

Entrenamiento interválico de alta intensidad basado en la actividad parasimpática y su impacto sobre la capacidad cardiorrespiratoria de estudiantes universitarios. Ensayo Controlado Aleatorizado

High intensity interval training based on parasympathetic activity and its impact on the cardiorespiratory capacity of university students. Randomized Controlled Trial

*, **Héctor Fuentes-Barría, ***Raúl Aguilera-Eguía, ****Georgiy Polevoy

*Universidad Arturo Prat (Chile), **Universidad Andres Bello (Chile), ***Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile), ****Moscow Aviation Institute (Russia)

Resumen. Introducción: El entrenamiento interválico de alta intensidad tradicionalmente se prescribe mediante valores fijos que pueden ser insuficientes para la generación de perturbaciones homeostáticas. Objetivo: Evaluar cómo un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad, guiado por la actividad parasimpática, afecta la capacidad cardiorrespiratoria de estudiantes universitarios físicamente activos. Método: Estudio controlado, paralelo y aleatorizado con cegado simple. 26 universitarios físicamente activos fueron divididos en un grupo control y un grupo experimental para ser sometidos a 4 semanas de un entrenamiento interválico de alta intensidad. La capacidad cardiorrespiratoria se estimó mediante el Step Test 3x1 y la variabilidad de la frecuencia cardíaca se determinó mediante una prueba ortostática. Resultados: Ambos grupos mostraron cambios significativos en el VO_2 pico, siendo el grupo experimental el que mostró una mejora superior (C.V = 14%; $p = 0,003$; $d = 1,16$) comparado al grupo control (C.V = 11%; $p = 0,01$; $d = 0,7$). En cuanto a la actividad parasimpática, solo el grupo experimental mostró cambios significativos en la frecuencia cardíaca (C.V = 10,5%; $p = 0,004$; $d = 1,28$) y raíz cuadrada media de las diferencias sucesivas (C.V = 19,7%; $p = 0,02$; $d = 1,16$) en posición decúbito supino. Conclusión: Un entrenamiento interválico de alta intensidad de alto volumen y corta duración prescrito en base a la actividad parasimpática puede ser un estímulo eficaz para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios físicamente activos.

Palabras clave: Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad; Consumo de oxígeno; Sistema Nervioso Autónomo; Estudiantes; Atletismo.

Abstract. Background: High-intensity interval training is traditionally prescribed using fixed values that may be insufficient to generate homeostatic disturbances. Objective: To evaluate how a high-intensity interval training program, guided by parasympathetic activity, affects the cardiorespiratory capacity of physically active university students. Method: Controlled, parallel and randomized study with single blinding. 26 physically active university students were divided into a control group and an experimental group to undergo 4 weeks of high-intensity interval training. Cardiorespiratory capacity was estimated using the 3x1 Step Test and heart rate variability was determined using an orthostatic test. Results: Both groups showed significant changes in peak VO_2 , with the experimental group showing greater improvement (C.V = 14%; $p = 0.003$; $d = 1.16$) compared to the control group (C.V = 11%; $p = 0.01$; $d = 0.7$). Regarding parasympathetic activity, only the experimental group showed significant changes in heart rate (C.V = 10.5%; $p = 0.004$; $d = 1.28$) and root mean square of successive differences (C.V = 19.7%; $p = 0.02$; $d = 1.16$) in the supine position. Conclusion: A high-intensity, high-volume, short-duration interval training prescribed based on parasympathetic activity can be an effective stimulus to improve cardiorespiratory fitness in physically active university students.

Keywords: High-Intensity Interval Training; Oxygen Consumption; Autonomic Nervous System; Students; Track and Field.

Fecha recepción: 18-03-24. Fecha de aceptación: 24-03-24

Héctor Fuentes-Barría

hectorfuentesbarria@gmail.com

Introducción

En términos generales, el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por su sigla en inglés), consiste en una secuencia de estímulos de corta duración, que varían desde los 10 segundos hasta los 5 minutos, llevados a cabo a una intensidad máxima ($\geq 90\%$ del VO_2 pico) o supramáxima (75% de la potencia máxima), seguidos de períodos de recuperación parcial a baja intensidad (Atakan et al., 2021), donde cabe mencionar que la prescripción de la intensidad de la carga generalmente se realiza mediante valores fijos, lo cual puede resultar en una estimulación insuficiente de las perturbaciones homeostáticas asociadas con las adaptaciones agudas o crónicas del proceso de entrenamiento (Jamnick et al., 2020).

