

Efectos de un entrenamiento intervalado de alta intensidad en la capacidad aeróbica de adolescentes

ÁLVARO HUERTA OJEDA^{1,3,4,a}, SERGIO GALDAMES MALIQUEO^{2,3,4,b},
 MARIANELA CATALDO GUERRA^c,
 GUILLERMO BARAHONA FUENTES^{4,d},
 TANIA ROZAS VILLANUEVA^{4,e}, PABLO CÁCERES SERRANO^{5,f}

Effects of a high intensity interval training on the aerobic capacity of adolescents

Background: If aerobic capacity is stimulated early in life, maximal oxygen consumption during adulthood is assured. **Aim:** To analyze the effects of a high intensity interval training (HIIT) in adolescents on the maximal oxygen consumption (VO_{2max}) measured using the 20-m shuttle run test (20mSRT). **Material and Methods:** Twenty eight teenagers aged 13 ± 0.6 years were divided in two groups of 14 subjects each. One group was to a 16 sessions of HIIT interval training based on their individual maximal aerobic speed and the other continued with their usual exercise done at school. At baseline and the end of the intervention VO_{2max} was measured using the 20mSTR. **Results:** At the end of the intervention, the trained teenagers significantly improved their VO_{2max} and the time spent in the 20mSTR. **Conclusions:** A HIIT program based on the individual maximal aerobic speed improves VO_{2max} in adolescents.

(Rev Med Chile 2017; 145: 972-979)

Key words: Adolescent; Exercise; Oxygen Consumption.

¹Facultad de Educación, Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile.

²Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile.

³Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile.

⁴Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte ISAFYD. Facultad de Educación, Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile.

⁵Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

^aProfesor de Educación Física, Doctor en Actividad Física y Salud.

^bProfesor de Educación Física, Magíster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

^cProfesora de Educación Física, Magíster en Liderazgo y Gestión de Organizaciones Escolares.

^dProfesor de Educación Física.

^eTraductor e Intérprete, Magíster en Docencia Universitaria.

^fPsicólogo, Magíster en Metodología de la Investigación.

Fuente de Financiamiento: Universidad de Las Américas, bajo los fondos concursables de Investigación N° PI-010-2016.

Los autores no declaran conflicto de interés.

Recibido el 3 de febrero de 2017, aceptado el 21 de agosto de 2017.

Correspondencia a:

Dr. Álvaro C. Huerta Ojeda
 Avenida 7 Norte 1348, Viña del Mar, Chile.
 achuertao@yahoo.es

En Chile, de igual manera que otros países hispanoamericanos, se ha visto un bajo nivel de condición física en la población escolar^{1,2}. Esta evidencia muestra que uno de cada cinco niños se encuentra con posibilidades de padecer algún evento de índole cardiovascular². A lo anterior se suma, que aquellos escolares con obesidad y altos porcentajes de grasa corporal poseen baja aptitud muscular y capacidad cardiorrespiratoria^{3,4}. Sin embargo, en algunos estudios se han reportado descensos significativos en factores de riesgos cardiovasculares asociados a la práctica de actividad física⁵, evidenciando un descenso del índice de cintura y la reducción a parámetros normales del índice de masa corporal (IMC) en escolares con mayor cantidad horas semanales de actividad física y deporte⁵.

En relación a la estimulación de las capacidades físicas, específicamente la capacidad aeróbica, se ha comprobado que una estimulación temprana garantiza un mayor nivel de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) en etapas adultas⁶. Sumado a lo anterior, se ha evidenciado que altos niveles de VO_{2max} se asocian a mejores estándares de vida⁷, y que un incremento en el metabolismo genera una menor mortalidad en los hombres⁸. En esta línea, son varios los investigadores que han probado distintas formas de desarrollar la condición física en escolares⁹⁻¹¹. Desafortunadamente, en la gran mayoría de estos casos, las cargas del tratamiento experimental no son individualizadas⁹⁻¹², dejando una evidencia poco específica en los métodos de entrenamientos empleados.

