



*Revista Digital de Educación Física*

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

## **EFFECTOS DE UN ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) SOBRE EL VO<sub>2</sub>MÁX Y LA RECUPERACIÓN INTERMITENTE EN JÓVENES NADADORES**

**Carlos Véliz Véliz**

Gimnasio Pulse Estadio Mayor. Santiago de Chile.  
Email: [educacion.fisica.veliz@gmail.com](mailto:educacion.fisica.veliz@gmail.com)

**Fernando Maureira Cid**

PhD. en Educación. Docente Facultad de Patrimonio Cultural y Educación.  
Universidad SEK. Santiago de Chile. Email: [maureirafernando@yahoo.es](mailto:maureirafernando@yahoo.es)

**Matías Jaque Páez**

Jefe técnico rama de natación y entrenador equipo juvenil.  
Club Deportivo Mayor. Santiago de Chile. Email: [profe.matias@gmail.com](mailto:profe.matias@gmail.com)

**Camilo Mori González**

Gimnasio Pulse Estadio Mayor. Santiago de Chile. Email: [camilo.mori@hotmail.com](mailto:camilo.mori@hotmail.com)

### **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue conocer los efectos de un programa interválico de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno y la recuperación cardiorrespiratoria en jóvenes nadadores. Para ello se evaluó a 19 seleccionados de natación del Estadio Mayor de Santiago de Chile (edad media=15,2; d.e.=1,17). Para medir el VO<sub>2</sub>max se utilizó el test de Naveta y para la recuperación cardiorrespiratoria el yo-yo test. La muestra se dividió en dos grupos: uno experimental constituido por 10 sujetos y uno control constituido por 9 sujetos. Al primer grupo se le aplicó una intervención HIIT en 9 sesiones realizadas los días lunes miércoles y viernes durante 3 semanas. Los resultados muestran mejoras en el VO<sub>2</sub>max y la recuperación cardiorrespiratoria tras la intervención, aunque no existió mejora en la frecuencia cardíaca de reposo y el porcentaje de grasa corporal de los deportistas. En conclusión 9 sesiones de HIIT resultan ser un entrenamiento suficiente para mejorar la potencia aeróbica máxima en jóvenes nadadores.

**PALABRAS CLAVE:** Entrenamiento interválico; consumo de oxígeno; Naveta; yo-yo test; nadadores

## 1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento HIIT (del inglés High Intensity Interval Training) está constituido por ejercicios breves e intermitentes de gran esfuerzo acompañado de momentos cortos de descanso a baja intensidad (Gibala, Litte, MacDonald y Hawley, 2012). Camacho (2014) aclara que este tipo de entrenamiento es inmensamente variable y que las adaptaciones del organismo inducidas por este son determinadas por factores como duración e intensidad del ejercicio. Por su parte, Aravena, Cárcamos, Martínez, Carrasco y Díaz (2014) recalcan que este tipo de entrenamiento requiere de intervalos controlados con valores del  $VO_2$ máx, desde un 85% a cargas supramaximales, al igual que es necesario un período de recuperación metabólica que se realiza disminuyendo la intensidad entre los intervalos. Los mismos autores evidenciaron que 24 sesiones de HIIT aplicadas 2 veces por semana eran suficientes para aumentar el  $VO_2$ máx, y reducir el porcentaje de grasa corporal.

El entrenamiento HIIT tiene efectos intracelulares que modifican metabólicamente el miocito (Gibala et al., 2012), mejora la capacidad cardiorrespiratoria (Hood, Little, Tarnopolsky, Myslik y Gibala, 2011), incrementa la función endotelial (Ciolac, 2012) e induce la biogénesis mitocondrial (Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky y Gibala, 2010; Ritov, Menshikova, Azuma, Wood, Toledo, Goodpaster, et al., 2010).