En cuanto a la prescripción del ejercicio basada en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), esta permite recopilar información referente a las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca (FC), lo que posibilita la exploración de múltiples procesos fisiológicos relacionados con la

homeostasis corporal tanto en condiciones basales como durante el ejercicio en población físicamente activa (Manresa-Rocamora et al., 2021; Sempere-Ruiz et al., 2024). Esto ha llevado a que, en los últimos años, el análisis de la VFC se haya comenzado a consolidar como una alternativa sencilla y poco invasiva en comparación con métodos tradicionales como los umbrales ventilatorios o lácticos (Kaufmann et al., 2023; Sempere-Ruiz et al., 2024).

En este contexto, en condiciones basales, la medición de la VFC de corta duración (≤ 5 minutos) a través de los dominios espectrales, temporales y no lineales ha demostrado hallazgos prometedores relacionados con factores etarios, estrés, calidad del sueño, nivel de actividad física y composición corporal en estudiantes universitarios (Guo et al., 2022; Urbano-Cerda et al., 2021; Yoo et al., 2021). Sin embargo, durante el ejercicio, la heterogeneidad de los protocolos de HIIT se ha convertido en un problema tanto para la prescripción como para el análisis de la VFC, debido a los hallazgos contradictorios reportados entre los protocolos de intervalos cortos (≤ 30 s) con bajo volumen (≤ 5 min) y corta

duración (≤ 4 semanas), y los protocolos de intervalos largos (≥ 2 min) con alto volumen (≥ 15 min) y duración moderada (≥ 4 -12 semanas) (Fuentes-Barría et al., 2024; Lu et al., 2023; Perkins et al., 2017).

En este contexto, entre los parámetros de VFC, la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes (RMSSD) se ha propuesto como una métrica indicativa de la carga interna de trabajo, siendo esta ampliamente utilizada para la valoración de la actividad parasimpática e intensidad del ejercicio (Bellenger et al., 2016; Medina Corrales et al., 2021; Mina-Paz et al., 2021; Nieto-Jiménez et al., 2020; Nieto & Ruso Álvarez, 2019; Porras-Álvarez & Bernal-Calderón, 2019; Ravé et al., 2020). Por esta razón, esta investigación se propuso en su objetivo evaluar cómo un programa de entrenamiento HIIT, guiado por la actividad parasimpática, afecta la capacidad cardiorrespiratoria de estudiantes universitarios físicamente activos.

Material y métodos

Diseño

Estudio controlado, paralelo y aleatorizado con cegado simple, elaborado siguiendo la lista de chequeo “*Consolidated Standards of Reporting Trials*” (Junqueira et al., 2023). El consentimiento informado y protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Investigación de la Universidad Central de Chile (Acta N.º 83/2023) en concordancia a la declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Elegibilidad

La muestra consideró 26 estudiantes voluntarios (20 hombres y 6 mujeres) que fueron invitados a las instalaciones de la Universidad Central de Chile, campus Santiago (Chile), donde un profesional especialista en Ciencias del Deporte comprobó la pertinencia de la selección de los voluntarios entregando a los participantes una breve descripción por escrito del estudio con su objetivo acompañada de un consentimiento informado que una vez firmado permitió evaluar la capacidad aeróbica de los participantes sometidos a un programa HIIT de 4 semanas. Los participantes cumplieron los siguientes criterios de elegibilidad:

A) Criterios de inclusión:

- Estudiantes pertenecientes a la asignatura “Iniciación al Atletismo”, impartida por la carrera de Pedagogía en Educación Física, adscrita a la Universidad Central de Chile en su campus Santiago.

- Estudiantes con un nivel de actividad física >600 METs min/sem.

B) Criterios de exclusión:

- Estudiantes diagnosticados con algún tipo de patologías cardiopulmonares, músculo esqueléticas, sistémicas, agudas o crónicas que impidiesen cumplir apropiadamente las evaluaciones de capacidad aeróbica o el protocolo HIIT durante el proceso de intervención.

- Estudiantes que no asistan a clases durante las 4

semanas de intervención y/o no acepten o no firmen el consentimiento informado.

Intervención

La investigación se llevó a cabo durante un período de 4 semanas, específicamente los martes y viernes, en la Universidad Central de Chile, campus Santiago, durante el año académico 2023. Antes de iniciar la intervención, se realizó una evaluación del estado nutricional que incluyó mediciones antropométricas utilizando una balanza digital Seca con una precisión de 100 gramos y un estadiómetro portátil Seca de 220 cm de la marca Cescorf. Estos instrumentos permitieron obtener el peso y la talla de cada participante, datos necesarios para calcular el Índice de Masa Corporal (Pacheco et al., 2021).

