019; Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018).

2.3. Aprendizaje

El aprendizaje es un proceso presente durante toda la vida del ser humano y en él están involucrados los factores biológicos, la experiencia personal concreta y los factores socioculturales en los cuales se desarrolla la persona. Según el destacado psicopedagogo suizo Jean Piaget (1896-1980) la acción es el motor del conocimiento; el niño no conoce sino actuando (Piaget, 2007). Así, las más elaboradas construcciones internas no son sino acciones interiorizadas, entonces se torna evidente que no existe aprendizaje posible que no parta desde las vivencias y las experiencias personales (Piaget, 2007).

Por todo lo anterior, desde un punto de vista del aprendizaje, las experiencias y los factores biológicos que afectan la neuroplasticidad del cerebro durante las ventanas críticas de oportunidad son fundamentales para las conductas, emociones, hábitos y estilos de vida que se manifiestan durante la vida adulta.

3. Ejercicio físico y desarrollo del cerebro infantil y adolescente

Se sabe que el ejercicio físico es toda actividad física planificada, estructurada y repetitiva, cuyo objetivo es mejorar o mantener la salud, la calidad de vida o simplemente recrearse (Barrios Herreros y López Ferradaz, 2011). Para la actividad física planificada es muy importante la adquisición de la motricidad. Recientes investigaciones efectuadas mediante estudios de neuroimágenes proponen que durante la infancia y la adolescencia el aprendizaje motor se ve sustentado por una reorganización progresiva de las redes nerviosas relacionadas con el movimiento (Doyon *et al.*, 2018). Esas investigaciones sostienen que los procesos neurofisiológicos, la plasticidad cerebral funcional y los determinantes conductuales están muy relacionados con la adquisición y retención del aprendizaje de las secuencias motoras (Doyon *et al.*, 2018).

Actualmente se sabe que la actividad cortical modula el comportamiento motor desde la edad fetal temprana en adelante (Hadders-Algra, 2018). Ya en la infancia se observa un aumento dramático de las habilidades motoras: los niños aprenden a alcanzar y agarrar objetos, sentarse, pararse y caminar, y masticar y hablar (Hadders-Algra, 2018). Por otra parte, el desarrollo más intenso de todos los componentes de las funciones ejecutivas, especialmente la flexibilidad cognitiva, ocurre en la edad escolar, generalmente entre los 7 y los 12 años de edad (Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018). Considerando lo anterior, resulta interesante preguntarse ¿cuál es la importancia de la actividad física efectuada por niños y adolescentes respecto al desarrollo de su cerebro? Al investigar a niños entre los 8 y 9 años de edad, se ha confirmado que el deporte influencia cambios en la corteza prefrontal anterior derecha, los cuales están relacionados con el control cognitivo (Chaddock-Heyman *et al.*, 2013). Investigaciones, utilizando neuroimágenes demuestran que niños de 12 años de edad, y que eran miembros de un grupo de danza, poseen una mayor actividad de la corteza somatosensorial (Kim *et al.*, 2016). Por otra parte, se ha observado en escolares que la actividad física regular lleva a una mejor circulación y entrega de oxígeno al cerebro, aumento de la densidad ósea y muscular, así como una mayor tolerancia al estrés (Frischenschlager y Gosch, 2012). Un reciente estudio propone que los opioides endógenos (que son liberados durante el ejercicio) regulan el aprendizaje ante amenazas sociales en los

seres humanos (Haaker *et al.*, 2017); resultaría entonces interesante estudiar su efecto en niños y adolescentes que practican actividad física regular y sistemática, como los deportes y la danza.

En virtud de lo anterior, es posible plantear que el cerebro de niños y adolescentes alberga un repertorio de respuestas de neuroplasticidad que no se ve comúnmente en su contraparte adulta (Ismail *et al.*, 2017). Esta característica permite que el cerebro juvenil se desarrolle apropiadamente y se adapte sin cesar, como se mencionó anteriormente (Ismail *et al.*, 2017). Los recientes hallazgos en el área de la neurociencia indican que la participación de los niños en la actividad física puede estar asociada con cambios en ciertas estructuras cerebrales, lo que conduce a una mejora en la función de la memoria (memoria de trabajo en particular), así como en el control cognitivo (Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018). De esta forma, la actividad física beneficia también a la salud, particularmente a través de una correlación positiva entre la práctica de deportes y las funciones neurocognitivas. Así, el involucrarse en actividad física, como los deportes durante la infancia tardía y la adolescencia, influencia positivamente las funciones emocionales e intelectuales (Bernal Rubio y Daniel Huerta, 2016; Bidzan-Bluma y Lipowska, 2018).