Jacobs, Fiück, Bonne, Bürgi, Christensen, Toigo et al. (2013) mostraron que seis sesiones de HIIT en sujetos adultos (edad  $27 \pm 3$  años) producen un incremento del  $VO_2$ máx en un 7,9% ( $p=0,031$ ), también provoca un aumento la capacidad respiratoria del músculo esquelético, probablemente como resultado de la expansión de las mitocondrias de la célula muscular (~20%,  $p=0,026$ ) según la evaluación aumentada del citocromo C oxidasa (COX). Por su parte, Talanian, Galloway, Haigenhauser, Bonen y Sprient (2007) demostraron que 7 sesiones de tipo HIIT en mujeres de  $22 \pm 1$  año de edad, aumentaron el  $VO_2$ máx incrementando la expresión de la proteína ligadora de ácido graso de membrana plasmática (FABPpm) que según los autores pudo haber sido una de las responsables de la mayor oxidación de grasa corporal encontrada en los sujetos del estudio. En un trabajo de Sandstad, Stensvold, Hoff, Nes, Arbo, y Bye (2015) se observa que en una muestra de 18 sujetos hombres y mujeres con edades entre 20 y 50 años, 10 semanas de HIIT a una frecuencia cardíaca máxima del 85-95% produjo un aumento del consumo máximo de oxígeno en un 12,2%. Mancilla, Torres, Álvarez, Schifferli, Sapunar y Díaz (2014) encontraron que 3 meses de HIIT 3 veces por semana incrementaron el  $VO_2$ máx, en un 24,6%.

Robinson, Stout, Miramonti, Fukuda, Wang, Townsend et al. (2014) concluyeron que 12 sesiones HIIT al 80-120% de Watts máximo con 5 a 6 intervalos de dos minutos de esfuerzo y con un minuto de recuperación mejoraron el  $VO_2$ máx. en una muestra de hombres y mujeres voluntarios. Sin embargo, Menz, Strobl, Faulhaber, Getterer y Burtshcher (2015) evidenciaron que 11 sesiones de HIIT con intervalos de 4 minutos en intensidades entre el 90 y 95% de la frecuencia cardíaca máxima aplicados en atletas entrenados de ambos sexos, no parecen modificar los valores del consumo máximo de oxígeno. Resultados similares fueron los de Bonato, Rampichini, Ferrara, Benedini, Sbriccoli, Merati et al. (2014) demostrando que 12 sesiones de HIIT, una por semana, no lograron incrementar los niveles de  $VO_2$ máx en judocas de elite.

Por otro lado, el Yo-Yo test es una prueba de intensidad progresiva, que se realiza hasta la fatiga y que posee una estructura intermitente (Rodríguez, Sánchez y Villa, 2014). Según Álvarez (2007) se trata de una evaluación válida y fiable para establecer el perfil aeróbico y la capacidad de recuperación de sujetos entrenados. Esta prueba también se ha recomendado, cuando no se dispone de laboratorio, para obtener datos del consumo máximo de oxígeno (Stolen, Chamari, Castagna, y Wisloff, 2005). Castagna, Impellizzeri, Belardinelli, Abt, Coutts, Chamari et al. (2006) encontraron relaciones significativas entre la distancia recorrida en el yo-yo test y el  $VO_2$ máx ( $r = 0,65$ ) y frecuencia cardiaca máxima ( $r = 0,54$ ).

Algunos estudios han demostrado que el entrenamiento de tipo HIIT mejora los metros recorridos en el test de evaluación física indirecta Yo-Yo test (Krustrup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen, Steensberg et al. 2003; Rowan, Kueffner y Stavrianeas, 2012) y por ende, tendría efectos sobre la capacidad de recuperación de los sujetos.

Un estudio realizado con nadadores de competición (edad:  $23 \pm 4$  años) muestran que una intervención HIIT presenta mejores resultados que un entrenamiento continuo de intensidad moderada (60%-70% de la frecuencia cardiaca máxima) sobre el  $VO_2$  máx. provocando una mejora del 18% tras cuatro semanas de intervención, en comparación de la mejora de un 6% con el entrenamiento continuo (Wylegala, Schafer-Owczarzak, y Pendergast, 2007). Sperlich, Zinner, Heilemann, Kjendlie, Holmberg y Mester (2010) compararon los efectos de un entrenamiento HIIT versus un entrenamiento con alto volumen durante 5 semanas, en jóvenes nadadores de 9 a 11 años de edad, encontrando que el HIIT mejoraba en menor tiempo el consumo máximo de oxígeno.