Como se ha evidenciado, la baja capacidad ae-

róbica de los adolescentes sugiere el desarrollo de programas específicos para mejorar la capacidad aeróbica, esto debe tener como principal objetivo prevenir enfermedades cardiovasculares en la edad adulta¹³. Por lo tanto, la especificidad e individualización de las cargas de entrenamiento debe ser una prioridad durante el desarrollo del $VO_2\text{max}$ ¹⁴. Por lo anterior, las clases de Educación Física requieren aumentar la intensidad de la carga, y a su vez, las cargas deben ser individualizadas en relación a la condición física que presenta cada uno de los sujetos¹⁴. Como antecedente, el Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad (HIIT) puede ser una estrategia viable y eficaz para mejorar la condición física de los adolescentes¹⁵.

El objetivo principal del estudio fue analizar el efecto de un programa de HIIT basado en la velocidad aeróbica máxima (VAM) obtenida a través del test de Course Navette (20mSRT) sobre el $VO_2\text{max}$ en adolescentes. Como objetivo secundario, se determinaron los cambios en el Índice de Masa Corporal (IMC) y la Relación Cintura-Estatura (RCE) posterior a la aplicación de un programa HIIT en adolescentes.

Método

Sujetos

Veintiocho adolescentes de octavo año básico del sistema escolar chileno fueron parte del estudio (Tabla 1). Tanto los adolescentes como los padres fueron informados del objetivo de estudio y los posibles riesgos del experimento. Dicha información fue entregada de forma verbal en una reunión previa a cualquier tipo de intervención. Antes de comenzar la aplicación del tratamiento, y con todas las dudas resueltas, tanto los padres

Tabla 1. Características de la muestra (medias \pm DS)

	Grupo Experimental (n = 14)	Grupo Control (n = 14)
Edad (años)	13,5 \pm 0,6	13,6 \pm 0,5
Estatura (cm)	164,6 \pm 8,6	165,9 \pm 5,8
Peso (Kg)	53,6 \pm 8,0	57,9 \pm 8,1
IMC	19,8 \pm 2,5	21,0 \pm 3,1

IMC (índice de masa corporal); DS (desviación estándar).

como los adolescentes entregaron firmados el consentimiento y asentimiento informado respectivamente. El consentimiento informado, el asentimiento informado y el estudio fueron aprobados por el Comité de Investigación Humana de la Universidad de Las Américas, Chile.

Instrumentos

El peso y la estatura se midieron con la Balanza y Estadiómetro Health o Meter Professional®, mientras que el perímetro de cintura (PC) se midió con una cinta métrica metálica F.A.G.A.®. Para el control del tiempo máximo realizado en el 20mSRT, el tiempo se midió con un cronómetro manual Casio HS-70W®.

Calentamiento estandarizado

Para la evaluación del pre test y post test, además de las 16 sesiones de HIIT aplicadas en ocho semanas, el calentamiento estandarizado consistió en tres minutos de trote libre más dos minutos de movilidad articular: flexiones, extensiones, abducciones y aducciones de hombros, caderas, rodillas y tobillos.

Pre test y post test

De igual manera que en el Estudio Nacional de Educación Física, antes de aplicar el 20mSRT, se evaluaron las respuestas orgánicas de todos los participantes a través del Test de Cafra¹⁶. Sin embargo, y pese a que en este estudio no se realizaron otras pruebas participativas para descartar riesgos de muerte súbita, se sugiere aplicar la encuesta PAR-Q^{17,18} antes de ejecutar cualquier tipo de entrenamiento físico. Por otro lado, para evaluar el $VO_2\text{max}$ antes y después de aplicado el HIIT, se aplicó el 20mSRT. En estas evaluaciones los ejecutantes tuvieron que correr el mayor tiempo posible en una distancia de 20 metros de ida y vuelta, siguiendo la velocidad impuesta por una señal sonora. La señal sonora aumenta progresivamente cada minuto (0,5 Km/h cada min). En caso que el sujeto no logre alcanzar el período siguiente, se debe registrar el período anterior^{16,19}.