Posteriormente, se administró el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) en su versión corta, previamente validado en adultos chilenos (Balboa-Castillo et al., 2023; Serón, Muñoz & Lanás, 2010). Este cuestionario incluyó preguntas adicionales sobre datos sociodemográficos (edad y sexo) y antecedentes de enfermedades cardiopulmonares, patologías musculoesqueléticas, sistémicas agudas o crónicas, con el fin de corroborar los criterios de elegibilidad.

Para llevar a cabo el programa de entrenamiento, se dividieron las 8 sesiones (martes y viernes) en un período de 4 semanas, con cada sesión teniendo una duración de 80 minutos. Antes de comenzar cada sesión, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado que consistió en 5 minutos de ejercicios de movilidad articular, incluyendo flexiones, extensiones, abducciones y aducciones de hombros, caderas, rodillas y tobillos, con una intensidad cercana al 60% de la escala de Borg modificada (Chen et al., 2002; Fuentes-Barría et al., 2024).

El Grupo experimental (GE) se conformó por 13 estudiantes que siguieron un protocolo interválico que incluyó 4 series de 6 repeticiones de Push-up, Mountain climber, Squat, Jumping Jack, Burpees y Skipping, separadas por un intervalo de recuperación de 1 minuto entre series (Fuentes-Barría et al., 2024). La intensidad de cada ejercicio se determinó utilizando la escala de Borg modificada (Chen et al., 2002), y la progresión de la carga interna de entrenamiento se basó en la evaluación de la RMSSD al inicio de cada microciclo, siendo considerados los parámetros recomendados por el reloj Polar® Vantage V2 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) en su función Nightly Recharge™, donde si el valor registrado fue > -2 ms respecto al valor basal se procedió a repetir el microciclo N °1, mientras que si el valor obtenido fue entre -2 a $+2$ o $> +2$ ms se procedió a realizar el microciclo N °2 (Nuutila et al., 2021).

En cuanto al grupo control (GC) se constituyó de 13 estudiantes que siguieron el mismo programa de entrenamiento, pero la progresión de la carga de trabajo siguió un modelo lineal sin considerar la VFC (ver Tabla 1).

Finalmente, al concluir cada sesión, se realizó una vuelta a la calma que incluyó 5 minutos de ejercicios de movilidad

articular, siguiendo la misma intensidad recomendada previamente para el calentamiento (Chen et al., 2002; Fuentes-Barria et al., 2024).

Tabla 1.

Estructura del Programa HIIT del GC (n = 13) y GE (n = 13).

GE				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Puntuación Borg	9 - 10	9 - 10		
N° Series	4	4	RMSSD > -2 ms realizar microciclo N°1	
N° Repeticiones	6	6		
Tiempo x repetición (s)	30	35		
Tiempo efectivo (s)	720	840	RMSSD entre -2 a +2 ms realizar microciclo N°2.	
Micro pausa (s)	30	30		
Macro pausa (s)	60	60		
Tiempo total (min)	25	27	RMSSD > +2 ms realizar microciclo N°2.	
GC				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Puntuación Borg	9 - 10	9 - 10	9 - 10	9 - 10
N° Series	4	4	4	4
N° Repeticiones	6	6	6	6
Tiempo x repetición (s)	30	35	40	45
Tiempo efectivo (s)	720	840	960	1080
Micro pausa (s)	30	30	30	30
Macro pausa (s)	60	60	60	60
Tiempo total (min)	25	27	29	31

GC: Grupo Control, GE: Grupo experimental

Resultados de interés

•VO₂ pico: Se determinó por medio de un Step Reebok™ regulable en altura, siendo la altura definida en 0,2 metros para mujeres y 0,3 metros para hombres. De modo tal, que se procedió a aplicar el Step Test 3x1 y su ecuación propuesta para la estimación del VO₂ pico según recomendación previa (Cofre-Bolados, Rosales, Espinoza-Salinas, 2018):

$$VO_2 \text{ pico} = (f_x \times 0,35) + (f_x \text{ ht} \times 2,4)$$

El Step Test 3x1 consistió en 3 esfuerzos progresivos de 1 minuto de duración por 1 minuto de pausa entre series, siendo ejecutado en el primer minuto de ejercicio una subida y bajada de escalón con ambos pies (1 ciclo) a una velocidad de 20 ciclos por minuto determinados por un metrónomo, mientras que el segundo minuto de ejercicio consistió en un esfuerzo de 32 ciclos por minuto para finalmente realizar el tercer esfuerzo de ciclos de subidas al escalón a intensidad máxima, considerándose para registro la mejor frecuencia obtenida entre los 3 esfuerzos progresivos (Cofre-Bolados, Rosales, Espinoza-Salinas, 2018).