Debido a los antecedentes encontrados en la literatura nace el objetivo de la presente investigación: evaluar los efectos de un programa de entrenamiento físico con intervalos de alta intensidad en el consumo máximo de oxígeno y la recuperación cardiorrespiratoria en esfuerzos intermitentes en jóvenes seleccionados de natación con edades comprendidas entre los 14 y 17 años. Esto permitirá introducir nuevas metodologías de entrenamiento en el ámbito de la preparación física de jóvenes nadadores y así mejorar los niveles de resistencia y recuperación de estos deportistas.

## **2. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. MUESTRA**

Se trabajó con una muestra no probabilística intencional, que estuvo constituida por 19 seleccionados de natación del Estadio Mayor de Santiago de Chile. La edad mínima fue de 14 años y la máxima de 17 años, con una media de 15,2 (d.e.= 1,17). Del total, 8 (42,1%) son damas y 11 (57,9%) varones. Todos los integrantes de la muestra poseían al menos 4 años de entrenamiento en natación, razón por la cual pueden considerarse deportistas experimentados.

## 2.2. INSTRUMENTOS

Para medir el  $VO_2$ máx se utilizó el test de Naveta creada por Leger y Lambert (1982). La prueba consiste en un recorrido lineal de ida y vuelta que debe realizar el evaluado entre dos líneas ubicadas a 20 m de distancia a una velocidad que determina una grabación con sonidos para cada llegada a la línea. La velocidad inicial es de 8,5 km/hr. y se incrementa en 0,5 km/hr cada minuto. La prueba finaliza cuando el evaluado se detiene por fatiga o no logra llegar a la línea correspondiente dos veces consecutivas con el sonido de la grabación. Para calcular el  $VO_2$ máx se utilizó la fórmula de Leger, Mercier, Gadoury y Lambert (1988):

$$VO_2máx = 31,025 - (3,238 * km/h) - (3,248 * Edad) + (0,1536 * km/h * Edad)$$

También se utilizó el yo-yo test de recuperación intermitente nivel 1 de Bangsbo, Norregaard y Thorso (1991). La prueba consiste en una serie de carreras de ida y vuelta entre dos líneas situadas a 20 m, alternadas con un período de descanso de 10 segundos el cual permanece constante durante toda la prueba (durante este tiempo el sujeto debe desplazarse lentamente desde la línea de salida a otra línea situada a 5 m). La velocidad de las carreras se comienza con 10 km/h en la primera ida y vuelta, luego 12 km/h en la siguiente y 13 km/h en la tercera y cuarta ida y vuelta. Luego, de la quinta a la séptima ida y vuelta la velocidad es de 13,5 km/h, de la octava a la décimo primera ida y vuelta la velocidad es de 14 km/h y de ahí en adelante se incrementa 0,5 km/h cada 8 idas y vueltas hasta el agotamiento. Se registra la distancia recorrida de cada sujeto.

## 2.3. PROCEDIMIENTO

La muestra se dividió en dos grupos: uno experimental constituido por 10 sujetos (3 damas y 7 varones) a quienes se les aplicó el HIIT y uno control constituido por 9 sujetos (5 damas y 4 varones). A cada uno de los sujetos se le registro su edad, estatura mediante un estadiómetro seca 213, peso y porcentaje de grasa corporal mediante una Tanita Body Composition Analyzer TBF-300 A,  $VO_2$ máx mediante el test naveta y la recuperación cardiorrespiratoria mediante el yo-yo test. Estas evaluaciones se realizaron al comienzo y final de la intervención del grupo experimental y en paralelo al grupo control.

Para cada sujeto del grupo de intervención HIIT se estimó la carga de trabajo con un test incremental (Roig, Skriver, Lundbye-Jensen, Kiens Y Nielsen, 2012), que consiste en una prueba realizada en bicicleta estática, en este caso un modelo Sport Art C32 Ufit Technology, a velocidad constante (70 revoluciones por minuto), donde los primeros cinco minutos de calentamiento se completaron a 75 watts de potencia, seguido de 3 minutos a 100 watts e incrementando 50 watts cada 3 minutos hasta que el evaluado ya no puede sostener la cadencia de trabajo. Ahí finalizo la prueba. Considerando los minutos realizados y los watts de potencia con los que el alumno terminó la prueba se determinó la carga de trabajo.