4. Conclusiones y proyecciones futuras

El cerebro humano, debido a su plasticidad neuronal, tiene una enorme capacidad para modificar su estructura y funcionamiento, lo que no solo permite suplir las deficiencias funcionales correspondientes a la lesión, sino que también es determinante en las conductas, emociones, hábitos y estilos de vida que se manifiestan durante la vida adulta.

Durante miles de años de un proceso continuo de adaptación y supervivencia de la especie humana el cerebro ha logrado desarrollarse y evolucionar hasta lo que conocemos hoy en día. El ejercicio físico ha desempeñado un papel muy importante en tal desarrollo, ya que su práctica implica una estimulación cerebral integral debido al movimiento de grupos musculares, incremento de flujo sanguíneo, aumento del ritmo cardíaco y modulación de la demanda de oxígeno y del consumo de glucosa, etc. Es decir, el ejercicio físico activa amplias zonas cerebrales ubicadas en diferentes zonas del cerebro y, en consecuencia, produce numerosos beneficios para los niños, niñas y adolescentes, destacando entre ellos:

la estimulación del nacimiento de nuevas neuronas en el hipocampo —una zona del cerebro relacionada con la memoria y el aprendizaje (Barrios Herreros y López Ferradaz, 2011)— y la promoción de la vascularización cerebral, generando cambios en la estructura neuronal y retardando el envejecimiento y daño cerebral (Navarro y Osses, 2015). Por otro lado, la actividad física también disminuye la ansiedad y la depresión, aumenta la autoestima, mejora el ánimo al producir sensación de bienestar, es un factor protector frente al consumo de drogas y previene la incidencia de diversas enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, diabetes y los trastornos cardiovasculares. La información presentada en este artículo permite concluir que la actividad física es fundamental para un adecuado desarrollo cerebral de niños y adolescentes. Por lo anterior, es importante promover un “cuerpo activo para un cerebro activo” (Alfaro *et al.*, 2018).

Los profesores de la asignatura de Educación Física tienen un rol muy importante en el desarrollo cerebral a través de la promoción del movimiento en sus estudiantes, por lo que es fundamental que ellos manejen este conocimiento y lo apliquen en la preparación de sus clases para todas las etapas. Desde un punto de vista investigativo, sería ideal conocer qué tipos de ejercicios físicos específicos producirían las mejores adaptaciones a nivel cerebral para los beneficios ya mencionados y así direccionar la práctica de actividad física hacia la mejora específica del potencial cognitivo de los niños y adolescentes.

Finalmente, es necesario, además, contar con autoridades educacionales sensibilizadas que permitan el incremento de las horas de actividad física en los establecimientos educacionales y, en general, que promuevan el autocuidado y los hábitos de vida saludable entre escolares (Cortés *et al.*, 2019). Esto, mediante un trabajo interdisciplinario de toda la comunidad escolar, es decir, que profesoras y profesores incluyan los beneficios de la práctica regular y sistemática de actividad física en diversas asignaturas, no solo en las de Ciencias Naturales o Biología, sino que también en Lenguaje, Historia, Artes, u otras. Además, es importante resaltar la importancia de contar con una infraestructura escolar adecuada para la actividad física y que padres, apoderados y familiares refuercen estos hábitos y estilos de vida saludable en sus hogares. Todo esto colaborará en el desafío de lograr que nuestros niños,

niñas y adolescentes tengan mejor salud, bienestar y condiciones propicias para el aprendizaje (Cortés *et al.*, 2019).

Referencias bibliográficas

- Adolph, K. E., y Hoch, J. E. (2019). Motor Development: Embodied, Embedded, Enculturated, and Enabling. *Annual Review of Psychology*, 70, 1, 141–164.
- Alarcón, T. (2019). Neurodesarrollo en los primeros 1.000 días de vida. Rol de los pediatras. *Revista Chilena de Pediatría*, 90, 1, 11–16.
- Alfaro, A. A., Santiago, C., y Cortés, M. E. (2018). Innovación didáctica en el aula de Biología: cerebro activo en un cuerpo activo. *UBO Health Journal*, 5, 2, 26–37.
- Barrios Herreros, L., y López Ferradaz, M. Á. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. *EFDeportes.Com, Revista Digital*, 16, 160. Consulta realizada el 30 de marzo de 2019. <https://www.efdeportes.com/efd160/aportes-del-ejercicio-fisico-a-la-actividad-cerebral.htm>
- Bernal Rubio, D., y Daniel Huerta, M. J. (2016). Educación Física: Una asignatura para mejorar el rendimiento académico, la cognición y los valores. *Infancia, Educación y Aprendizaje*, 2, 1, 96–114.
- Bidzan-Bluma, I., y Lipowska, M. (2018). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 4, 800.
- Celis-Morales, C., Salas, C., Martínez, M. A., Leiva, A. M., Garrido-Méndez, A., y Díaz-Martínez, X. (2017). Costo económico asociado a inactividad física en Chile. *Revista Médica de Chile*, 145, 8, 1091–1092.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., ... Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, marzo, 1–13.