•VFC: La evaluación se llevó a cabo en un entorno tranquilo, utilizando el cardiotaquímetro marca Polar® H10 (Polar Electro Oy) y el reloj Polar® Vantage V2 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) para obtener los registros de los intervalos RR. Estos dispositivos han sido ampliamente validados tanto en condiciones de reposo como de ejercicio (Nuutila et al., 2021; Schaffarczyk et al., 2022).

Esta combinación de instrumentos facilitó la realización de la prueba ortostática, que consistió en una evaluación de 4 minutos de duración tanto en posición de decúbito supino como en posición erguida. Los registros fueron obtenidos 5 minutos antes de cada microciclo de entrenamiento, permitiendo observar el comportamiento de la FC y el RMSSD,

considerada como la métrica más utilizada para la valoración de la actividad parasimpática e intensidad del ejercicio (Medina Corrales et al., 2021; Mina-Paz et al., 2021).

Aleatorización

La secuencia de aleatorización se creó usando un generador de secuencia aleatoria online (<https://www.alazar.info/generador-de-secuencia-de-numeros-desordenada>), siendo este proceso realizado en forma estratificada por centro a través de una asignación 1:1 utilizando tamaños de bloques equivalentes. Los participantes fueron asignados al azar siguiendo un método simple de aleatorización codificada.

Enmascaramiento

Se llevó a cabo un cegado simple del evaluador, quien prescribió los programas de ejercicio y realizó las evaluaciones sin tener información sobre la correspondencia de cada grupo y participante.

Tamaño muestral

Los 27 alumnos voluntarios de la asignatura "Iniciación al Atletismo" durante el periodo 2023 determinaron el tamaño de muestra, donde se estableció un intervalo de confianza (IC) del 95% y un margen de error del 5%, obteniendo un tamaño de muestra ideal de 26 participantes.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 27.0 para sistema operativo Windows. La normalidad en la distribución de datos fue determinada con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene, obteniéndose una distribución normal de las variables. Posteriormente, para los descriptivos se emplearon las medidas de tendencia central y dispersión; media (X), desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (C.V). El análisis inferencial se realizó a través de prueba T Student, siendo el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ para todos los análisis. Adicionalmente, se consideró un tamaño del efecto pequeño ($\geq 0,2$), moderado ($\geq 0,5$) y grande ($\geq 0,8$) determinado por la "d" de Cohen.

Resultados

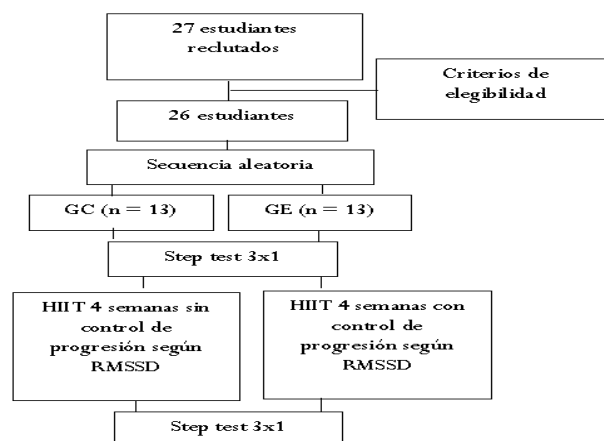


Figura 1. Diagrama de flujo del diseño del estudio.

La Figura 1 expone el diseño del estudio, en el cual, de un total de 27 estudiantes universitarios inicialmente elegibles, 26 cumplieron con los criterios de inclusión y fueron asignados de manera aleatoria y paralela a un GC ($n = 13$) y un GE ($n = 13$). Es relevante señalar que no se registraron abandonos a lo largo de la intervención.

La tabla 2 presentan las características basales para la población estudiada, no reportándose diferencias significativas entre grupos para las variables sociodemográficas, VO_2 pico y VFC lo que sugiere una homogeneidad de base entre los grupos.

Tabla 2.
Características basales de la muestra estudiada.