Tratamiento

A través del resultado obtenido en 20mSRT, cada sujeto de estudio obtuvo la velocidad individual de desplazamiento en kilómetros por hora (Km/h) relacionada con la VAM²¹ y el $VO_2\text{max}$ ²³ (Tabla 2).

Tabla 2. Fórmulas para determinar la VAM²¹ y el VO₂max²³ en base al 20mSRT

Variable	Fórmula	Unidad
VAM	1,502 * Velocidad del estadio - 4,0109	(m/s)
VO ₂ max	$\text{VO}_2\text{máx (mlO}_2\text{/kg/min)} = (1/(1 + \exp(-1/(1 + \exp(-((A1 \times 0,8 + (-0,7)) \times (-1,03329) + (B1 - 0,114285714286 + (-1,38571428571)) \times 0,54719 + (C1 \times 0,012213740458 + (-0,406870229008)) \times 0,61542 + (D1 \times 0,0195598978221 + (-2,76356892177)) \times 0,51381 + (E1 \times 0,0842105263158 + (-0,0684210526316)) \times (-0,92239) + (-0,34242)))))) \times (-0,95905) + 1/(1 + \exp(-((A1 \times 0,8 + (-0,7)) \times (-1,19367) + (B1 \times 0,114285714286 + (-1,38571428571)) \times (-1,54924) + (C1 \times 0,012213740458 + (-0,406870229008)) \times (-3,18931) + (D1 \times 0,0195598978221 + (-2,76356892177)) \times 0,77773 + (E1 \times 0,0842105263158 + (-0,0684210526316)) \times 3,31887 + (-0,55696)))))) \times 2,19501 + 1/(1 + \exp(-((A1 \times 0,8 + (-0,7)) \times 1,38191 + (B1 \times 0,114285714286 + (-1,38571428571)) \times (-2,14449) + (C1 \times 0,012213740458 + (-0,406870229008)) \times 0,0485 + (D1 \times 0,0195598978221 + (-2,76356892177)) \times 0,10879 + (E1 \times 0,0842105263158 + (-0,0684210526316)) \times (-4,90052) + 0,53905))) \times (-2,567) + (-0,05105)))) - (-0,478945173945))/0,0204587840012$	mlO ₂ ·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹

²¹García et al. (2013). ²³Ruiz et al. (2008). VO₂max (consumo máximo de oxígeno); 20mSRT (Test de Course Navette); A1 = sexo (niños = 1; niñas = 2); B1 = edad (años, rango de edad 13-19 años); C1 = peso (Kg); D1 = estatura (cm); E1 = período (0,5); m/s (metros por segundo); mlO₂·Kg⁻¹·min⁻¹ (mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto). NOTA: Para la estimación del VO₂max, se utilizó la fórmula de Ruiz et al. (2008), debido a que estos investigadores declaran un error de 8,7% a través Artificial Neural Network (ANN)-equation²³. Se descarta la fórmula propuesta por Leyer et al. (1988) para el 20mSRT, ya que declaran un error de 12,1% al estimar el VO₂max¹⁹.

Aplicación del HIIT

El HIIT aplicado al Grupo Experimental (GE) tuvo una duración de 16 sesiones. La aplicación fue en la clase de Educación Física del establecimiento educacional. De forma paralela, el Grupo Control (GC) siguió con las clases de Educación Física programadas por los profesores del establecimiento. Para la intervención con el GE, la aplicación del HIIT se realizó de la siguiente manera: se confeccionó un recorrido con un largo de 20 metros (m). El recorrido consistió en desplazamientos lineales con cambios de dirección de 180 grados a los 20 m. En relación al número de cambios de dirección, estos estaban en relación a la distancia que cada sujeto debía recorrer cada sujeto en 10 segundos (s) de estímulo. Por ejemplo: si un sujeto, en 10 s, debía recorrer 36 m, sólo tenía un cambio de dirección. Una vez realizada la distancia por repetición en los 10 s, los sujetos caminaban hasta el punto de salida. Así completaban los 20 s de pausa, para luego realizar la siguiente repetición. Es importante mencionar, que todos los sujetos trabajaron distintas distancias en las repeticiones, ya que estas distancias estaban relacionadas con la VAM individual (Tabla 3 y Figura 1).