Dos días después de la determinación de la carga de trabajo, se comenzó con la aplicación del entrenamiento. Antes de cada sesión se determinó la frecuencia cardíaca de reposo (FCr) de cada sujeto recostado durante 5 minutos en una colchoneta, mediante un dispositivo pectoral de medición de FC (modelo Polar T31-

CODEC). Luego cada sujeto comenzó el entrenamiento en la bicicleta estática con una cadencia de 70 revoluciones por minuto durante 17 minutos, los dos primeros minutos de calentamiento se completaron a 75 watts de potencia, esto fue seguido de un intervalo a alta intensidad de 3 minutos a los watts máximos que se determinaron durante el test inicial según los parámetros de Roig et al. (2012) donde fue medida la frecuencia cardíaca y la percepción de esfuerzo con la escala Borg (EB) de 20 puntos (Borg, 1970), al finalizar el intervalo. El esfuerzo siguió con un intervalo de baja intensidad de 2 minutos a 50 watts. Estos dos últimos períodos se repitieron hasta completar 17 minutos completando tres intervalos a alta intensidad y 3 a baja intensidad. Al final de cada período de alta intensidad se evaluó la FC y EB. Las sesiones de entrenamiento se realizaron los días lunes, miércoles y viernes durante cuatro semanas con una primera y última sesión de evaluación. Esto se realizó en el gimnasio del Estadio Mayor de Peñalolén, Chile. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y tuvieron la autorización de sus padres y entrenadores. Los datos recogidos se trabajaron en forma anónima y sólo se utilizaron con la aprobación de los sujetos de la muestra.

## 2.4. ANALISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó a través del programa SPSS 16.0 para Windows. Se utilizó estadística descriptiva, pruebas U de Mann-Whitney para comparar entre los grupos pre y post intervención y pruebas de Wilcoxon para comparar dentro de cada grupo pre y post intervención.

## 3. RESULTADOS

A continuación en la tabla 1 se muestran los resultados de la medición de la frecuencia cardíaca de reposo, del % de grasa, del  $VO_2$ máx y de la distancia recorrida en el yo-yo test del grupo control y experimental. La prueba U de Mann-Whitney solo muestra diferencias significativas entre los grupos en el consumo máximo de oxígeno, donde las sesiones de entrenamiento con la modalidad HIIT provocaron aumento de casi 4 ml/kg/min en los jóvenes nadadores. Las otras 3 variables no presentaron diferencias entre el grupo experimental y el grupo control. También se aprecia una mejora en la distancia recorrida en el yo-yo test en el grupo experimental, pero no fue suficiente para establecer una diferencia con el grupo control.

En la tabla 2 se observan las medias de la frecuencia cardíaca y de la percepción de la intensidad del esfuerzo durante los intervalos de alta intensidad del grupo experimental en la primera y última sesión de entrenamiento. La prueba de Wilcoxon muestra diferencias significativas en ambas variables, por lo tanto, es posible concluir que el entrenamiento con el sistema HIIT produjo una disminución de la frecuencia cardíaca para el mismo esfuerzo y una mejora de la percepción de la intensidad, ya que los sujetos de la muestra se sentían menos fatigados con la misma intensidad de trabajo físico después de 9 sesiones de entrenamiento.

Tabla 1. Pruebas de Wilcoxon comparando los resultados de la primera y segunda medición de las cuatro variables estudiadas y pruebas U de Mann-Whitney comparando los resultados del grupo control y experimental.