Variables	GC	GE	C.V	Valor p	Tamaño efecto
	(n = 13)	(n = 13)			
	X \pm DS	X \pm DS			
Edad (años)	20,5 \pm 2,9	21,3 \pm 4,7	18,4%	0,619	0,20
Estatura (cm)	167,6 \pm 8	174,4 \pm 8,6	5,2%	0,102	1,11
Peso (kg)	70,5 \pm 9,4	73,7 \pm 12,4	15,1%	0,545	5,74
IMC (Kg/m ²)	25,1 \pm 3,2	24,2 \pm 3,4	13,3%	0,582	0,27
VO_2 pico (ml Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	45,1 \pm 5	44,4 \pm 6,4	12,6%	0,647	0,15
FC acostado (ppm)	60,6 \pm 5,9	61,2 \pm 5,9	9,5%	0,719	0,10
FC de pie (ppm)	71,9 \pm 6,9	71,5 \pm 5	8,3%	0,842	0,08
FC máxima (ppm)	87,1 \pm 4,5	87,3 \pm 4,9	5,3%	0,885	0,04
RMSSD acostado (ms)	51,8 \pm 11,3	59,8 \pm 12,3	22%	0,070	0,68
RMSSD de pie (ms)	19,8 \pm 7,1	21,8 \pm 8,5	36,7%	0,416	0,25

GC: Grupo Control, GE: Grupo experimental, X: Media. DS: Desviación estándar, Coeficiente de variación, FC: Frecuencia cardiaca. RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes.

La tabla 3 muestra los resultados de la intervención, destacando que tanto el GC como el GE experimentaron mejoras significativas en su VO_2 pico. Sin embargo, es importante resaltar que el GE mostró una mejora notablemente superior (C.V: 14%; $p = 0,003$; $d = 1,16$) en comparación con el GC (C.V: 11%; $p = 0,01$; $d = 0,71$). En lo que respecta a la VFC, se observaron cambios significativos únicamente en el GE en comparación con el GC, especialmente en la FC (C.V: 10,5%; $p = 0,004$; $d = 1,28$) y en la RMSSD en posición decúbito supino (C.V: 19,7%; $p = 0,02$; $d = 1,16$).

Tabla 3.
Valores de VO_2 pico y VFC antes y después de la intervención.

GC	Antes	Después	C.V	Valor p	Tamaño efecto
	X \pm DS	X \pm DS			
VO_2 pico (ml Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	45,1 \pm 5	47,7 \pm 5,1	11%	0,01*	0,71
FC acostado (ppm)	60,6 \pm 5,9	60,2 \pm 6	9,6%	0,86	0,10
FC de pie (ppm)	71,9 \pm 6,9	70,7 \pm 5,2	8,5%	0,50	0,20
FC máxima (ppm)	87,1 \pm 4,5	86,3 \pm 4,4	5,1%	0,34	0,18
RMSSD acostado (ms)	51,8 \pm 11,3	54,3 \pm 7	17,5%	0,12	0,94
RMSSD de pie (ms)	19,8 \pm 7,1	19,2 \pm 6,9	35,3%	0,33	0,09
GE					
VO_2 pico (ml Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,4 \pm 6,4	51,1 \pm 5,1	14%	0,003*	1,16
FC acostado (ppm)	61,2 \pm 5,9	54,6 \pm 4,3	10,5%	0,004*	1,28
FC de pie (ppm)	71,5 \pm 5	68,4 \pm 6,5	8,4%	0,17	0,67
FC máxima (ppm)	87,3 \pm 4,9	87,5 \pm 4,6	5,3%	0,89	0,04
RMSSD acostado (ms)	59,8 \pm 12,3	49,7 \pm 6	19,7%	0,02*	1,16
RMSSD de pie (ms)	21,8 \pm 8,5	21,2 \pm 5,9	33,3%	0,52	0,08

GC: Grupo Control, GE: Grupo experimental, X: Media. DS: Desviación estándar. C.V: Coeficiente de variación, FC: Frecuencia cardiaca. RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes, *: Diferencia estadísticamente significativa.

Discusión

El propósito de este estudio fue evaluar un programa de un entrenamiento HIT, guiado por la actividad parasimpática, afecta la capacidad cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios físicamente activos, donde ambos grupos mejoraron significativamente su VO_2 pico, siendo el GE quien obtuvo los mejores resultados en comparación al GC, mientras que en torno a la VFC solo se observaron cambios significativos únicamente en el GE en comparación con el GC, especialmente en la FC y en la RMSSD en posición decúbito supino.

