

Selected Papers from Impact

Diez Minutos de Ejercicio Realizado Por Encima del Umbral de Lactato Mejoran el Control Ejecutivo en Niños

Ten Minutes of Exercise Performed Above Lactate Threshold Improves Executive Control in Children

Isabela Almeida Ramos¹, Rodrigo Alberto Vieira Browne, Daniel Gomes da Silva Machado^{2,3}, Marcelo Magalhães Sales⁴, Raiane Maiara dos Santos Pereira¹ y Carmen Silvia Grubert Campbell¹

¹Programa de Postgrado en Educación Física, Universidad Católica de Brasília, Brasília, Brasil

²Departamento de Educación Física, Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

³Programa de Postgrado en Educación Física, Universidad Estatal de Londrina, Londrina, Brasil

⁴Departamento de Educación Física, Universidad Estatal de Goiás, Quirinópolis, Brasil

RESUMEN

Ramos IA, Browne RAV, Machado DGS, Sales MM, Pereira RMS, Campbell CSG. Diez Minutos de Ejercicio Realizado Por Encima del Umbral de Lactato Mejoran el Control Ejecutivo en Niños. JEPonline 2017;20(2):73-83. El propósito de este estudio fue verificar y comparar el efecto de 10 minutos de ejercicio aeróbico realizado por encima y por debajo del umbral de lactato (UL) en el control ejecutivo en niños. Nueve niños ($10,3 \pm 0,5$ años) se sometieron a tres sesiones en orden aleatorio: (a) 110%UL: 10 min de ejercicio aeróbico al 110%UL; (b) 90%UL: 10 min de ejercicio aeróbico al 90%UL; y (c) control (CON): reposo sentado. El control inhibitorio, la memoria declarativa, la flexibilidad cognitiva y el razonamiento lógico se evaluaron durante la recuperación post-sesión mediante la Tarea de Flanker, la Memoria de Recuerdo Libre, el Test del Trazo y el Rompecabezas de Tangram, respectivamente. El rendimiento de la Tarea de Flanker [rendimiento = tiempo de reacción (ms) / respuestas correctas (%)] fue significativamente mejor después del 110%UL comparado con el CON ($1950,6 \pm 1099,6$ versus $2827,4 \pm 1385,1$ ms; $P = 0,028$). No hubo diferencias significativas entre las condiciones en la Memoria de Recuerdo Libre, el Test del Trazo y el Rompecabezas de Tangram ($P > 0,05$). Los hallazgos indican que 10 minutos de ejercicio aeróbico por encima del UL pueden mejorar agudamente el control inhibitorio en niños.

Palabras Clave: Ejercicio Aeróbico, Niños, Cognición, Función Ejecutiva

ABSTRACT

The purpose of this study was to verify and compare the effect of 10 min of aerobic exercise performed above and below

lactate threshold (LT) on executive control in children. Nine children (10.3 [+ or -] 0.5 yrs) underwent three sessions in randomized order: (a) 110%LT: 10 min of aerobic exercise at 110%LT; (b) 90%LT:10 min of aerobic exercise at 90%LT; and (c) control (CON): seated resting. The inhibitory control, declarative memory, cognitive flexibility, and logical reasoning were assessed over the post-session recovery by the Flanker task, free recall memory, trail making test, and tangram puzzle, respectively. Flanker task performance [performance = reaction time (ms) / correct responses (%)] was significantly better after 110%LT when compared with CON (1950.6 [+ or -] 1099.6 vs. 2827.4 [+ or -] 1385.1 ms; $P=0.028$). There was no significant difference among conditions in free recall memory, trail making test, and tangram puzzle ($P>0.05$). The findings indicate that 10 min of aerobic exercise above LT can acutely improve the inhibitory control in children.

Keywords: Aerobic Exercise, Children, Cognition, Executive Function

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los niños se han vuelto cada vez más sedentarios, lo que contribuye a aumentar la prevalencia de sobrepeso y baja condición física (20). Tal inactividad perjudica la salud del cerebro y algunos aspectos de la cognición, especialmente el control ejecutivo (15). Esto es preocupante porque durante la infancia hay cambios extensos en la estructura, la función y la conectividad del cerebro. Por lo tanto, un estilo de vida activo durante la infancia puede tener efectos protectores sobre la salud del cerebro durante toda la vida (14).