Análisis estadístico

Para comparar el comportamiento de las variables durante la aplicación del HIIT, se aplicó una prueba t de Student, mientras que el tamaño del efecto se calculó utilizando la prueba d de Cohen. El nivel de significancia para todos los análisis estadísticos fue de $p < 0,05$. El análisis de datos se realizó con el software Graph pad InStat Versión 3.05®.

Resultados

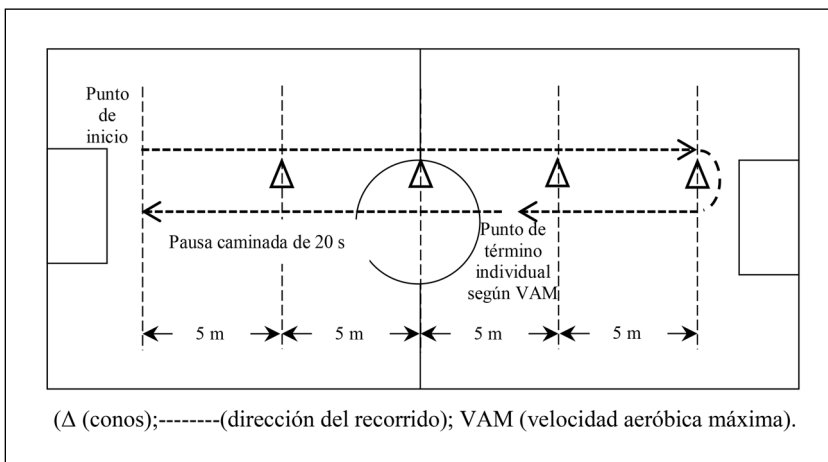
Aplicada la prueba t de Student, solo el GE evidenció cambios significativos en el VO₂max entre el pre test y post test (GE: $p = 0,003$; TE = 0,245. GC: $p < 0,80$; TE = 0,015). En relación al tiempo máximo realizado en 20mSRT, solo el GE presentó incrementos significativos (GE: $p < 0,001$; TE = 0,396; GC: $p = 0,47$; TE = 0,086). Las progresiones y los cambios están reportados en la Tabla 4.

Por otra parte, el IMC al término de la intervención, no evidenció cambios significativos en ninguno de los grupos (GE: $p = 0,26$; TE = 0,106. GC: $p < 0,80$; TE = 0,022). Sin embargo, la

Tabla 3. Estructura del Programa HIIT en base a la VAM del 20mSRT

	Micro-ciclo 1 (2 sesiones)	Micro-ciclo 2 (2 sesiones)	Micro-ciclo 3 (2 sesiones)	Micro-ciclo 4 (2 sesiones)	Micro-ciclo 5 (2 sesiones)	Micro-ciclo 6 (2 sesiones)	Micro-ciclo 7 (2 sesiones)	Micro-ciclo 8 (2 sesiones)
Intensidad (VAM)	95%	95-100-105%	100-105-110%	105-110-115%	95-100-105%	100-105-110%	105-110-115%	95-100-105%
Series	3	3	3	3	3	3	3	3
Repeticiones	10	12	14	14	12	14	16	12
Tiempo repetición (s)	10	10	10	10	10	10	10	10
Pausa (s)	20	20	20	20	20	20	20	20
Macropausa (min)	2	2	2	2	2	2	2	2
Tiempo efectivo (min)	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
Tiempo total	19 min	22 min	25 min	20,5 min	22 min	23,5 min	25 min	20,5 min
Volumen (m)	1.230	1.476	1.808	1.353	1.550	1.679	1.894	1.421

HIIT (Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad); VAM (velocidad aeróbica máxima); 20mSRT (Test de Course Navette); s (segundos); min (minutos); m (metros); % (por ciento).

**Figura 1.** Distribución de materiales y secuencia de recorrido de las series.

RCE presentó descensos significativos el GC (GE: $p < 0,407$; TE = 0,120; GC: $p = 0,0001$; TE = 0,509). Las progresiones y los cambios están reportados en la Tabla 5.