En la actualidad, se reconoce que la práctica regular de ejercicio puede tener un impacto directo en el volumen sistólico, la FC y el gasto cardiaco, lo que se traduce en una mejor capacidad de transporte de oxígeno, donde los protocolos HIIT son especialmente eficaces para inducir adaptaciones agudas que pueden reflejar indicadores de riesgo cardiovascular (Astorino et al., 2017; Su et al., 2019). Sin embargo, la interpretación de los resultados relacionados con los protocolos HIIT sigue siendo objeto de debate, ya que algunos estudios han encontrado mejoras inconsistentes en parámetros cardiorrespiratorios, como la VFC, en programas de duración similar (Andrade et al., 2020; Fuentes-Barría et al., 2022; Fuentes-Barría et al., 2024; García-Flores et al., 2023).

Esta discrepancia podría explicarse, al menos en parte, por la heterogeneidad en los protocolos, que incluyen componentes como tipo de ejercicios, volumen, intensidad y densidad del trabajo físico, cuyos efectos pueden desencadenar una serie de procesos fisiológicos que afectan la homeostasis corporal tanto en condiciones de reposo como durante el ejercicio, especialmente en poblaciones físicamente activas (García-Flores et al., 2023; Manresa-Rocamora et al., 2021; Sempere-Ruiz et al., 2024). En este sentido, los factores adrenérgicos y los metabolitos locales juegan un papel crucial en la modulación bioenergética asociada con la oxidación de ácidos grasos y la remoción del lactato (Guo et al., 2023; Espinoza-Salinas et al., 2020), siendo el estado nutricional presentado por los participantes del presente estudio otro posible elemento que podría explicar los mayores niveles de VO_2 en ambos grupos, dado que valores elevados sobre la masa corporal se relaciona tanto con un mayor VO_2 como también un tono vagal bajo (Huerta Ojeda et al., 2017).

En relación con los hallazgos de la actividad parasimpática, se ha observado que no existe una relación directa entre los distintos componentes de la carga de entrenamiento y la RMSSD, sugiriendo así un comportamiento ponderado de la carga interna vinculada con la percepción subjetiva del esfuerzo y la rapidez de recuperación inmediata tras el ejercicio (Medina Corrales et al., 2021; Nieto-Jiménez et al., 2020). Esta falta de correlación ayuda a entender por qué solo el GE mostró una disminución significativa en los valores de RMSSD en posición decúbito supino, planteando que la reducción de este parámetro implica una inhibición parasimpática y una consecuente activación simpática que podría

indicar una adaptación insuficiente a los procesos psicofisiológicos desencadenados por el ejercicio (carga interna). Por otro lado, la reducción de la FC en posición decúbito supino podría interpretarse como una respuesta al trabajo físico (carga externa), a pesar de la conocida correlación entre la RMSSD y la percepción del esfuerzo (Medina Corrales et al., 2021; Nieto-Jiménez et al., 2020; Nieto & Ruso Álvarez, 2019; Porras-Álvarez & Bernal-Calderón, 2019; Ravé et al., 2020).

En este contexto, este estudio consideró la escala de Borg y la RMSSD como elementos aislados para la monitorización de la carga de trabajo, cuyos resultados, si bien indican una posible buena salud cardiovascular (Bellenger et al., 2016), conllevan la necesidad de que futuras investigaciones consideren una cuantificación combinada de la VFC a través de métricas como la relación RMSSD:RR o la pendiente de recuperación RMSSD-Slope (Boullosa et al., 2021; Medina Corrales et al., 2021). Finalmente, cabe mencionar que se debe considerar que el presente estudio se llevó a cabo en una única universidad. Por tanto, la generalización de estos hallazgos a otras poblaciones o contextos podría ser limitada y debe tomarse con precaución.

Conclusión

Un programa HIIT de alto volumen y corta duración prescrito en base a la actividad parasimpática podría ser es un estímulo eficaz para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios físicamente activos.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