No obstante, el rendimiento cognitivo es vital para el éxito en la escuela, la vocación y la vida (9,11), también puede ser mejorado por el ejercicio, especialmente el control ejecutivo (10), que consiste en la inhibición (resistencia a las distracciones o hábitos para mantenerse enfocado), memoria de trabajo (retención mental y manipulación de información) y flexibilidad cognitiva (multitarea). En particular, revisiones recientes (9,11) sugieren una asociación positiva entre la actividad física y el control ejecutivo con respecto a los académicos, pero son necesarios ensayos más experimentales.

Las mejoras cognitivas después de una sola sesión de ejercicio aeróbico parecen ser dependientes del nivel de aptitud física de los participantes, la naturaleza de la tarea cognitiva y el momento de la administración, la duración del ejercicio y la intensidad (7). En el metanálisis de Chang et al. (7), las intensidades de ejercicio más altas mostraron mejores resultados sobre la función cognitiva en muchas poblaciones investigadas. De hecho, Hotting et al. (16) comparó los efectos del ejercicio de baja intensidad (<57% máximo de frecuencia cardiaca; FC_{máx}) y el de alta intensidad (~80% FC_{máx}) en la consolidación de la memoria de palabras en adultos jóvenes, los cuales fueron evaluados 20 minutos y 24 horas después del ejercicio. Aunque el número de palabras recordadas no aumentó, los sujetos del grupo de alta intensidad olvidaron menos palabras 24 horas después del ejercicio. Utilizando una muestra de niños/adolescentes (10 a 16 años de edad), Browne et al. (5) demostró que 20 minutos de ejercicio aeróbico moderado (65 a 75% de FC de reserva) mejoraron el control inhibitorio en el test de interferencia de color de Stroop.

Una hipótesis fisiológica que puede explicar el efecto agudo de la intensidad del ejercicio en la respuesta cognitiva es el aumento del flujo sanguíneo cerebral, la disponibilidad de nutrientes y/o el aumento de la actividad de los neurotransmisores (21). Los biomarcadores periféricos son una estrategia para explorar aún más las asociaciones entre el ejercicio y el rendimiento cognitivo. De hecho, uno de los mediadores moleculares más rigurosamente investigados es el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) (26). Los estudios en animales han demostrado consistentemente que esta neurotrofina y su receptor, la tirosina quinasa (TrkB), juegan un papel importante en muchos procesos funcionales y estructurales de neuroplasticidad que soportan el proceso de memoria a largo plazo (1). Además, Hötting et al. (16) y Knaepen et al. (19) han confirmado que los niveles circulantes de BDNF se incrementan transitoriamente con el ejercicio intenso.

Curiosamente, Wyss et al. (32) demostró recientemente *in vivo* que el lactato también es utilizado por el cerebro como fuente de energía primaria, y parece que el cerebro prefiere el lactato sobre la glucosa como sustrato energético. Por lo tanto, se puede sugerir que las intensidades de ejercicio que aumentan la producción de lactato (por ejemplo, por encima del umbral de lactato [UL]) podrían ser más eficaces en la mejora de la cognición. A pesar de la probabilidad de que la mejora inducida por el ejercicio en el control ejecutivo esté relacionada con la intensidad del ejercicio, hasta el momento no se han investigado los efectos agudos del ejercicio realizado por encima y por debajo del umbral de lactato en el control ejecutivo en niños. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue analizar y comparar los efectos agudos del ejercicio realizado por encima y por debajo del UL en el control ejecutivo en niños. La hipótesis es que las mejoras en el control ejecutivo después del ejercicio en los niños son dependientes de la intensidad.

MÉTODOS

Sujetos

Para probar la hipótesis, 9 niños (4 varones) del 4º grado de la escuela primaria pública brasileña participaron en un ensayo aleatorizado con diseño cruzado. Los criterios de exclusión incluyeron servicios educativos especiales relacionados con trastornos cognitivos o de atención, enfermedades neurológicas y discapacidades físicas. El presente estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y la Resolución 466/2012 del Consejo Nacional de Salud de Brasil y fue posteriormente aprobado por el Comité de Ética de Investigación local (número de protocolo: 139/2010). Los padres de todos los niños proporcionaron un consentimiento informado por escrito. No se ofreció ningún incentivo monetario o de otro tipo a los alumnos o a la escuela para participar en el estudio.