Discusión

En relación al objetivo principal del estudio, al término de la aplicación del HIIT, el GE evidenció aumentos significativos en el VO_{2max} . De

igual manera, el tiempo máximo de ejecución en 20mSRT en el GE mostró un incremento significativo al término de la intervención.

La importancia de los resultados de la presente investigación, basadas en la aplicación de un método HIIT, radica en formular propuestas que mejoren los malos indicadores de condición física, aptitud física y estado nutricional de niños y adolescentes que han sido reportado en muchos estudios^{2,5,6,25}. De manera más específica, algunas

Tabla 4. Tiempo máximo y VO₂max obtenido en 20mSRT para el GE y GC en pre test y post test

	Pre test media ± DS	Post test media ± DS	t de Student	d de Cohen
Grupo control				
Tiempo (s)	374,7 ± 134,9	363,3 ± 132,2	ns	0,086
Grupo experimental				
Tiempo (s)	402,3 ± 157,2	463,1 ± 150,0	**	0,396
Grupo control				
VO ₂ max (mLO ₂ ·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	40,09 ± 6,33	39,59 ± 6,83	ns	0,015
Grupo experimental				
VO ₂ max (mLO ₂ ·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	39,65 ± 5,96	41,95 ± 6,17	**	0,245

GE (Grupo Experimental); GC (Grupo Control); 20mSRT (Test de Course Navette); s (segundos); DS (desviación estándar); VO₂max (consumo máximo de oxígeno); mLO₂·Kg⁻¹·min⁻¹ (mililitros de oxígeno consumidos por kilogramo de peso corporal en cada minuto); ns (no significativo); ** p < 0,01.

Tabla 5. IMC y RCE obtenidos tanto para el GE y GC en pre test y post test

	Pre test media ± DS	Post test media ± DS	t de Student	d de Cohen
Grupo control				
IMC (Kg/m ²)	21,1 ± 3,1	21,2 ± 2,72	ns	0,022
Grupo experimental				
IMC (Kg/m ²)	19,8 ± 2,5	20,0 ± 2,3	ns	0,106
Grupo control				
RCE	0,45 ± 0,05	0,42 ± 0,04	***	0,509
Grupo experimental				
RCE	0,45 ± 0,05	0,46 ± 0,05	ns	0,120

IMC (índice de masa corporal); RCE (relación cintura-estatura); GE (Grupo Experimental); GC (Grupo Control); DS (desviación estándar); ns (no significativo); *** p < 0,001.

investigaciones han determinado que 19% de niños y 21% de niñas muestran bajo nivel de capacidad cardiorrespiratoria, además de correlaciones negativas baja entre el VO₂max y el sobrepeso (r = -0,20 a -0,22), y correlaciones negativas moderadas al relacionar VO₂max con la obesidad en ambos sexos (r = -0,39 a -0,42)². En similitud al estudio realizado, López-Jaramillo et al.³ encontraron correlaciones inversas significativas entre el IMC y el VO₂max evaluado a través de la prueba de Yo-Yo (-0,321; p < 0,001). De forma paralela, Mayorga-Vega et al.⁴ reportaron que los niños con menores valores de IMC presentaron un VO₂max más elevado que aquellos niños con sobrepeso u obesidad (p < 0,001). Desafortunadamente, en es-

tas investigaciones no se reportaron detalles de las intervenciones, pero la evidencia ha demostrado que un incremento en el metabolismo genera una menor mortalidad en los hombres⁸.

Por otra parte, existen algunas investigaciones que demuestran diferencias significativas en la capacidad cardiorrespiratoria en escolares que realizan más actividad física al compararlos con sujetos menos activos (p < 0,01)⁶. En un estudio presentado por Córdova et al.⁵, se evidenció que los escolares que practican más horas a la semana actividad física y deportes aumentaron progresivamente el VO₂max y la frecuencia cardiaca máxima en la prueba de 20mSRT. De la investigación anterior, se basan las propuestas metodológicas de