		G. Control (n=9)	G. Experimental (n=10)	U de Mann-Whitney
FCr	Pre-intervención	66,2 ± 7,44	66,7 ± 7,51	0,218
	Post-intervención	64,3 ± 7,90	61,1 ± 11,14	0,270
	Wilcoxon	-1,193	-0,971	
% de grasa	Pre-intervención	23,8 ± 11,96	16,9 ± 5,51	0,514
	Post-intervención	22,5 ± 11,49	16,2 ± 5,23	0,327
	Wilcoxon	-1,310	-1,683	
VO <sub>2</sub> máx	Pre-intervención	45,4 ± 9,21	49,3 ± 5,58	0,368
	Post-intervención	45,7 ± 8,57	52,9 ± 5,74	0,046*
	Wilcoxon	-0,535	-2,524*	
Distancia recorrida	Pre-intervención	857,7 ± 576,23	1008,0 ± 432,78	0,413
	Post-intervención	960,0 ± 763,15	1288,0 ± 448,52	0,220
	Wilcoxon	-0,933	-2,558*	

FCr=frecuencia cardíaca reposo

Tabla 2. Prueba de Wilcoxon comparando los resultados de la frecuencia cardíaca y percepción de la fatiga durante los intervalos de alta intensidad de la primera y última sesión de entrenamiento del grupo experimental.

	N	FC	EB
1º sesión	10	175,8 ± 11,08	16,3 ± 0,89
9º sesión	10	167,5 ± 15,68	14,0 ± 1,10
Wilcoxon		-2,521*	-2,527*

\*Diferencia significativa al nivel 0,05

FC=frecuencia cardíaca; EB=escala de Borg.

#### 4. CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

La investigación realizada demuestra que 9 sesiones de un entrenamiento High Intensity Interval Training no son suficientes para mejorar la frecuencia cardíaca de reposo y el porcentaje de grasa corporal en una muestra de jóvenes nadadores. Pese a que existen variadas investigaciones que muestran los efectos positivos del HIIT sobre las medidas antropométricas (Álvarez, Ramírez-Campillo, Henríquez-Olguín, Castro-Sepúlveda, Carrasco y Martínez, 2014; Mancilla et al., 2014; Álvarez, Ramírez-Campillo, Flores, Henríquez-Olguín, Campos, Carrasco et al., 2013), también existen estudios donde las intervenciones no logran obtener mejoras del peso, grasa y masa muscular (Álvarez, Ramírez, Flores, Zúñiga y Celis-Morales, 2012; Zapata-Lamana, Cigarroa, Díaz y Saavedra, 2015). Los deportistas de la muestra, con más de 4 años de entrenamiento, poseían un bajo porcentaje de grasa ya que su capacidad oxidativa enzimática estaba incrementada y aunque Billat (2001) sostiene que el HIIT puede promover una mayor utilización de ácidos grasos, incluso en el atleta altamente entrenado, es posible que la poca cantidad de sesiones en la presente intervención no fueran suficientes para modificar el porcentaje de grasa corporal de los nadadores.



Por otra parte, se logra apreciar un aumento en la distancia recorrida en el yo-yo test de recuperación intermitente nivel 1 tras la intervención del HIIT lo que resulta consistente con los resultados de Laursen (2010) quien argumenta que períodos de corto plazo (seis a ocho sesiones durante 2 a 4 semanas) de intervalos de alta intensidad pueden provocar aumentos en el rendimiento en ejercicios intensos hasta de 2,4% en atletas bien entrenados. También se encontraron diferencias significativas ( $p=0,046$ ) en el consumo máximo de oxígeno. En este sentido, algunos estudios explican que el entrenamiento HIIT activa las proteínas AMPK (Adenine monophosphate activated protein kinase) y la MAPK (Mitogen activated protein kinase), ambas proteínas que participan en la fosforilación directa del co-activador 1  $\alpha$  del receptor- $\gamma$  proliferador de peroxisomas (PGC-1 $\alpha$ ) Co-activador de diversos factores de transcripción mitocondrial y potencial regulador de la biogénesis mitocondrial (Laurens, 2010) situación que puede explicar el aumento del consumo de oxígeno. También se ha demostrado que en el período de descanso luego de un intervalo de alta intensidad aumenta el volumen sistólico provocando modificaciones positivas en el gasto cardíaco (Astrand et al. 1960, citado por Tschakert y Hofman, 2013). En esta línea, Buchheit y Laursen (2013) explican que los depósitos de oxígeno y fosfocreatina intracelular de la oximioglobina se pueden llenar velozmente durante los períodos de recuperación, situación que mejora la resíntesis de ATP para obtener energía por medio del oxígeno intracelular almacenado. Todas estos procesos provocados por el HIIT se han relacionado con el impacto sobre el  $VO_2$ máx en distintos estudios con deportistas entrenados (Driller, Fell, Gregory, Shing & Williams, 2009; Sperlich et al., 2010; Stöggl y Sperlich, 2014).

