Apunts Med Esport. 2015;**50(185)**:29-34

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org

ORIGINAL

Efecto del entrenamiento de resistencia continuo e intermitente sobre el balance autónomo, la valoración del esfuerzo percibido y los niveles de lactato en sangre en sujetos sanos

Hugo Cerda-Kohler[a,*], Yolanda Pullin[b] y Jorge Cancino-López[c]

[a] *Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad Mayor, Santiago, Chile*
[b] *Facultad de Medicina, Universidad Rafael Landivar, Ciudad de Guatemala, Guatemala*
[c] *Laboratorio de Fisiología Clínica y Función Pulmonar, Facultad de Medicina, Escuela de Kinesiología, Universidad Mayor, Santiago, Chile*

Recibido el 14 de febrero de 2014; aceptado el 22 de septiembre de 2014

PALABRAS CLAVE
Balance autónomo;
Lactato en sangre;
Percepción subjetiva del esfuerzo;
Ejercicio intermitente

Resumen
Objetivo: La finalidad de este estudio fue determinar los cambios en el balance autónomo, la valoración del esfuerzo percibido (VEP) y el lactato en sangre, tras un protocolo de ejercicio aeróbico continuo y uno intermitente.
Métodos: En el estudio participaron 7 varones activos y sanos (33 ± 5,1 años). Cada sujeto realizó 2 protocolos de ejercicios: a) un entrenamiento continuo al 110% del umbral del lactato (CONT); el protocolo CONT consistió en una carrera continua, siendo la distancia cubierta en metros igual a la distancia de la sesión intermitente, y b) un entrenamiento intermitente al 100% de la velocidad pico en cinta (INTT). El protocolo consistió en 30 min de carrera de 15 s, intercalados con 15 s de descanso pasivo. El balance autónomo se evaluó mediante la ratio LF/HF antes de comenzar los ejercicios, inmediatamente después de finalizar los mismos, y a las 24 h de su finalización; la VEP se evaluó cada 5 min en cada protocolo de ejercicios, y el lactato en sangre se midió inmediatamente después de ambos protocolos. El nivel alfa se estableció en $p \leq 0,05$.
Resultados: El balance autónomo no reflejó diferencias significativas entre ambos protocolos ($p = 0,60$). La VEP durante el ejercicio INTT fue considerablemente superior al ejercicio CONT ($p = 0,01$). Los niveles de lactato en sangre no reflejaron diferencias significativas ($p = 0,68$). Los parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo (RR medio y pNN50) no reflejaron diferencias estadísticas entre ambos protocolos, con mediciones previas y a las 24 h del ejercicio ($p = 0,24$ y $p = 0,61$, respectivamente).
Conclusiones: Los datos sugieren que el entrenamiento intermitente se percibe más intenso que el continuo, aunque ambos protocolos reflejaron cargas internas similares en cuanto a balance autónomo y niveles de lactato en sangre.
© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: hugorck@gmail.com (H. Cerda-Kohler).

1886-6581/$ - see front matter © 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

KEYWORDS
Autonomic balance;
Blood lactate;
Rating of perceived exertion;
Intermittent exercise

Effects of continuous and intermittent endurance exercise in autonomic balance, rating perceived exertion and blood lactate levels in healthy subjects