- Córdova Villalobos, J. Á. (2016). Obesity: the real pandemic of the 21st century. *Cirugía y Cirujanos (English Edition)*, 84, 5, 351–355.
- Cortés, M. E., Alfaro Silva, A., Martínez, V., y Veloso, B. C. (2019). Desarrollo cerebral y aprendizaje en adolescentes: Importancia de la actividad física. *Revista Médica de Chile*, 147, 1, 130–131.
- Del Río, J. P., Alliende, M. I., Molina, N., Serrano, F. G., Molina, S., y Vigil, P. (2018). Steroid Hormones and Their Action in Women's Brains: The Importance of Hormonal Balance. *Frontiers in Public Health*, 6, mayo, 1–15.
- Doyon, J., Gabbitov, E., Vahdat, S., Lungu, O., y Boutin, A. (2018). Current issues related to motor sequence learning in humans. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 89–97.
- Frischenschlager, E., y Gosch, J. (2012). Active Learning – Leichter Lernen durch Bewegung. *Erziehung Und Unterricht*, 162, 131–137.
- Haaker, J., Yi, J., Petrovic, P., y Olsson, A. (2017). Endogenous opioids regulate social threat learning in humans. *Nature Communications*, 8, mayo, 15495. <https://doi.org/10.1038/ncomms15495>
- Hadders-Algra, M. (2018). Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 90, 2010, 411–427.
- Ismail, F. Y., Fatemi, A., y Johnston, M. V. (2017). Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*, 21, 1, 23–48.
- James, W. (1989). *Principios de Psicología*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Johansson, B. B. (2004). Brain plasticity in health and disease. *The Keio Journal of Medicine*, 53, 4, 231–246.
- Kim, Y. J., Cha, E. J., Kang, K. D., Kim, B.-N., y Han, D. H. (2016). The effects of sport dance on brain connectivity and body intelligence. *Journal of Cognitive Psychology*,

28, 5, 611–617.

Malecka-Tendera, E., y Mazur, A. (2006). Childhood obesity: A pandemic of the twenty-first century. *International Journal of Obesity*, 30, S1–S3.

María Alcover, C., y Rodríguez Mazo, F. (2012). Plasticidad Cerebral y Hábito en William James: un Antecedente para la Neurociencia Social. *Psychologia Latina*, 3, 1, 1–9.

Navarro A, B., y Osses B, S. (2015). Neurociencias y actividad física: una nueva perspectiva en el contexto educativo. *Revista Médica de Chile*, 143, 7, 950–951.

Oladejo, A. O. (2011). Overview of the metabolic syndrome; an emerging pandemic of public health significance. *Annals of Ibadan Postgraduate Medicine*, 9, 2, 78–82.

Pareja, I. D. U. (2010). Motricidad infantil y desarrollo humano. *Educación Física y Deporte*, 20, 1, 91–95.

Pascual, R. (2012). *Neuroplasticidad* (2nd ed.). Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Piaget, J. (2007). *La representación del mundo en el niño* (10a ed.). Madrid: Morata.

Robin, C. (1864). *Elementos de fisiología del hombre y de los principales vertebrados, Volumen I* (2da ed.). Madrid: Imprenta de Lázaro Maroto.

Vigil, P., del Río, J. P., Carrera, B., Aránguiz, F. C., Rioseco, H., y Cortés, M. E. (2016). Influence of sex steroid hormones on the adolescent brain and behavior: An update. *The Linacre Quarterly*, 83, 3, 308–329.

Vigil, P., Orellana, R. F., Cortés, M. E., Molina, C. T., Switzer, B. E., y Klaus, H. (2011). Endocrine modulation of the adolescent brain: A review. *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*, 24, 6, 330–337.

Zapata, O. A. (1989). *Juego y aprendizaje escolar. Perspectiva psicogenética*. Ciudad de México: Editorial Pax México.

Agradecimientos

Manuel E. Cortés agradece al 2° *Concurso de Proyectos Internos de Investigación 2018* y al *XII Concurso de Investigación en Docencia Universitaria* (UBO VRIP 1803 – ID 12009), Universidad Bernardo O’Higgins (UBO). Bianca C. Veloso agradece a la iniciativa “estudiantes ayudantes de vinculación entre docencia e investigación”, UBO.

Declaración de Conflictos de Interés

Ninguno de los autores de este artículo posee potenciales conflictos de interés asociados con su publicación.