Finalmente, el presente estudio demostró que el entrenamiento HIIT puede disminuir la percepción de esfuerzo en el ejercicio luego de 4 semanas de estímulos de alta intensidad, asimismo se puede apreciar una reducción de la frecuencia cardíaca al final de la intervención durante los esfuerzos más vigorosos del High Intensity Interval Training, situación que coincide con otros estudios donde 6 sesiones de HIIT con 8 a 10 repeticiones de un minuto de duración al 90% de la potencia pico mejora la variabilidad de la frecuencia cardíaca en adolescentes de 14 años de edad (Bond, Cockcroft, Williams, Harris, Gates, Jackman et al., 2015).

Sería interesante estudiar si el entrenamiento HIIT mejora la frecuencia cardíaca de reposo y diversas variables antropométricas durante intervenciones de mayor duración a través del tiempo, además de estudiar los efectos sobre el consumo máximo de oxígeno y la recuperación al esfuerzo en deportistas de otras disciplinas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, B. (2007). *Efectos del entrenamiento durante una pretemporada en la potencia máxima aeróbica medida mediante dos test de campo progresivos, uno continuo y otro intermitente.* Disponible en: [http://futsalcoach.es/web\\_v2/area\\_tecnica/archivos/1281\\_19\\_efectos\\_entrenamiento\\_pre\\_print.pdf](http://futsalcoach.es/web_v2/area_tecnica/archivos/1281_19_efectos_entrenamiento_pre_print.pdf) [consultado el 25 de octubre de 2015].

Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Flores, M., Henríquez-Olguín, C., Campos, C., Carrasco, V., et al. (2013). Respuestas metabólicas inducidas por el ejercicio físico

de alta intensidad en mujeres sedentarias con glicemia basal alterada e hipercolesterolemia. *Revista Médica de Chile*, 141, 1293-1299.

Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Henríquez-Olguín, C., Castro-Sepúlveda, M., Carrasco, V. & Martínez, C. (2014). ¿Pueden ocho semanas de ejercicio físico combinado normalizar marcadores metabólicos de sujetos hiperglicémicos y dislipidémicos? *Revista Médica de Chile*, 142 (4), 458-466.

Álvarez, C., Ramírez, R., Flores, M., Zúñiga, C. & Celis-Morales, C. (2012). Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. *Revista Médica de Chile*, 140, 1289-1296.

Aravena, O., Cárcamo, D., Martínez, C., Carrasco, V. & Díaz, E. (2014). Influencia de un programa de entrenamiento intermitente de alta intensidad, sobre el VO<sub>2</sub>máx, porcentaje de grasa corporal y resistencia muscular en estudiantes de enseñanza media. *Revista Horizonte: Ciencia de la Actividad Física*, 5(1), 24-34.

Bangsbo, J., Norregaard, L. & Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal Sport Science*, 16(2), 110-116.

Billat, V. (2001). Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part II: Anaerobic Interval Training. *Sports Medicine*, 31(2), 75-90

Bonato, M., Rampichini, S., Ferrara, M., Benedini, S., Sbriccoli, P., Merati, G., et al. (2014). *Aerobic training program for the enhancements of HR and VO<sub>2</sub> off-kinetics in elite judo athletes*. Disponible en: <http://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y9999N00A140133> [consultado el 15 de septiembre de 2015].

Bond, B., Cockcroft, E., Williams, C., Harris, S., Gates, P., Jackman, S., et al. (2015). Two weeks of high-intensity interval training improves novel but not traditional cardiovascular disease risk factors in adolescents. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 309(6), H1039-47.

Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehab Med*, 2, 92-98.

Buchheit, M. & Laursen, P. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.

Camacho, L. (2014). Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad en el rendimiento deportivo y la salud. *Deporte, Salud y Entrenamiento*, 13, 21-31.