Procedimientos

Los sujetos fueron evaluados durante 5 sesiones, con un intervalo de 24 a 72 horas. Las dos primeras sesiones consistieron en: (a) las evaluaciones antropométricas y de maduración; la familiarización con las tareas cognitivas y el test de 12 minutos de Cooper; y (b) la determinación del UL mediante un test incremental. Las últimas 3 sesiones se realizaron en orden aleatorio: (a) sesión de 110%UL; (b) sesión de 90%UL; y (c) sesión de control (CON). El rendimiento cognitivo se midió después de una recuperación de 20 minutos de las sesiones experimentales y de control.

Mediciones Antropométricas

El peso y altura de los sujetos fueron medidos por una balanza electrónica (Tech 05®, China) y un estadiómetro portátil (Sanny® ES 2040, Brasil), respectivamente. El porcentaje de grasa fue determinado por un adipómetro (Lange®, EEUU) a través de mediciones de pliegues cutáneos de tríceps y subescapulares, según lo descrito anteriormente por Slaughter et al. (27). Además, la información sobre la madurez sexual se determinó de acuerdo con el modelo propuesto por Tanner (29). Dentro de la misma sesión, se evaluó la función cardíaca mediante un electrocardiograma en reposo (GE Medical Systems, MAC 500). La frecuencia cardíaca en reposo se midió mediante un monitor cardíaco automático (Polar® FT1).

Umbral de Lactato

El UL de los sujetos se obtuvo a través de un test incremental adaptado desde el protocolo desarrollado por Simões et al. (24), que consistió en correr 6 veces 500 m al 80%, 83%, 86%, 89%, 92% y 95% de la velocidad promedio de carrera obtenida con el test de 12 min de Cooper. Durante los últimos 10 segundos de cada recorrido de 500 m, se extrajo una muestra de sangre de 25 µl del lóbulo de la oreja y se transfirió a tubos Eppendorf que contenían 50 µl de fluoruro de sodio (NaF) al 1%. Las concentraciones (mM) se determinaron a partir de cada muestra usando un analizador de lactato sanguíneo (Yellow Spring Instruments 2700, Ohio, EEUU). El umbral de lactato se determinó como la intensidad a la que se produjo el punto de ruptura en la curva de concentración de lactato sanguíneo (25).

Tests Cognitivos

Los sujetos completaron una tarea computarizada de Flanker modificada (12) para evaluar el control inhibitorio. Ensayos congruentes e incongruentes requirieron que los sujetos presionen un botón correspondiente a la dirección de la flecha "objetivo" presentada centralmente. Los ensayos congruentes consistieron en flechas orientadas hacia la misma dirección (por ejemplo, <>>>) y los ensayos incongruentes consistían en que la flecha del medio miraba en dirección contraria a las otras (por ejemplo, <<><>). Se mostraron un total de 20 ensayos con flechas negras sobre un fondo blanco. Se registró el tiempo de reacción y la exactitud de las respuestas, el resultado fue presentado por el puntaje de eficiencia inversa que se calculó mediante la fórmula: rendimiento (ms) = tiempo de reacción (ms) / respuestas correctas (%) (6).

Se usó la prueba de Memoria de Recuerdo Libre (23) para acceder a la memoria corta declarativa de los sujetos. Cada lista de palabras de 20 ítems fue presentada una palabra a la vez, 5 segundos cada una para un tiempo de presentación total de 100 segundos. Después de este período, una señal verbal indicó a los sujetos que anotaran en un período de 2 minutos tantas palabras como fuera posible, independientemente de su orden de presentación. Se registró el número de palabras correctas recordadas.

La flexibilidad cognitiva se evaluó mediante el Test del Trazo (2). En la Parte A, era necesario trazar líneas que conectaban en orden ascendente círculos consecutivos numerados de 1 a 25, distribuidos aleatoriamente sobre una hoja de papel. En la Parte B, los círculos incluían números (1 a 13) y letras (A a L), y el niño debería conectarlos como números y letras alternas (por ejemplo, 1-A-2-B-3-C...). Se registró el tiempo para completar cada parte de la tarea.

