

Influencia de la Actividad Física en el Aprendizaje: Revisión Bibliográfica

Influence of Physical Activity on Learning: A Bibliographic Review

Aros Arriati Brenda, Fuenzalida Méndez Felipe, Jara Concha Nuvia, Lorca Poblete Katherin, Tapia Herrera Paulina, Yáñez Rojas Jorge

Correspondencia: Fuenzalida Méndez Felipe correo phffuenzalida@gmail.com

Afiliación: Facultad de Educación, Psicología y Familia, Universidad Finis Terrae, Santiago de Chile.

Context: The effects of physical activity on cognition and how these capacities improve learning processes in children and pre-adolescents.

Objective: Make a literature review of scientific publications to determine the influence of physical activity in learning of children and young people, establishing a relationship between physical activity with academic achievements, cognition, brain structures and mental health.

Sources and information selection: Studies from 2011 to 2019 in academic search platforms with a large number of indexed documents and peer review protocols. Selection of experimental studies on physical activity interventions and their influence on the learning process of children and young people.

Limitations: The limitations include the variety of tools to measure the improvement of learning processes and the number of limited studies that reach direct conclusions.

Conclusions: The reviewed bibliography indicates that physical activity allows for improved structural and functional improvements in the brain, improving cognitive functions that can improve the learning processes of children and young people, even though the evidence is not conclusive or determinant as soon as direct and causal relationship between physical activity and learning.

Contexto: Los efectos de la actividad física en la cognición y como estas podrían mejorar los procesos de aprendizaje en niños, preadolescentes y jóvenes.

<p>Objetivo: Realizar una revisión bibliográfica de publicaciones científicas para determinar la influencia de la actividad física en el aprendizaje de niños y jóvenes a partir de la relación entre actividad física con logros académicos, la cognición, las estructuras cerebrales y la salud mental.</p>
<p>Fuentes y selección de información: Estudios desde el año 2011 hasta el año 2019 en plataformas de búsqueda académica con gran cantidad de documentos indexados y con protocolos de revisión de pares. Selección de estudios experimentales sobre intervenciones de actividad física y su influencia en el proceso de aprendizaje de niños y jóvenes.</p>
<p>Limitaciones: Las limitaciones incluyeron la variedad de herramientas utilizadas para medir la mejora de los procesos de aprendizaje y el número limitado de estudios que informaron una conclusión directa entre actividad física y aprendizaje.</p>
<p>Conclusiones: La bibliografía revisada señala que la actividad física posibilita mejoras significativas de tipo estructural y funcional en el cerebro, mejorando las funciones cognitivas lo que podría mejorar los procesos de aprendizaje de niños y jóvenes, aun así, la evidencia no es concluyente ni determinante en cuanto a la relación directa y causal entre actividad y aprendizaje.</p>

Introducción:

Por determinación del Ministerio de educación de Chile la asignatura de Educación física el año 2020 pasara a ser electivo en tercero y cuarto medio, niveles de término de la educación escolar en el sistema chileno (CNED 2019). A partir de esta decisión ministerial se genera una crítica en la opinión pública respecto a la decisión (Ahora noticias, 24 de mayo 2019), a lo que nos preguntamos ¿Cuál es la influencia de la actividad física en el aprendizaje? En las últimas décadas se ha generado un gran interés en estudiar el potencial de la actividad física en la obtención de mejores logros académicos (notas y promedios), en funciones cognitivas de niños y jóvenes, estructuras cerebrales y el funcionamiento del cerebro.

Estrategias y búsqueda:

Revisión bibliográfica sobre la temática de la actividad física, mejoras cognitivas y aprendizaje. Documentos indexados en diferentes plataformas virtuales, entre ellas: NCBI database, Pubmed.gov, Medline, Scielo, iSEEK, World Wide Science, Science, Google Scholar, Cochrane database of Systematic review, PsycINFO databases, US National Library of Medicine, National Institutes of Health, indexadas desde el año 2011 hasta el año 2019. Las estrategia de búsqueda incorporaron los siguientes términos y conceptos: "physical activity ", "prevention "" physical education ", "exercise ", "learning ", education", "academic achievements", "sport", "cognition", "executive functions", "metacognition", "attention", "school ", "children ", "adolescents ", "classroom ", "improvements in learning ", "physical activity interventions ", "effects of physical exercise ".