- Andrade, D.C., Arce-Alvarez, A., Parada, F., Uribe, S., Gordillo, P., Dupre A et al. (2020). Acute effects of high-intensity interval training session and endurance exercise on pulmonary function and cardiorespiratory coupling. *Physiological Reports*, 2020;8(15):e14455. <https://doi.org/10.14814/phy2.14455>
- Astorino, T. A., Edmunds, R. M., Clark, A., King, L., Gallant, R. A., Namm, S., Fischer, A., & Wood, K. M. (2017). High-Intensity Interval Training Increases Cardiac Output and $\dot{V}O_2\max$. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(2), 265–273. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001099>
- Atakan, M. M., Li, Y., Koşar, Ş. N., Turnagöl, H. H., & Yan, X. (2021). Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 7201. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137201>
- Balboa-Castillo T, Muñoz S, Seron P, Andrade-Mayorga O, Lavados-Romo P, Aguilar-Farias N (2023) Validity and reliability of the international physical activity questionnaire short form in Chilean adults. *PLoS ONE*, 18(10):e0291604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291604>
- Bellenger, CR., Fuller, JT., Thomson, RL., Davison, K., Robertson, EY., Buckley JD. (2016). Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(10):1461–1486. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2>
- Boullosa, D., Medeiros, AR., Flatt, AA., Esco, MR., Nakamura, FY., Foster, C. (2021). Relationships between Workload, Heart Rate Variability, and Performance in a Recreational Endurance Runner. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(1):30. <https://doi.org/10.3390/jfkm6010030>
- Cofre-Bolados, C., Rosales, W. D., Espinoza-Salinas, A. (2018). Validation of the ST3x1 Step Test as an estimator of peak $\dot{V}O_2$ in adults with cardiovascular risk factors. *Salud Uninorte*, 34(3),581-588
- Espinoza-Salinas, A., González-Jurado, J., Molina-Sotomayor, E., Fuentes-Barría, H., Fariás Valenzuela, C., Arenas-Sánchez, G. (2020). Mobilization, transport and oxidation of fatty acids: physiological mechanisms associated with weight loss. *Journal of Sport and Health Research*. 12(Supl 3): 303-312.
- Fuentes-Barría, H., Aguilera-Eguía, R., Polevoy, G.G., Maureira-Sánchez, J., Angarita-Dávila, L (2024). Efectos del entrenamiento Interválico de Alta Intensidad sobre la capacidad aeróbica y variabilidad del ritmo cardiaco en estudiantes universitarios. Estudio cuasiexperimental. *Journal of Sport and Health Research*, (En prensa)
- Fuentes-Barría, H., Urbano-Cerda, S., Aguilera-Eguía, R., Vera-Aguirre, V., González-Wong, C. (2022). Efectos de 4 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el balance autonómico en adultos confinados por COVID-19. *Journal of Sport and Health Research*. 14(3):503-510
- García-Flores, I., Hernández-Lepe, MA., Aburto-Corona, JA., Ortiz-Ortiz, M., Naranjo-Orellana, J., Gómez-Miranda, LM. (2023). Efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el comportamiento del sistema nervioso autónomo. *Retos*, 47, 847-852. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.91199>
- Guo, X., Su, T., Xiao, H., Xiao, R., & Xiao, Z. (2022). Using 24-h Heart Rate Variability to Investigate the Sleep Quality and Depression Symptoms of Medical Students. *Frontiers in psychiatry*, 12, 781673. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.781673>
- Guo, Z., Li, M., Cai, J., Gong, W., Liu, Y., Liu, Z. (2023). Effect of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Fat Loss and Cardiorespiratory Fitness in the Young and Middle-Aged a Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6):4741.