Para acceder al razonamiento lógico, los sujetos realizaron una prueba de Rompecabezas de Tangram (22) compuesta de 7

piezas de polígonos (5 triángulos, 1 cuadrado y 1 paralelogramo). En cada sesión experimental se presentaron 2 figuras con la misma complejidad; el sujeto fue instruido para armarlas lo más rápidamente posible. Se registró el tiempo dedicado a armar cada Tangram (seg).

Intervención

Las sesiones experimentales y de control se realizaron en orden aleatorio con un intervalo de 24 a 72 h. Se realizó un breve calentamiento antes de comenzar con las sesiones de intervención. A continuación, los sujetos realizaron 10 minutos de carrera a una velocidad equivalente al 90% o al 110% del UL. La frecuencia cardíaca (FC) se registró (Polar® FT1) durante las intervenciones. Las sesiones se realizaron entre las 5 y las 6 de la tarde en la pista de atletismo estándar de 400 metros de la Universidad Católica de Brasilia (UCB). El evaluador hizo sonar un silbato para que los niños pudieran correr a un ritmo adecuado. Durante la sesión de control, los sujetos permanecieron sentados en reposo durante 10 minutos en una habitación climatizada, coloreando y dibujando, mientras se registró la FC.

Análisis Estadísticos

La distribución normal de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos se presentan como media y desviación estándar o mediana y percentiles del 25 al 75. Se utilizó un ANOVA de medidas repetidas seguido de un análisis de contrastes para comparar los efectos de la intensidad del ejercicio sobre el rendimiento cognitivo. La hipótesis de esfericidad se probó mediante el test de Mauchly y se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser cuando fue necesario. El Eta al cuadrado parcial (η^2_p) se utilizó como una medida del tamaño del efecto de las varianzas. Además, se calculó el g de Hedges como una medida del tamaño del efecto de las medias.

La significación estadística se estableció en $P < 0,05$. El software SPSS 22.0 para Windows fue utilizado para realizar todos los análisis (SPSS, Chicago, IL, EEUU).

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta las características generales de la muestra. En el test de Flanker, hubo un efecto de sesión ($F(2,10)=5,79$; $P=0,021$; $\eta^2_p=0,537$) (Figura 1). El análisis *post hoc* indica que los niños mostraron un mejor desempeño en el test de Flanker después de la carrera al 110%UL cuando se compararon con la sesión de control ($P=0,028$, $g=0,65$) (Figura 1). Por otra parte, como se muestra en la Tabla 2, no hubo efecto del ejercicio sobre los tests de memoria de recuerdo libre, del trazo y de rompecabezas de Tangram.

DISCUSIÓN

Este estudio investigó los efectos de 10 min de ejercicio aeróbico realizado a intensidades por encima y por debajo del UL en el control ejecutivo en niños. El principal hallazgo de este estudio indica que el ejercicio realizado a la mayor intensidad (110%UL vs. 90%UL) mejoró el control inhibitorio en comparación con la sesión de control (Figura 1). Este hallazgo es consistente con el menor tiempo de reacción ajustado por la proporción de respuestas correctas en el test de Flanker. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio para demostrar el impacto del ejercicio de running a una intensidad alrededor del UL en el control ejecutivo en los niños.

Tabla 1. Características Generales de la Muestra (N=9).

	Datos de Posición y Dispersión o Proporción
Edad (años)	10.3 ± 0.5
Altura (m)	1.43 ± 0.03
Peso (kg)	33.1 ± 4.0
Índice de Masa Corporal (kg·m ⁻²)	16.2 ± 1.5
Plieque Cutáneo de Tríceps (mm)	9.0 (8.0 – 14.0)
Plieque Cutáneo Subescapular (mm)	7.0 (6.0 – 11.0)
Grasa Corporal (%)	13.7 (11.1 – 19.0)
Sexo (niño/niña)	4/5
Maduración del Vello Púbico (2/3)	7/2
Maduración de Genitales/Pechos (2/3)	5/4
Test de Cooper de 12 min (m)	1783.3 ± 169.6
Test de Cooper de 12 min (km·h ⁻¹)	8.9 ± 0.8
UL (km·h ⁻¹)	7.9 ± 0.9
10-min Carrera a 90%UL (km·h ⁻¹)	7.1 ± 0.8
10-min Carrera a 110%UL (km·h ⁻¹)	8.7 ± 1.0

Los datos se muestran como media ± desviación estándar o mediana (percentiles 25 y 75). **110%UL** = intensidad relativa al 110% del umbral de lactato; **90%UL** = intensidad relativa al 90% del umbral de lactato.