Selección de estudios e información.

La selección de bibliografía se acotó a las investigaciones que establecen una relación medible entre la actividad física, las funciones cognitivas y el aprendizaje en niños y adolescentes sanos. Centrándonos en los siguientes criterios de inclusión:

- 1) Actividad física, cognición y aprendizaje.
- 2) Grupo de estudio: niños y adolescentes sin discapacidad física, intelectual ni trastornos de déficit del aprendizaje.
- 3) Intervenciones de actividad física y su impacto estructural y fisiológico en el sistema nervioso central.

Otros criterios de inclusión fueron: intervenciones de actividad física en diferentes asignaturas, potenciando habilidades específicas y generales de aprendizaje y el efecto de la actividad física en áreas de bienestar psicológico.

Desarrollo.

I.- Actividad física y logros académicos.

La gran mayoría de la investigación que busca relacionar la actividad física con mejoras de logros académicos se encuentra parcializada. Por lo que el análisis de los resultados de manera general fue realizado a partir de investigaciones de tipo revisiones bibliográficas y meta-análisis, compendios de información, estadística y resultados.

El estudio “Academic Achievement and Physical Activity: A Meta-analysis” (Alvarez – Bueno 2017), establece que si la institución educativa (escuela) genera intervenciones de actividad física apropiadas, tanto dentro de la dinámica de la sala de clases como en las horas correspondientes a educación física, estas pueden incrementar significativamente los logros académicos de los estudiantes. La actividad física mejora el comportamiento dentro del aula (especialmente las dinámicas de actividad física incluidas dentro de la planificación de la clase) este es el caso de matemáticas, que presentó el mayor impacto. Las mejoras a nivel estadístico y porcentual son variadas dependiendo del momento de la intervención de actividad física, sea esta en la clase o en la asignatura de educación física (Tompsonski 2015)

En las áreas de análisis consideradas por Álvarez – Bueno se presentaron los siguientes resultados: habilidades matemáticas mostraron una mejora de 67,5% de la nota basal, habilidades de comprensión lectora presentaron una mejora de 10,9% mientras que los promedios (calificaciones finales) presentaron una mejora de un 55,5% posterior a dinámicas e intervenciones de actividad física dentro del aula, en el momento de la clase como en el fortalecimiento de la asignatura de “educación física” en la escuela (Alvarez – Bueno 2017).

La actividad física mejora una serie de procesos cognitivos, muchos de los cuales se relacionan directamente con las habilidades de comprensión lectora y habilidades de escritura (Salís 1999) mediciones hechas a partir de pruebas estandarizadas luego de cambios curriculares potentes en el área de las clases de educación física en una serie de escuelas de

Estados Unidos donde los promedios visibilizaron mejoras sustantivas en estas áreas (Fedewa 2011)

Dentro de los factores de las intervenciones de actividad física que se relacionan con la mejora de logros académicos, los estudios señalan que para el área de matemáticas el mayor incremento de los parámetros de mejora de logro académico se relaciona con intervenciones de actividad física ancladas y relacionadas a los temas a tratar en la propia clase de matemáticas (Rasberry 2011) y que apuntan a la resolución de problemas matemáticos. Aplicando y accionando intervenciones de actividad física en las escuelas se puede mejorar significativamente los logros académicos de los estudiantes dependiendo del área curricular. Al contrario de lo que se puede pensar por parte de los padres y apoderados, el tiempo de actividad física no entra en conflicto con los logros académicos y no debe ser considerada una pérdida de tiempo sino que una estrategia efectiva de mejora sistemática de los logros académicos de los estudiantes (Celia Alvarez 2017)

II.- Actividad física y cognición.

Los niños y jóvenes menos activos físicamente parecen tener más dificultades que los niños y jóvenes activos para realizar tareas exigentes y desafiantes.