varias investigaciones^{13,24}. Es así como al término de una intervención, Ramírez-Lechuga et al.²⁴ reportaron que los adolescentes que entrenaron dos veces por semana, con una intensidad entre 75 a 80% del VO_2max incrementaron el VO_2max de manera significativa ($p < 0,001$). De forma paralela, los adolescentes que entrenaron tres veces por semana, con una intensidad entre 75 a 80% del VO_2max , también aumentaron el VO_2max de manera significativa ($p < 0,001$). A su vez, y luego de ocho semanas de entrenamiento, Marta et al.²⁶ comprobaron incrementos en la capacidad de resistencia en niños prepúberes tanto en estadio de Tanner I como II ($p < 0,01$). Estos investigadores también reportaron diferencias no significativas al comparar los resultados entre hombres y mujeres ($p > 0,05$).

En relación a la especificidad de la carga de entrenamiento, en un estudio realizado por Muros et al.⁹, se reportaron cambios significativos en los valores de VO_2max posterior a la aplicación de entrenamientos aeróbicos entre 70 a 80% de la frecuencia cardíaca máxima ($p = 0,019$). Sin embargo, y pese que los investigadores describen que se utilizaron métodos de entrenamiento basados en carreras continuas, interval training y circuitos, no se definen las progresiones de cargas. En otra investigación, se reportaron diferencias significativas en el VO_2max para el grupo experimental una vez aplicado un programa de actividad física, desafortunadamente en el informe no se describen las cargas de entrenamiento utilizadas¹⁰. Paralelamente, otros estudios han demostrado la efectividad de HIIT sobre la condición física en adolescentes, describiendo detalladamente los protocolos empleados^{12,15,27}. Es así como al término de su estudio, Baquet et al.²⁷ informaron un aumento significativo de 3,8% en el rendimiento del 20mSRT ($p < 0,001$) y un incremento de 7,6% en la distancia máxima recorrida en el test de 7 min ($p < 0,001$). Como se mencionó en párrafos anteriores, la importancia de los resultados de la presente investigación, se basa en la reproductividad del método HIIT aplicado (Tabla 3). Además, la VAM utilizada para definir las cargas individualizadas de entrenamiento fue obtenida del 20mSRT²¹, ya que a 30 años de su primera publicación, el 20mSRT sigue siendo uno de los test más empleados para estudiar el componente cardiorrespiratorio, en ambos sexos y en un amplio rango de edades²⁸.

Otro parámetro de salud es el estado nutricional de la población¹. Por lo tanto, usar variables como el IMC es una manera fácil y confiable de tener una rápida apreciación de este estado nutricional. Se ha evidenciado que los niños normo peso y con menores porcentaje de grasa corporal, poseen mayores valores en el salto de longitud y VO_2max al ser comparados con niños con sobrepeso u obesidad ($p < 0,001$)⁴. Los resultados al término de la intervención, mostraron que tanto del GE como del GC no tuvieron cambios significativos en el IMC, sin embargo, los parámetros de IMC registrados en ambos grupos estaban en condición de normo peso¹⁶. En algunas investigaciones, donde se usó como parámetro inicial el IMC, se encontraron correlaciones inversas significativas entre el IMC y fuerza de empuñadura ajustada por peso (-0,532; $p < ,001$), salto largo (-0,248; $p < 0,001$) y la fuerza de empuñadura máxima que se correlacionó de forma inversa con la presión arterial sistólica (-0,115; $p < 0,05$). Todas las variables mencionadas están asociadas a riesgo cardiovascular³. En estudios similares, pero con adolescentes obesos con insulino resistencia, se reportó una reducción en el IMC y perímetro de cintura-cadera luego de dos meses de entrenamiento de resistencia ($-3,9 \pm 0,7 \text{ Kg/m}^2$ y $-12,3 \pm 4,8 \text{ cm}$ respectivamente; $p < 0,001$)²⁴. Otras investigaciones han reportado descensos en el porcentaje de masa magra luego de las 11 semanas de intervención¹¹. Desafortunadamente, todos los estudios presentados no utilizaron la VAM proveniente del 20mSRT para programar las cargas de entrenamiento, ni tampoco el HIIT como método para desarrollar el VO_2max .