Tabla 2. Efecto de la Intensidad del Ejercicio Aeróbico en el Control Ejecutivo en Niños (N=9).

	Control	90%UL	110%UL	F	P	η ² _p
Memoria (palabras)	6.7 ± 1.9	6.0 ± 1.9	7.2 ± 2.9	0.70	0.451	0.081
Ensayo A (s)	61.6 ± 11.1	64.9 ± 22.2	65.0 ± 25.5	0.10	0.905	0.012
Ensayo B (s)	114.6 ± 40.2	122.9 ± 38.4	123.9 ± 59.8	0.14	0.867	0.018
Tanqram 1 (s)	109.9 ± 67.4	75.2 ± 39.5	77.4 ± 52.7	1.73	0.208	0.178
Tanqram 2 (s)	96.0 ± 57.1	87.7 ± 38.6	81.8 ± 47.8	0.57	0.576	0.067

Los datos se muestran como media ± desviación estándar. Memoria (palabras) - palabras recordadas; **110%UL** = intensidad relativa al 110% del umbral de lactato; **90%UL** = intensidad relativa al 90% del umbral de lactato; **η²_p** = eta al cuadrado parcial.

El hecho de que sólo la intensidad del ejercicio por encima del UL mejoró el rendimiento cognitivo de los sujetos confirma nuestra hipótesis. Una mayor concentración de lactato sanguíneo puede estar involucrada en este resultado positivo (32), pero este parámetro no fue el objeto del presente estudio. En concordancia, los hallazgos de Wyss et al. (32) mostraron por primera vez *in vivo* el mantenimiento de la actividad neuronal en presencia de lactato como fuente primaria de energía, previniendo la hipoglucemia severa inducida por insulina. Es importante destacar que los autores mostraron que el cerebro prefiere el lactato sobre la glucosa como sustrato energético, dado que cuando el lactato plasmático se incrementa experimentalmente se reduce la utilización de glucosa cerebral (32). El UL representa un punto de transición durante el ejercicio en el que los niveles sanguíneos de lactato aumentan exponencialmente, mientras que en intensidades por debajo del UL el propio músculo metaboliza el lactato producido (25). Por lo tanto, considerando que los niveles más altos de lactato plasmático se encuentran durante el ejercicio por encima del UL y que el lactato es el sustrato energético de elección del cerebro, es posible que la mejora cognitiva encontrada en el presente estudio sea el resultado del aumento en la producción de lactato durante el ejercicio al 110%UL.