- <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20064741>
- Huerta Ojeda, Á., Galdames Maliqueo, S., Cataldo Guerra, M., Barahona Fuentes, G., Rozas Villanueva, T., Cáceres Serrano, P. (2017). Efectos de un entrenamiento intervalado de alta intensidad en la capacidad aeróbica de adolescentes. *Revista Médica de Chile*, 145(8): 972-979. <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017000800972>
- Jamnick, N. A., Pettitt, R. W., Granata, C., Pyne, D. B., & Bishop, D. J. (2020). An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1729–1756. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01322-8>
- Junqueira, D. R., Zorzela, L., Golder, S., Loke, Y., Gagnier, J. J., Julious, S. A., Li, T., Mayo-Wilson, E., Pham, B., Phillips, R., Santaguida, P., Scherer, R. W., Gøtzsche, P. C., Moher, D., Ioannidis, J. P. A., Vohra, S., & CONSORT Harms Group (2023). CONSORT Harms 2022 statement, explanation, and elaboration: updated guideline for the reporting of harms in randomised trials. *BMJ (Clinical research ed.)*, 381, e073725. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-073725>
- Kaufmann, S., Gronwald, T., Herold, F., and Hoos, O. (2023). Heart rate variability-derived thresholds for exercise intensity prescription in endurance sports: a systematic review of interrelations and agreement with different ventilatory and blood lactate thresholds. *Sports Medicine Open*, 9, 59. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00607-2>
- Lu, Y., Wiltshire, H. D., Baker, J. S., Wang, Q., & Ying, S. (2023). The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Frontiers in physiology*, 14, 1095315. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1095315>
- Manresa-Rocamora, A., Flatt, A. A., Casanova-Lizón, A., Ballester-Ferrer, J. A., Sarabia, J. M., Vera-García, F. J., et al. (2021). Heart rate-based indices to detect parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(6):1164-1182 <https://doi.org/10.1111/sms.13932>
- Medina Corrales, M., Garrido Esquivel, A., Flores Cruz, M., Miranda Mendoza, F J., García Dávila, MZ., Hernández Cruz, G., Naranjo Orellana, J (2021). Utilidad de la RMSSD-Slope para cuantificación de carga interna de entrenamiento en jugadores élite de bádminton. Estudio de caso. *Retos*, 40, 60-66. <https://doi.org/10.47197/retos.v1i40.78348>
- Mina-Paz Y, Santana-García VN, Tafur-Tascon LJ, Cabrera-Hernández MA, Pliego-Carrillo AC, Reyes-Lagos JJ. (2022) .Analysis of Short-Term Heart Rate Asymmetry in High-Performance Athletes and Non-Athletes. *Symmetry*, 14(6):1229. <https://doi.org/10.3390/sym14061229>
- Nieto-Jiménez, C., Bertoglia-Ghiolino, C., Soto-Voisier, E., Morales-Rodríguez, I., Sepúlveda-Catalán, F., Quintiliano-Scarpell, D., Ruso-Álvarez, JF. (2020). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de carga interna en mujeres no deportistas: estudio piloto. *Archivos de Medicina del Deporte*, 37(4):234-238
- Nieto, C., & Ruso Álvarez, J. (2019). La recuperación parasimpática tras el esfuerzo como medida de carga de trabajo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(6):356-359
- Nuutila, O. P., Korhonen, E., Laukkanen, J., & Kyröläinen, H. (2021). Validity of the Wrist-Worn Polar Vantage V2 to Measure Heart Rate and Heart Rate Variability at Rest. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(1), 137. <https://doi.org/10.3390/s22010137>
- Pacheco, L. S., Blanco, E., Burrows, R., Correa-Burrows, P., Santos, J. L., & Gahagan, S. (2021). Eating behavior and body composition in Chilean young adults. *Appetite*, 156, 104857. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104857>
- Perkins, S. E., Jelinek, H. F., Al-Aubaidy, H. A., & de Jong, B. (2017). Immediate and long term effects of endurance and high intensity interval exercise on linear and nonlinear heart rate variability. *Journal of science and medicine in sport*, 20(3), 312–316. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.009>
- Porrás-Álvarez, J., & Bernal-Calderón, MO. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: evaluación del entrenamiento deportivo. *Revisión de tema. Duazary*, 16(2), 259 – 269. <https://doi.org/10.21676/2389783X.2750>
- Ravé, G., Zouhal, H., Boullousa, D., Doyle-Baker, P. K., Saeidi, A., Abderrahman, A. B., & Fortrat, J. O. (2020). Heart Rate Variability is Correlated with Perceived Physical Fitness in Elite Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 72, 141–150. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0103>
- Sempere-Ruiz, N., Sarabia, J. M., Baladzaeva, S., & Moya-Ramón, M. (2024). Reliability and validity of a non-linear index of heart rate variability to determine intensity thresholds. *Frontiers in physiology*, 15, 1329360. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1329360>
- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R., & Gronwald, T. (2022). Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(17), 6536 <https://dx.doi.org/10.3390/s22176536>
- Serón P, Muñoz S, & Lanás F. (2010). Nivel de actividad física medida a través del cuestionario internacional de actividad física en población Chilena. *Revista médica de Chile*, 138(10), 1232-1239. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872010001100004>
- Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C., Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PLoS One*, 14(1):e0210644.

<https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0210644>
Urbano-Cerda S, Fuentes-Barría H, Vera-Aguirre V, González-Wong C, Aguilera-Eguía R. (2021) Variabilidad del ritmo cardíaco e índices antropométricos en hombres universitarios de Santiago de Chile. *Universidad y Salud*, 23(3):284-290.
<https://doi.org/10.22267/rus.212303.242>
World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*:

Journal of the American Medical Association, 310(20), 2191–94.
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
Yoo, H. H., Yune, S. J., Im, S. J., Kam, B. S., & Lee, S. Y. (2021). Heart Rate Variability-Measured Stress and Academic Achievement in Medical Students. *Medical principles and practice: international journal of the Kuwait University, Health Science Centre*, 30(2), 193–200.
<https://doi.org/10.1159/000513781>

Datos de los autores:

Héctor Fuentes-Barría
Raúl Aguilera-Eguía
Georgiy Polevoy

hectorfuentesbarria@gmail.com
kine.rae@gmail.com
g.g.polevoy@gmail.com

Autor/a
Autor/a
Autor/a