También, la RCE es utilizada para determinar el estado nutricional de la población^{1,15}, y al igual que el IMC, la RCE es una manera fácil y confiable de tener un predictor cardiometabólico²⁹. Los resultados al término de la intervención, mostraron que el GE no tuvo cambios significativos en la RCE, sin embargo, el GC tuvo descensos significativos en esta variable. Este descenso fue atribuido al incremento en la estatura y el descenso en el PC que experimentó el GC durante la intervención. Es importante destacar que los parámetros en la RCE registrados en ambos grupos indicaban la inexistencia de factores riesgo en los adolescentes^{16,29}. En un estudio similar, se observó que los escolares sometidos a siete horas semanales de actividad física presentaron menores factores de

riesgo cardiovascular al compararlo con escolares sedentarios. De forma más específica, los niños activos disminuyeron la circunferencia de cintura y llevaron a parámetros de normo peso el IMC⁵.

En relación a la calidad de vida asociada al VO₂max, en un estudio desarrollado por Casas et al.⁷ se concluyó que los niveles de calidad de vida eran significativamente mayores en los escolares con un nivel alto de capacidad aeróbica comparados con aquellos con un nivel bajo. Lo anterior fue tanto en niñas como niños en el presente y su etapa adulta ($p = 0,001$)⁷. También, que los niños con un nivel alto de capacidad aeróbica mostraron niveles de calidad de vida superiores con relación a sus pares con un nivel bajo ($p < 0,001$). Con respecto a las niñas, se detectaron diferencias significativas entre aquellas que presentaban un nivel alto de capacidad aeróbica y sus pares con un nivel bajo ($p = 0,031$). En conclusión, los resultados de la presente investigación avalan el uso de método HIIT basado en la intensidad individual obtenida a través del 20mSRT, ya que se evidenció un incremento en el VO₂ al término de la intervención, y también se observó que tanto el IMC como la RCE se mantuvieron en parámetros normales durante toda la intervención.

Referencias

1. Agencia de Calidad de la Educación, Gobierno de Chile. Informe de resultados, estudio nacional, educación física 2015 (consultado el 24 de enero de 2017). Disponible en: http://archivos.agenciaeducacion.cl/Informe_Nacional_EducacionFisica2015.pdf. Updated 2017.
2. Gómez-Campos R, Arruda M, Almonacid-Fierro A, Holbold E, Amaral-Carmago, Gamero D, et al. Capacidad cardio-respiratoria de niños escolares que viven a moderada altitud. *Rev Chil Pediatr* 2014; 85 (2): 188-96.
3. López-Jaramillo P, Gómez-Arbeláez D, Cohen D, Camacho P, Rincón-Romero K, Hormiga C, et al. Asociación entre obesidad y baja capacidad muscular y función cardiorrespiratoria, factores de riesgo cardiometabólico en niños colombianos. *Trauma Fund MAPFRE*. 2013; 24 (1): 17-23.
4. Mayorga-Vega D, Podadera A, Tejero M, Marban R. Asociación del IMC y el nivel de condición física en escolares de educación primaria. *J Sport Health Res* 2012; 4 (3): 299-310.
5. Córdova A, Villa G, Sureda A, Rodríguez-Marroyo J, Sánchez-Collado M. Actividad física y factores de riesgo cardiovascular de niños españoles de 11-13 años. *Rev Esp Cardiol* 2012; 65 (7): 620-6.
6. Torres-Luque G, Carpio E, Sánchez AL, Sánchez MLZ. Niveles de condición física de escolares de educación primaria en relación a su nivel de actividad física y al género. *Retos* 2014; (25): 17-22.
7. Casas AG, García PLR, García-Cantó E, Guillamón AR, Pérez-Soto J, Marcos LT, et al. Capacidad aeróbica y calidad de vida en escolares de 8 a 12 años. *Clin Investig Arterioscler* 2015; 27 (5): 239-45.
8. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002; 346 (11): 793-801.
9. Muros J, Morente-Sánchez J, Díaz M. Efecto de un programa de actividad física sobre el rendimiento aeróbico y la fuerza de prensión manual en niños. *Arch Med Deporte* 2014; 31 (1): 9-13.
10. Reyes T. Efecto de un programa de actividad física sobre el rendimiento aeróbico en jóvenes. *Revista de Ciencias de la Actividad Física* 2015; 16 (1): 53-61.
11. Carrasco Beltrán H, Reigal Garrido R, Ulloa Díaz D, Chiroso Ríos IJ, Chiroso Ríos LJ. Efecto de los juegos reducidos en la composición corporal y la condición física aeróbica en un grupo de adolescentes escolares. *Rev Med Chile* 2015; 143 (6): 744-50.
12. Logan GRM, Harris N, Duncan S, Plank LD, Merien F, Schofield G. Low-active male adolescents: a dose response to high-intensity interval training. *Med Sci Sports Exerc* 2016; 48 (3): 481-90.
13. Ramírez-Lechuga J, Femia P, Sánchez-Muñoz C, Zabala M. La actividad física en adolescentes no muestra relación con el consumo máximo de oxígeno. *Arch Med Deporte* 2011; 28 (142): 103-12.
14. Curilem C, Almagià A, Yuing T. Aplicación del test course navette en escolares. *Rev Mot Hum* 2015; 16 (2): 95-9.
15. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49: 1253-61.
16. Agencia de Calidad de la Educación, Gobierno de Chile. Informe de resultados, estudio nacional, educación física 2014 (consultado el 15 de julio de 2016). Disponible en: http://archivos.agenciaeducacion.cl/Estudio_Nacional_Educacion_Fisica_2014_8basico.pdf. Updated 2017.
17. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 1988; 5 (3): 185-95.
18. British Columbia Ministry of Health, Physical Activity readiness questionnaire-PAR-Q, 2002 (consultado el