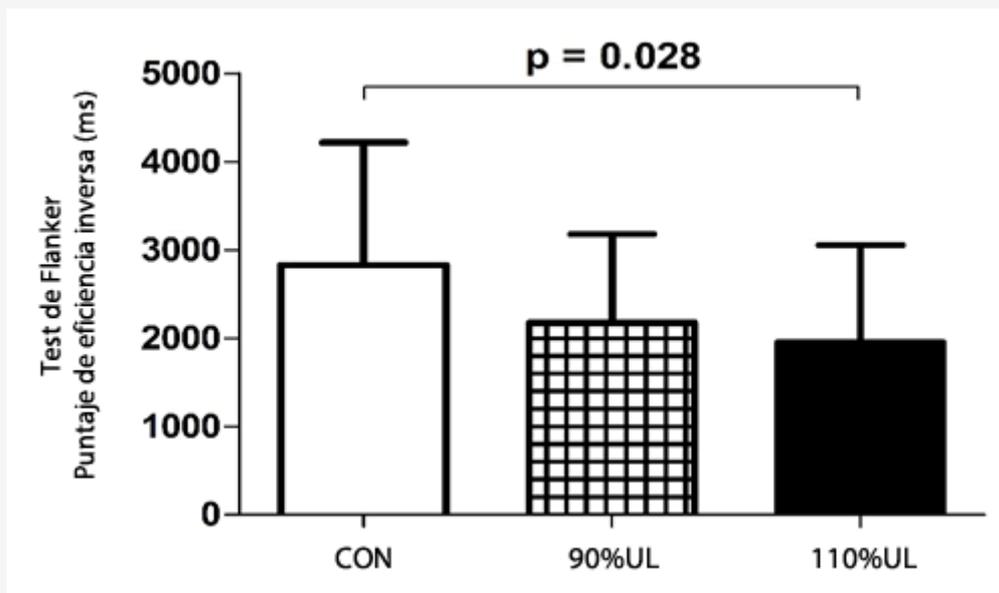


Figura 1. Efecto de la Intensidad del Ejercicio Aeróbico en el Control Inhibitorio en Niños (N=9). Datos mostrados como media \pm desviación estándar. **CON** = sesión de control; **110%UL** = intensidad relativa al 110% del umbral de lactato; **90%UL** = intensidad relativa al 90% del umbral de lactato.

Este hallazgo está en concordancia con estudios previos (5,7,16). En particular, Chang et al. (7) en un metanálisis demostró que la intensidad del ejercicio es un factor principal en la mejora de la función cognitiva luego del ejercicio. Recientemente, Hotting et al. (16) evaluó los efectos de una sesión de ejercicio de 30 minutos en un ejercicio de baja intensidad (<57% FC) y alta intensidad (~ 80% FCmáx) en la consolidación de la memoria 20 min y 24 horas después del ejercicio en una muestra de 81 adultos jóvenes ($22 \pm 2,36$ años). Curiosamente, sólo el grupo de alta intensidad mostró un aumento en el BDNF después del ejercicio concomitante con menos palabras olvidadas. De manera similar, Etnier et al. (13) demostró que el BDNF y la memoria a largo plazo (24 h) aumentaron sólo a una intensidad del 120% pero no al 80% del umbral ventilatorio en 16 hombres y mujeres jóvenes ($23,1 \pm 2,2$ años). Sorprendentemente, en ambos estudios (13,16) el aumento de los niveles de BDNF no estuvo relacionado con las mejoras en el rendimiento cognitivo, lo que sugiere que otros mediadores pueden jugar un papel importante en la mejora. Los estudios contradictorios sugieren que los adultos de mediana edad y adultos mayores que participan en una intensidad moderada (pero no intensidad vigorosa) se benefician con la mejora en la cognición (3,18). Por lo tanto, esto significa que mientras que una mayor intensidad es necesaria para obtener mejoras cognitivas en niños y adultos jóvenes, una menor intensidad del ejercicio puede ser suficiente para mejorar la función cognitiva en los adultos mayores.

Los mecanismos subyacentes a las mejoras cognitivas por el ejercicio de intensidad moderada a vigorosa pueden atribuirse a una serie de factores, como el aumento del flujo sanguíneo al cerebro, los cambios en los niveles de neurotransmisores como la acetilcolina, la serotonina, la adrenalina y la noradrenalina, que están relacionados con la función cognitiva, el suministro de energía y las catecolaminas cerebrales. Además, hay evidencia de aumento del BDNF (30), que está relacionado con el desarrollo de la actividad neuronal durante el aprendizaje, la memoria y la plasticidad sináptica. En un estudio con roedores, Vaynman, Ying y Gómez-Pinilla (31) demostraron que después de bloquear los receptores de BDNF desapareció la mejora cognitiva inducida por el ejercicio en el aprendizaje y la memoria. Por lo tanto, es muy probable que el BDNF desempeñe un papel en los resultados del presente estudio, sin embargo esto no fue investigado.