Abstract
Purpose: The aim of this study was to determinate the changes in the Autonomic Balance, Rating Perceived Exertion (RPE) and blood lactate after continuous versus intermittent exercise protocols.
Methods: Seven active and healthy male (33 ± 5.1 years) participated in the study. Each subject performed two exercise protocols: (i) a continuous exercise at 110% of the lactate threshold (CONT); the CONT protocol consisted in continuous running, and the distance covered was the same in meters as it was in the intermittent session, and (ii) an intermittent exercise at 100% of the Peak Treadmill Velocity (INTT). The protocol consisted of 30 min of 15 s running, interspersed with 15 s of passive rest. Autonomic balance was assessed through the LF/HF ratio, before beginning the exercises, immediately finishing the exercises and 24 h post-exercise; RPE was evaluated every 5 min in each exercise protocol; and blood lactate was measured immediately after both protocols. Alpha level was set at $P \leq .05$.
Results: Autonomic balance did not show significant differences between protocols ($P = .60$). RPE during INTT exercise was significantly higher than CONT exercise ($P = .01$). Blood lactate levels after exercise did not show significant differences ($P = .68$). Heart rate variability parameters in the time domain (mean RR and pNN50) show no statistical differences between both protocols pre and 24 h post exercise ($P = .24$ and $P = .61$, respectively).
Conclusions: The data suggest that intermittent exercise is perceived more intense than continuous, although both protocols showed similar internal loads in autonomic balance and blood lactate levels.
© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La recuperación después del esfuerzo, es decir, el retorno a la homeostasis del cuerpo después del entrenamiento, es importante para obtener la adaptación al entrenamiento y su control puede proporcionar datos útiles para la individualización de las cargas de entrenamiento[1]. La valoración del esfuerzo percibido (VEP) permite controlar la intensidad del entrenamiento[2], siendo una herramienta accesible para el control del entrenamiento. Desde un punto de vista metabólico, el lactato en sangre (producción vs eliminación) se puede utilizar para evaluar la actividad glucolítica y para ayudar a determinar la intensidad del ejercicio de entrenamiento[3]. El análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco (VRC) es una medición no invasiva del control cardíaco del sistema nervioso autónomo[4,5], y puede ser utilizada como herramienta de supervisión y control de las cargas de entrenamiento[1]. La frecuencia y el dominio del tiempo son la evaluación más utilizada para el análisis de la VRC en diferentes condiciones fisiológicas[5,6]. La ratio LF/HF puede ser utilizada como una medida de balance autónomo[1,5,7]. Se ha informado que los índices de VRC son modificados por la práctica de ejercicio a diferentes intensidades[8], siendo el entrenamiento de resistencia continuo a intensidades bajas y moderadas el tipo de esfuerzo relacionado con la VRC más estudiado[9,10].

Aunque sistemáticamente se ha propuesto el ejercicio de baja a moderada intensidad (próxima a la intensidad UL) para modular la actividad vagal[9,10], para obtener una adaptación completa del sistema cardiovascular y de la actividad vagal se debe realizar una combinación de ejercicio aeróbico de intensidad moderada y alta[11,12]. Estudios recientes han demostrado que el ejercicio intermitente puede tener un papel importante en la consecución de estos objetivos[13-15], sin embargo, estas adaptaciones son a la vez fundamentalmente efectos agudos o periféricos y poco se sabe sobre la VRC, la VEP y las respuestas del lactato al ejercicio intermitente. El objetivo de este estudio es analizar la respuesta de los niveles de balance autónomo, VEP y lactato en sangre en el entrenamiento continuo al 110% del umbral de lactato (UL), y el entrenamiento intermitente al 100% de la velocidad pico en cinta (VPC) en sujetos sanos.

Materiales y métodos

Sujetos

Siete sujetos masculinos activos con las características antropométricas que se muestran en la tabla 1 fueron reclutados en un centro deportivo privado y voluntariamente aceptaron participar en este estudio experimental y transversal. Los sujetos estaban sanos y no sujetos a tratamiento médico en el momento de la valoración. Los criterios de inclusión fueron que los sujetos entrenaran con una intensidad de moderada a alta, al menos 3 veces por semana, como mínimo durante los 2 últimos años, independientemente de la disciplina practicada, y que no tuvieran lesiones muscu-

Tabla 1 Características descriptivas de los sujetos. Los datos se expresan como mediana ± DE

Edad (años)	33 ± 5,13
Altura (m)	1,74 ± 0,05
Masa corporal (kg)	82,1 ± 3,8
Índice de masa corporal (kg/m^2)	27,1 ± 0,9
Pico de velocidad en cinta (km/h)	15,4 ± 1,4
Volumen de ejercicio continuo (m)	3.857 ± 349
Volumen de ejercicio intermitente (m)	3.857 ± 349
Volumen de ejercicio continuo (min)	24,53 ± 2,4
Volumen de ejercicio intermitente (min)	30 ± 0
Ejercicio de intensidad continua (%RFC)	71,4 ± 9,3
Ejercicio de intensidad intermitente (%RFC)	73,4 ± 5,9

RFC: reserva de frecuencia cardíaca.

loesqueléticas en el momento de las sesiones de test y de los ejercicios de entrenamiento.

Se informó a los sujetos que debían estar en ayunas al menos las 3 h previas a las sesiones de test y prueba de esfuerzo, restringir la ingesta de bebidas con cafeína o alcohol y no entrenar las 24 h previas a la prueba de esfuerzo.