Los participantes completaron una versión modificada de la tarea de flancos de Eriksen (Eriksen 1974) en la que se les indicó que respondieran con la mayor precisión posible a la dirección de una flecha presentada centralmente en medio de cualquiera congruente (por ejemplo, <<<<<< o >> >>>>) o flechas incongruentes (p. ej., <<<< << o >> <>>) (Pontifex 2006).

Se recopilaron múltiples índices de desempeño de tareas sobre el tiempo de reacción y la precisión de la respuesta. Específicamente, la latencia y la precisión de la respuesta se calcularon para (1) ensayos correctos, (2) ensayos de error de comisión, (3) ensayos de coincidencia correcta (el subconjunto de ensayos correctos coincidió con ensayos de errores específicos basados en RT), (4) correcto los ensayos que siguen a un ensayo de error, y (5) los ensayos correctos después de un ensayo de coincidencia correcta.

Los hallazgos indicaron que los niños de menor condición física exhibieron una precisión de respuesta global disminuida en comparación con sus contrapartes de mayor condición física, con una mayor reducción en el desempeño de la tarea para la condición de estímulo-respuesta incompatible

Por el contrario, los participantes de mayor condición física pudieron mantener un alto nivel de precisión de respuesta en las condiciones de compatibilidad de estímulo-respuesta, lo que sugiere una mayor capacidad para modular de manera flexible los procesos de control cognitivo. Los hallazgos neuroeléctricos (EEG) revelaron que los niños de menor condición física experimentan un mayor conflicto de respuesta, una capacidad reducida para asignar recursos de atención y una clasificación de estímulos retrasada y mejor velocidad de procesamiento en relación con sus contrapartes de mayor condición física. Alternativamente, los niños de mayor condición física pudieron modular de manera flexible las operaciones de control cognitivo. Por lo tanto, el patrón general de hallazgos sugiere que los niveles más

bajos de aptitud cardiorrespiratoria se relacionan con los déficits en la asignación flexible del control cognitivo para satisfacer las demandas de las tareas y metas asignadas. (Pontifex 2011)

Otros hallazgos revelaron que una actividad física moderada de ejercicio aeróbico facilita el rendimiento cognitivo. El ejercicio agudo facilita la función cerebral y la cognición de niños con baja capacidad basal. (Drollette 2014).

Los resultados de desempeño del comportamiento indican, que la tarea sugerida en el grupo de estudio se relaciona con la aptitud aeróbica en los niños, de modo que los niños con alta capacidad aeróbica (High Fit) superan a los niños con una pobre capacidad aeróbica (Low Fit). Este estudio de aptitud física se asoció con diferentes patrones de activación cerebral en regiones asociadas con procesos de control cognitivo. Los niños higher-fit demostraron una activación más eficiente de las regiones del cerebro involucradas en la red cíngulo (EEG). (Drollette 2014)

El estudio “Aerobic Fitness Is Associated With Cognitive Control Strategy in Preadolescent Children” (Kao 2017), replicó hallazgos previos que indican que la condición física aeróbica está relacionada con mejoras generales en el desempeño de tareas, de modo que los niños “High Fit”, muestran una mayor precisión en tareas asignadas que los niños con Low “fit” independientemente de la demanda cognitiva.

Los hallazgos reportados replican y extienden la investigación previa en niños, observando déficits en la función cognitiva de orden superior asociados con una aptitud aeróbica deficiente, y proporcionan evidencia inicial para sugerir que estos déficits pueden resultar de fallas en la atención sostenida. Específicamente, los niños de menor aptitud aeróbica exhibieron un número mayor de errores de omisión, series secuenciales más largas y frecuentemente incorrectas. Estos hallazgos sugieren que los niños con una condición aeróbica más deficiente experimentan fallas más frecuentes en la atención sostenida durante una tarea de control cognitivo, lo que requiere un tiempo más frecuente y más largo para la regeneración y el compromiso de la atención. En consecuencia, estos datos sugieren que la aptitud cardiorrespiratoria puede ser un importante factor de estilo de vida modificable que tiene implicaciones para la maduración efectiva de las redes que subyacen la atención y maximizan la salud cognitiva y el control inhibitorio durante el desarrollo. (Pontifex, 2012)