Desde el punto de vista educativo, el resultado del presente estudio puede tener importantes implicaciones con respecto a la prescripción del ejercicio en las clases de educación física. En acuerdo con los resultados actuales, Howie, Schatz y Pate (17) demostraron que 10 y 20 minutos de ejercicio moderado a vigoroso mejoraron el rendimiento matemático en comparación con la condición sedentaria en 92 niños en edad escolar (de 9 a 12 años). Además, recientemente demostramos que el juego activo (~ 70% FCmáx) durante las clases resultó en mejoras cognitivas y cambios neuroeléctricos en el potencial relacionado con el evento N450 que estaba relacionado con la identificación de conflictos en la corteza prefrontal. Durante un test de color de Stroop go/no-go, 13 niños mostraron una menor amplitud de N450 durante los ensayos incongruentes y un tiempo de reacción más rápido (TR) (4) en comparación con una condición sedentaria de control. De hecho, los estudios han demostrado que tanto el ejercicio agudo como la aptitud física están relacionados con un TR más rápido, mejores potenciales relacionados con los eventos y la activación de la corteza prefrontal (4,8,15). Por lo tanto, una aplicación práctica de los resultados del presente estudio puede hacerse solicitando a

los niños a realizar ejercicio a una intensidad por encima del UL (es decir, 110%UL) durante tan poco como 10 min, lo cual es probable que mejore su rendimiento cognitivo. Además, esta intensidad también se asocia con mejoras en la salud y la aptitud física (28). Para los sujetos del presente estudio, el 110%UL correspondía a una velocidad de carrera de $8,7 \pm 1,0$ km·h⁻¹. Por lo tanto, esta pausa activa puede utilizarse para mejorar no sólo la salud de los alumnos, sino también su rendimiento cognitivo.

Limitaciones de este Estudio

Las limitaciones del presente estudio incluyen el pequeño tamaño de la muestra, que puede haber influido en el poder estadístico. Sin embargo, incluso con el pequeño tamaño de la muestra, los hallazgos indican efectos positivos del ejercicio realizado por encima del UL. Además, no medimos ni biomarcadores ni las respuestas neuroeléctricas, lo que podría haber ayudado a explicar los mecanismos subyacentes a las mejoras cognitivas. Sin embargo, está razonablemente claro que los estudios anteriores apoyan la explicación mecanicista presentada en el presente estudio (4,15). Los estudios futuros deben considerar estas limitaciones.

CONCLUSIONES

Los hallazgos indican que un solo episodio de carrera de 10 minutos ejecutado por encima del UL mejora el rendimiento cognitivo de los niños, es decir, el control inhibitorio. Este hallazgo confirma la hipótesis inicial de que el ejercicio aeróbico de alta intensidad ejerce un mejor efecto sobre el control ejecutivo. Desde un punto de vista práctico, los resultados indican que un programa diario de ejercicios aeróbicos de 10 minutos puede mejorar la concentración y el aprendizaje del alumno, y también puede ser útil para mejorar el comportamiento en el aula.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las becas de los estudiantes (Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico [CNPq] y Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior [CAPES]).

Dirección de correo: Isabela A. Ramos, Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Educação Física, Universidade Católica de Brasília, QS 7, Lote 1, EPCT, Águas Claras, Brasília 71966-700, DF, Brasil, Email: ahbeuramos@gmail.com

REFERENCIAS

1. Bekinschtein P, Cammarota M, Medina JH. (2014). BDNF and memory processing. *Neuropharmacology*. 2014;76:677-683.
2. Bowie CR, Harvey PD. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nat Protoc*. 2006;1(5):2277-2281.
3. Brisswalter J, Collardeau M, René A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sport Med*.2002;32(9):555-566.
4. Brito SV, Ramos IA, David IA, Sanches J, Fontes EB, Campbell C. (2016). Effect Of Acute Active Playing Upon N450 Amplitude In Children. *Med Sci Sport Exerc*.2016;48(5 Suppl 1):822.
5. Browne RAV, Costa EC, Sales MM, Fonteles AI, Moraes JFVN, Barros JF. (2016). Acute effect of vigorous aerobic exercise on the inhibitory control in adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2016;34(2):154-161.
6. Bruyer R, Brysbaert M. (2011). Combining speed and accuracy in cognitive psychology: Is the inverse efficiency score (IES) a better dependent variable than the mean reaction time (RT) and the percentage of errors (PE)? *Psychol Belg*. 2011;51(1):5-13.
7. Chang YK, Labban JD, Gapin JI, Etnier JL. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Res*. 2012;1453:87-101.
8. Chen A-G, Zhu L-N, Yan J, Yin H-C. (2016). Neural basis of working memory enhancement after acute aerobic exercise: FMRI study of preadolescent children. *Front Psychol*.2016;7:1804.
9. Diamond A. (2013). Executive functions. *Rev Psychol*.2013;64:135-168.
10. Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S. (2007). ram improves cognitive control. *Science*. 2007;318(5855):1387-1388.
11. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc*.2016;48:1197-1222.
12. Eriksen BA, Eriksen CW. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept*