- 26 de julio de 2016). Disponible en: <http://uwfitness.uwaterloo.ca/PDF/par-q.pdf> Updated 2017.
19. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6 (2): 93-101.
 20. Nicola BG. La incidencia fisiológica de los parámetros de duración, intensidad y recuperación en el ámbito del entrenamiento intermitente. *Revista Sds* 2004; 60 (61): 90-6.
 21. García GC, Secchi JD. Relationship between the final speeds reached in the 20 metre course navette and the MAS-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic speed. *Apunts Med Esport (English Edition)*. 2013; 48 (177): 27-34.
 22. García GC, Secchi JD, Cappa DF. Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales: UMTT, VAM-EVAL y 20m-SRT. *Arch Med Deporte* 2013; (155): 156-62.
 23. Ruiz J, Ramírez-Lechuga J, Ortega F, Castro-Piñero J, Benítez J, Arauzo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO_2 max from the 20m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med* 2008; 44 (3): 233-45.
 24. Ramírez-Lechuga J, Muros-Molina J, Morente-Sánchez J, Sánchez-Muñoz C, Femia- Marzo P, Zabala-Díaz M. Efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de 8 semanas durante las clases de educación física en adolescentes. *Nutr Hosp* 2012; 27 (3): 747-54.
 25. Conde MA, Sánchez PT. La actividad física, la educación física y la condición física pueden estar relacionadas con el rendimiento académico y cognitivo en jóvenes. Revisión sistemática. *Arch Med Deporte* 2015; 166: 100-9.
 26. Marta C, Marinho D, Izquierdo M, Marques M. Differentiating maturational influence on training-induced strength and endurance adaptations in prepubescent children. *Am J Hum Biol* 2014; 26 (4): 469-75.
 27. Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Van Praagh E. High-intensity aerobic training during a 10 week one-hour physical education cycle: Effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *Int J Sports Med* 2001; 22 (4): 295-300.
 28. García GC, Secchi JD. Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts Med Esport* 2014; 49 (183): 93-103.
 29. Arnaiz P, Acevedo M, Díaz C, Bancalari R, Barja S, Aglony M, et al. Razón cintura estatura como predictor de riesgo cardiometabólico en niños y adolescentes. *Rev Chil Cardiol* 2010; 29: 281-8.