Los participantes fueron informados del objetivo del estudio, de los procedimientos experimentales implicados y de los riesgos potenciales involucrados antes de obtener el consentimiento por escrito. Los participantes fueron considerados sanos en base a sus respuestas a un cuestionario médico rutinario. El estudio se ajustaba a las normas para el uso de investigación con sujetos humanos, tal como indica la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental

Determinación de la velocidad pico de la cinta

Después de 10 min de calentamiento a 8 km h^{-1} los sujetos realizaron un test incremental a una velocidad inicial de 7 km h^{-1} y una inclinación del 0%. La velocidad de la cinta se incrementó cada minuto en 1 km h^{-1} hasta el agotamiento[16]. La velocidad pico de la cinta (VPC) se define como la velocidad final alcanzada y mantenida durante un minuto en la prueba incremental máxima, que se asocia con VO_{2max}[17] y significativamente correlacionada con la velocidad aeróbica máxima (vVO_{2max}) (r = 0,90)[18]. La determinación del umbral de lactato (UL) se llevó a cabo a través de la VRC, siguiendo los criterios utilizados por Sales et al.[19]. En resumen, durante el ejercicio de intensidad baja a moderada el aumento de la frecuencia cardíaca se controla principalmente por la recesión del sistema nervioso parasimpático (SNP), pero a intensidades más altas hay una reducción concomitante de la modulación parasimpática con un aumento de la actividad simpática. Los intervalos RR fueron analizados por el dominio del tiempo a través de la raíz cuadrada de las diferencias sucesivas de la mediana al cuadrado, entre los intervalos adyacentes de la RR (rMSSD) que se relacionan con la actividad parasimpática[20]. Para determinar el umbral del lactato se adoptó un punto más bajo de 3 milisegundos (ms) en los índices de actividad vagal (rMSSD) representada frente a la carga de entrenamiento absoluto.

La VPC y la UL se utilizaron para determinar la intensidad del ejercicio. Todos los sujetos completaron 2 sesiones de entrenamiento siguiendo un orden aleatorio.

Entrenamiento intermitente (INTT) al 100% de la VPC

Tras un calentamiento de 8 min a 8 km h^{-1}, seguido de un circuito de estiramientos de 5 min, los sujetos realizaron una sesión intermitente, que consistió en 30 min al 100% de VPC obtenida en el test incremental con un protocolo de 15 s de trabajo, intercalados con 15 s de descanso pasivo.

Entrenamiento continuo (CONT) al 110% de UL

Tras un calentamiento de 8 min a 8 km h^{-1}, seguido de un circuito de estiramientos de 5 min, los sujetos realizaron una sesión continua, que consistió en una carrera continua al 110% de UL obtenido en el test incremental, y la distancia recorrida en metros fue la misma que la de la sesión INTT.

Instrumentos de recolección de datos

Variabilidad del ritmo cardíaco

Los sujetos fueron remitidos al laboratorio durante la mañana y todas las mediciones se realizaron entre las 8.00 y las 11.00 am.

Simultáneamente se registraron intervalos R-R durante un período de reposo en posición supina de 10 min, con un monitor de ritmo cardíaco Polar RS800CX (Polar Electro OY, Kempele, Finlandia), que había sido validado en estudios anteriores[21].

Se obtuvieron medidas de R-R antes, inmediatamente después y a las 24 h posteriores a la sesión de entrenamiento. Los datos fueron remuestreados en 4 Hz y con un método de primer orden *(Detrended Functional Analysis)* para su posterior análisis con el Software Kubios HRV 2.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finlandia). El análisis espectral se realizó con Fast Fourier Transform (FFT) para cuantificar la densidad espectral de potencia de la baja frecuencia (LF; 0,04-0,15 Hz), y las bandas de alta frecuencia (HF; 0,15-0,40 Hz). Se incluyeron cálculos adicionales de la ratio LF/HF para cuantificar el balance autónomo.

Determinación del lactato en sangre

Los valores de lactato de sangre se obtuvieron con una muestra de sangre capilar mediante una punzada en el dedo, inmediatamente después de cada protocolo de ejercicio, como se ha descrito previamente[22]. Las muestras fueron analizadas inmediatamente para la completa concentración de lactato en sangre (mmol/l) utilizando el analizador de lactato estándar enzimático Accutren (Roche, Mannheim, Alemania).

Valoración del esfuerzo percibido

La VEP fue cuantificada cada 5 min con la escala de Borg[23] (CR 10) hasta finalizar la sesión. En cada sesión de entrenamiento los sujetos tuvieron una representación visual de la escala de Borg para controlar la intensidad percibida.