En conclusión y a partir de la revisión bibliográfica realizada, la actividad física se relaciona con la capacidad de generar un mejor control inhibitorio en las pruebas experimentales, logrando que niños y adolescentes de alta aptitud aeróbica (High Fit) puedan controlar de mejor manera la atención, el comportamiento, los pensamientos y las emociones, anulando de esta forma las fuertes predisposiciones a distractores. Se facilita también en niños de alta aptitud aeróbica resultados relacionados a una memoria de trabajo y una mejor flexibilidad cognitiva cambiando perspectivas o enfoques a un problema, ajustándose de manera flexible a las nuevas demandas, reglas o prioridades (como en el cambio entre tareas) presentando mejores resultados que el grupo de bajas aptitudes aeróbicas.

III.- Actividad física y estructuras cerebrales.

Diversas investigaciones sugieren que la actividad física puede cambiar algunas estructuras y patrones de funcionamiento cerebral.

Se ha observado un impacto de la actividad física en la formación de estructuras cerebrales más sólidas, firmes y compactas. Junto con esto se observa una mejor integridad estructural y funcional en el cuerpo calloso el cual conecta los hemisferios cerebrales facilitando microestructuras de materia blanca más sólidas y una intercomunicación mayor en materia cognitiva, motora y sensorial (Chaddock-Heyman, 2014). Otros estudios experimentales y observacionales muestran características similares, en relación a solidez, fortaleza y compactación en la corona radiada, la cual integra información en el cerebro. Esta mejora de la integración juega roles en la velocidad del procesamiento de información, el control cognitivo y la memoria repercutiendo probablemente en la mejora en las habilidades matemáticas. Ambos estudios concluyen que la actividad física mejora las micro estructuras de la materia blanca, otorgándole mejor calidad estructural y un mejor funcionamiento, generando mejoras en la mielinización de los axones lo que puede llevar a los niños a mejores logros académicos (Colcombe 2003)

En adolescentes el impacto de la actividad física de alta intensidad activa mecanismos relacionados al funcionamiento y procesos de neurogénesis en el hipocampo (Hueston 2017)

Otros grupos han realizado estudios que demuestran cambios significativos en materia estructural y fisiológica en el cerebro de niños activos en relación a la actividad física. Niños, preadolescentes y jóvenes físicamente activos a nivel competitivo desarrollan en su cerebro mayores tamaños de las áreas relacionadas a la memoria y las emociones, específicamente el hipocampo y en los ganglios basales. La actividad física incrementa la dopamina que participa de los procesos de angiogénesis, fenómenos observados mediante el uso de resonancias magnéticas en niños altamente activos y otro grupo altamente sedentario entre 9 y 10 años. Cabe destacar que también se encontraron en el grupo de niños altamente activos mayores volúmenes en el estriado y ventral, los que se relacionan con el control cognitivo y la resolución de problemas. El estudio a partir de resonancias magnéticas visualizó un adelgazamiento de la materia gris en las áreas anteriores y superiores de la corteza lo que se asoció con un rendimiento aritmético superior (Chaddock 2010-2014).

La actividad puede afectar positivamente la cantidad de materia gris, así como una mejor comunicación entre la materia gris a través de la sustancia blanca (Schaeffer 2014). Los niños y jóvenes activos también son considerablemente más capaces de “activar” las regiones cerebrales responsables del pensamiento de alto nivel o funciones cognitivas (Voss 2011)

En suma, la revisión bibliográfica sugiere que niños y jóvenes activos en términos de actividad física pueden cambiar estructural y fisiológicamente sus cerebros, posibilitando mejores funciones cognitivas que favorecerían los procesos de aprendizaje. Las estructuras fortalecidas estructural y funcionalmente se relacionan con memoria y control de emociones, movimientos voluntarios y la capacidad para conectar diferentes regiones del cerebro responsables de funciones cognitivas de alta complejidad.