Castagna, C., Impellizzeri, F., Belardinelli, R., Abt, G., Coutts, A., Chamari, K., et al. (2006). Cardiorespiratory responses to yo-yo intermittent endurance test in nonelite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 326- 330.

Ciolac, E. (2012). High intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc Dis*, 2(2), 102-10.



Driller, M., Fell, J., Gregory, J., Shing, C. & Williams, A. (2009). The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 110-121.

Gibala, M., Little, J., MacDonald, M. & Hawley, J. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology*, 590(5), 1077-1084.

Hood, M., Little, J., Tarnopolsky, M., Myslik, F. & Gibala, M. (2011). Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sport Exerc*, 43(10), 1849-1856.

Jacobs, R., Fiück, D., Bonne, T., Bürgi, S., Christensen, P., Toigo, M., et al. (2013). Improvements in exercise performance with high-intensity Interval training coincide with an increase in skeletal muscle mitochondrial content and function. *Journal Applied Physiology*, 115(6), 785-793.

Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., et al. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability and validity. *Medicine Science Sports Exercise*, 35(4), 697-705.

Laursen, P. (2010). Training for intense exercise performance: high intensity or high volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (s2), 1-10.

Leger, L. & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 49, 1-12.

Leger, L., Mercier, D., Gadoury, C. & Lambert, J. (1988). The multistage 20 meters shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6, 93-101.

Little, J., Safdar, A., Wilkin, G., Tarnopolsky, M. & Gibala, M. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *Journal of Physiology*, 588(6), 1011-1022.

Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J. & Díaz, E. (2014). Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Revista Médica de Chile*, 142, 34-39.

Menz, V., Strobl, J., Faulhaber, M., Gatterer, H. & Bartscher, M. (2015). Effect of 3-week high-intensity interval training on VO<sub>2</sub>max, total haemoglobin mass, plasma and blood volume in well-trained athletes. *European Journal Applied Physiology*, 115(11), 2349-2356.

Ritov, V., Menshikova, E., Azuma, K., Wood, R., Toledo, F., Goodpaster, B., et al. (2010). Deficiency of electron transport chain in human skeletal muscle mitochondria in type 2 diabetes mellitus and obesity. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 298(1), E49-E58.

Robinson, E., Stout, J., Miramonti, A., Fukuda, D., Wang, R., Townsend, J., et al. (2014). High-intensity interval training and  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyric free acid improves aerobic power and metabolic thresholds. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11, 16-27.

Rodríguez, A., Sánchez, J. & Villa, J. (2014). Efectos de dos tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 27(9), 251-259.

Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B. & Nielsen, JB. (2012). A single bout of exercise improves motor memory. *PLoS ONE*, 7(9), 1-8.

Rowan, A., Kueffner, T. & Stavrianeas, S. (2012). Short duration high-intensity interval training improves aerobic conditioning of female college soccer players. *International Journal of Exercise Science*, 5(3), 232-238

Sandstad, J., Stensvold, D., Hoff, M., Nes, B., Arbo, I. & Bye, A. (2015). The effects of high intensity interval training in women with rheumatic disease: a pilot study. *European Journal Applied Physiology*, 115(10), 2081-2089.

Söggil, T. & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5(33), 1-9

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.

Sperlich, B., Zinner, C., Heilemann, I., Kjendlie, P., Holmberg, H. & Mester, J. (2010). High-intensity interval training improves  $VO_{2peak}$ , maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. *European Journal Applied Physiology*, 110(5), 1029-1036.

Talanian, J., Galloway, S., Haigenhauser, G., Bonen, A. & Spriet, L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal Applied Physiology*, 102, 1439-1447.

Tschakert, G. & Hofmann, P. (2013). High-intensity intermittent Exercise: methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 600-610.

Zapata-Lamana, R., Cigarroa, I., Díaz, E. y Saavedra, C. (2015). Reducción del riesgo cardiovascular en mujeres adultas mediante ejercicio físico de sobrecarga. *Revista Médica de Chile*, 143, 289-296.

Fecha de recepción: 5/11/2015  
Fecha de aceptación: 8/1/2015