13. Etnier JL, Wideman L, Labban JD, Piepmeyer AT, Pendleton DM, Dvorak KK, et al. (2016). The effects of acute exercise on memory and brain-derived neurotrophic factor (BDNF). *J Sport Exerc Psychol.* 2016;38(4):331-340.
14. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, Khan NA, Raine LB, Scudder MR, et al. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics.*2014;134(4):e1063-e1071.
15. Hillman CH, Pontifex MB, Raine LB, Castelli DM, Hall EE, Kramer AF. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience.*2009;159:1044-1054.
16. Hötting K, Schickert N, Kaiser J, Röder B, Schmidt-Kassow M. (2016). The effects of acute physical exercise on memory, peripheral BDNF, and cortisol in young adults. *Neural Plast.*2016;1-12.
17. Howie EK, Schatz J, Pate RR. (2015). Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: A dose-response study. *Res Q Exerc Sport.* 2015; 86(3):217-224.
18. Kashihara K, Maruyama T, Murota M, Nakahara Y. (2009). Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. *J Physiol Anthropol.*2009;28(4): 155-164.
19. Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R. (2010). Neuroplasticity - exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: A systematic review of experimental studies in human subjects. *Sport Med.* 2010;40(9):765-801.
20. Lee I, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. (2012). Effects of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet.*2012;380(9838):219-229.
21. Merege Filho CAA, Alves CRR, Sepúlveda CA, Costa A dos S, Lancha Junior AH, and Gualano B. (2014). Influence of physical exercise on cognition: An update on physiological mechanisms. *Brazilian J Sport Med.* 2014;20(3):237-241.
22. Passos CLB. (2000). Representações, interpretações e prática pedagógica: A geometria na sala de aula. *Universidade Estadual de Campinas.*
23. Pesce C, Crova C, Cereatti L, Casella R, Bellucci M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Ment Health Phys Act.* 2009;2(1):16-22.
24. Simões HG, Campbell CSG, Denadai BS, Kokubun E. (1998). Determinação do limiar anaeróbico por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em teste de pista para corredores. *Rev Paul Educ Fis São Paulo.*1998;12(1):17-30.
25. Simões HG, Grubert Campbell CS, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. (1999). Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol.*1999;80(1):34-40.
26. Skriver K, Roig M, Lundbye-Jensen J, Pingel J, Helge JW, Kiens B, et al. (2014). Acute exercise improves motor memory: Exploring potential biomarkers. *Neurobiol Learn Mem.*2014;116:46-58.
27. Slaughter AMH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Loan MDVAN, et al. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.*1988;60:709-723.
28. Tan S, Yang C, Wang J. (2010). Physical training of 9- to 10-year-old children with obesity to lactate threshold intensity. *Pediatr Exerc Sci.*2010;22(3):477-485.
29. Tanner J. (1962). Growth at Adolescence with a General Consideration of the Effects of Hereditary and Environmental Factors upon Growth and Maturation from Birth to Maturity. (2nd Edition). *Oxford: Blackwell, Scientific Publications.*
30. Tsai CL, Pan CY, Chen FC, Wang CH, Chou FY. (2016). Effects of acute aerobic exercise on a task-switching protocol and brain-derived neurotrophic factor concentrations in young adults with different levels of cardiorespiratory fitness. *Exp Physiol.*2016;101(7):836-850.
31. Vaynman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *Eur J Neurosci.* 2004;20(10):2580-2590.
32. Wyss MT, Jolivet R, Buck A, Magistretti PJ, Weber B. (2011). In vivo evidence for lactate as a neuronal energy source. *J Neurosci.*2011;31(20):7477-7485.

Cita Original

Ramos IA, Browne RAV, Machado DGS, Sales MM, Pereira RMS, Campbell CSG. (2017) Ten minutes of exercise performed above lactate threshold improves executive control in children JEPonline 2017;20(2):73-83.