IV.- Actividad física y salud mental.

La actividad física contribuye a la salud mental y el bienestar de los niños y jóvenes. Favorece la prevención de síntomas negativos en primer lugar, y promueve emociones positivas y autoestima.

La actividad física ayuda a minimizar los síntomas depresivos en niños y jóvenes (Salís, 2016). Las percepciones de autocontrol y la naturaleza social de la actividad física son dos de las razones más conocidas para entender cómo esta actúa sobre el aprendizaje. Contribuye a reducir la depresión y síntomas en niños y jóvenes. Además, la investigación sugiere que la liberación de serotonina y dopamina, neurotransmisores que contribuyen a la sensación de bienestar, también puede desempeñar un papel en la promoción de sentimientos de felicidad. (Nieman 2002).

Aunque limitada, la evidencia preliminar sugiere que la actividad física puede desempeñar un papel en la prevención y manejo de los sentimientos de ansiedad; espectro de actividades tales como la danza y los deportes de equipo se han destacado específicamente en la literatura, como reductores de los sentimientos de ansiedad (Cotman 2016). Aunque los mecanismos son en gran parte desconocidos, los niveles más altos de actividad física en niños y jóvenes se asocian con menos estrés. La actividad física se presenta como una distracción a corto plazo de los síntomas ansiosos que experimentan los niños y jóvenes. (Martikainen 2013) Los niños y jóvenes que tiene altos niveles de estrés tienden a pasar más tiempo siendo sedentarios. En contraste, los niños y jóvenes que participan en diversos tipos de actividad física parecen sobrellevar mejor el estrés y la exposición a él, mejorando la resiliencia (Roemmich 2017)

Conclusiones.

La evidencia sugiere que la actividad física en la infancia y la adolescencia está asociada con una mejor cognición (razonamiento lógico y aprendizaje), una mejor obtención de logros académicos, una mejora estructural y fisiológica del cerebro y la salud mental (bienestar emocional, psicológico y social).

La evidencia trabajada en la presente revisión bibliográfica destaca la existencia de una relación favorable entre la actividad física, la cognición, las funciones cerebrales y la estructura del cerebro. La actividad física juega un papel importante para ayudar a los niños y jóvenes a aprender de mejor manera, resolver problemas de manera creativa y obtener cerebros más sanos. Los niños y jóvenes que son menos activos y sedentarios muestran también un menor desempeño en tareas cognitivas de nivel superior, siendo el sedentarismo un elemento que podría generar niños y preadolescentes con una menor capacidad de aprendizaje frente al grupo de jóvenes mas activos físicamente.

La actividad física desempeña un papel clave en la prevención y reducción de los síntomas de depresión y ansiedad, ayudando en el manejo del stress y mejoría de autoestima. Genera un mejor contexto posibilitador del aprendizaje en niños y jóvenes con bajo estados de ánimo o estrés, proporcionando beneficios a niños y jóvenes. La actividad física apoya y alienta el bienestar físico y emocional, los que constituyen pilares fundamentales de procesos de aprendizaje exitosos.

Bibliografía y referencias.

- Álvarez-Bueno Celia, Pesce Caterina, Cavero-Redondo Iván, Sánchez-López Maicena, Garrido-Miguel Miriam and Martínez-Vizcaíno Vicente. Academic Achievement and Physical Activity: A Meta-analysis, 2017. *Pediatrics* 2017;140; DOI: 10.1542/peds.2017-1498 originally published online November 24, 2017.
- Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, et al. A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *Biol Psychol.* 2012;89(1):260-268. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.10.017.
- Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, et al. A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Res.* 2010;1358(Suppl C):172-183. doi:https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049.
- Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, et al. Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci.* 2010;32(3):249-256.
- Chaddock-Heyman L, Erickson KI, Holtrop JL, et al. Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Front Hum Neurosci.* 2014;8(August):1-7. doi:10.3389/fnhum.2014.00584.
- Chaddock-Heyman L, Erickson KI, Kienzler C, et al. The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PLoS One.* 2015;10(8):1-11. doi:10.1371/journal.pone.0134115.
- Chaddock-Heyman L, Hillman CH, Cohen NJ, Kramer AF. III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monogr Soc Res Child Dev.* 2014;79(4):25–50
- Cryan JF, Nolan YM. Stress and adolescent hippocampal neurogenesis: diet and exercise as cognitive modulators. *Transl Psychiatry.* 2017;7(4):e1081. doi:10.1038/tp.2017.48.
- Diamond AB. The cognitive benefits of exercise in youth. *Curr Sports Med Rep.* 2015;14(4):320–326.
- Drollette ES, Scudder MR, Raine LB, et al. Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Dev Cogn Neurosci.* 2014;7:53-64. doi: 10.1016/j.dcn.2013.11.001.
- Fedewa AL, Ahn S. The effects of physical activity and physical fitness on children’s achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Res Q Exerc Sport.* 2011;82(3):521–535.
- Kao S-C, Drollette ES, Scudder MR, et al. Aerobic fitness is associated with cognitive control strategy in preadolescent children. *J Mot Behav.* 2017;49(2):150-162. doi:10.1080/00222895.2016.1161594.
- Krafft CE, Schaeffer DJ, Schwarz NF, et al. Improved fronto-parietal white matter integrity in overweight children is associated with attendance in an after-school exercise program. *Dev Neurosci.* 2014;36(1):1-9. doi:10.1159/000356219.
- Martikainen S, Pesonen A-K, Lahti J, et al. Higher levels of physical activity are associated with lower hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis reactivity to psychosocial stress in children. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(4):E619-E627. doi:10.1210/jc.2012-3745.
- McCormick R. Does access to green space impact the mental well-being of children: a systematic review. *J Pediatr Nurs.* 2017;37:3-7. doi:10.1016/j.pedn.2017.08.027.

- Mullender-Wijnsma MJ, Hartman E, de Greeff JW, Doolaard S, Bosker RJ, Visscher C. Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*. 2016;137(3):e20152743.
- Pontifex MB, Raine LB, Johnson CR, et al. Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *J Cogn Neurosci*. 2011;23(6):1332-1345. doi:10.1162/jocn.2010.21528.
- Pontifex MB, Scudder MR, Drollette ES, Hillman CH. Fit and vigilant: the relationship between poorer aerobic fitness and failures in sustained attention during preadolescence. *Neuropsychology*. 2012;26(4):407-413. doi:10.1037/a0028795.
- Rasberry CN, Lee SM, Robin L, et al. The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. *Prev Med*. 2011;52(suppl 1):S10–S20.
- Roemmich JN, Lambiase MJ, Balantekin KN, et al. Stress, behavior, and biology. *Exerc Sport Sci Rev*. 2014;42(4):145-152. doi:10.1249/JES.0000000000000027.
- Schaeffer DJ, Krafft CE, Schwarz NF, et al. An 8-month exercise intervention alters fronto-temporal white matter integrity in overweight children. *Psychophysiology*. 2014;51(8):728-733. doi:10.1111/psyp.12227.
- Singh A, Uijtewilligen 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.
- Tarp J, Domazet SL, Froberg K, Hillman CH, Andersen LB, Bugge A. Effectiveness of a school-based physical activity intervention on cognitive performance in Danish adolescents: LCoMotion—Learning, Cognition and Motion – a cluster randomized controlled trial. *PLoS One*. 2016;11(6):e0158087.
- Tomporowski PD, Davis CL, Miller PH, Naglieri JA. Exercise and children’s intelligence, cognition, and academic achievement. *Educ Psychol Rev*. 2008;20(2):111–131.
- Tomporowski PD, McCullick B, Pendleton DM, Pesce C. Exercise and children’s cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *J Sport Health Sci*. 2015;4(1):47–55.
- Voss MW, Chaddock L, Kim JS, et al. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. *Neuroscience*. 2011;199:166-176. doi:10.1016/j.neuroscience.2011.10.009.
- Voss MW, Chaddock L, Kim JS, et al. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. *Neuroscience*. 2011;199:166-176. doi:10.1016/j.neuroscience.2011.10.009.