Datos estadísticos

Todos los datos se expresan como mediana ± DE. Como el tamaño de la muestra era pequeño, los análisis estadísticos

se realizaron con pruebas no paramétricas. Las diferencias entre los valores basales y postejercicio se determinaron utilizando el test apareado de Wilcoxon, el test de Friedman y postanálisis con el test de comparaciones múltiples de Dunn. El nivel alfa se fijó en $p < 0,05$. Los datos fueron analizados con el software GraphPad Prism versión 5.0a (GraphPad Software, La Jolla, CA, EE. UU.).

Resultados

Los datos antropométricos de los sujetos implicados en el presente estudio y las características de los ejercicios realizados se presentan en la tabla 1. Los efectos del ejercicio sobre la variabilidad del ritmo cardíaco se muestran en la tabla 2 y no muestran diferencias estadísticas entre ambos protocolos de ejercicio.

Los cambios en el balance autónomo se muestran en la figura 1. La figura 1A muestra diferencias significativas en la ratio LF/HF entre el preejercicio y el inmediatamente post en ambos protocolos (P-CONT: 2,1 ± 0,6; PT-CONT: 9 ± 3; P-INTT: 1,6 ± 0,9; PT-INTT: 7,5 ± 2; p = 0,0001). La figura 1B compara el balance autónomo entre sesiones pre y post a las 24 h de ejercicio. Los valores del balance autónomo post 24 h entre ambas sesiones reflejadas en la ratio LF/HF fueron 1,6 ± 0,7 y 2,0 ± 0,8 (CONT e INTT, respectivamente). No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambas condiciones (p = 0,60).

La tabla 3 muestra la comparación de los valores del lactato en sangre (inmediatamente postejercicio) y VEP entre los protocolos de ejercicio. La VEP durante el ejercicio INTT fue significativamente mayor que en el ejercicio CONT (p = 0,01).

Discusión

Nuestro estudio comparó los efectos de 2 protocolos de ejercicio en balance autónomo, VEP y lactato en sangre en sujetos sanos de sexo masculino. Aunque ambas sesiones de entrenamiento tuvieron diferentes cargas externas (intensidad), las cargas internas solo muestran diferencias en VEP cuando el volumen es equivalente en ambas sesiones.

En relación con el balance autónomo agudo, Parekh y Lee[8] investigaron la respuesta aguda al balance autónomo, que compararon con el ejercicio aeróbico a 2 intensidades diferentes (50 y 80% de VO_2 reserva) tomando los datos a los 30 min siguientes de finalizar el ejercicio. Sus resultados confirmaron su hipótesis que un ejercicio de intensidad más elevada se asoció a un mayor cambio postejercicio en balance autónomo mostrando un predominio simpático. Nuestros datos muestran que la respuesta aguda al ejercicio es muy similar entre los 2 protocolos. No observamos diferencias significativas en el balance autónomo agudo postejercicio ($p \geq 0,99$; LF/HF = 6,9 ± 3 y 7,5 ± 2), entre continua e intermitente, respectivamente, aunque la sesión intermitente fue percibida como más intensa que la sesión continua.

A diferencia de Parekh y Lee[8] y en relación con la respuesta cardiorrespiratoria, en nuestra investigación se llevó a cabo el ejercicio continuo a un promedio del 63% de la VPC, y el ejercicio intermitente al 100% de la VPC, lo que debería mostrar una mayor modulación de balance autónomo por el SNS, cuando el ejercicio intermitente se llevó a cabo a una intensidad significativamente mayor. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas, lo que podría deberse a que la reserva de frecuencia cardíaca (RFC) media no mostró diferencias significativas (la mediana y la desviación estándar de %RFC entre el ejercicio continuo e intermitente fueron 71 ± 9 y 73 ± 5, respectivamente, p = 0,41), por lo que la intensidad relativa desde este punto de vista fue muy similar. Esto podría justificarse por el hecho de que las sesiones intermitentes tienen períodos de descanso intercalados entre cada intervalo de carga de entrenamiento, lo que supone mayor tiempo hasta el agotamiento al realizar el mismo ejercicio continuamente, que puede ser mantenido entre 2,5 y 10 min[24].

En cuanto a los niveles de lactato en sangre al final de las 2 sesiones, no mostraron diferencias estadísticamente significativas (p = 0,68) (los valores medios entre lactato continuo y lactato intermitente al final de la sesión fueron 5,5 mmol/l ± 1,1 y 6,0 mmol/l ± 1,2, respectivamente). Demarie et al.[24] compararon la sesión de ejercicio intermitente realizado en 30 s al 100% de vVO_{2max} y una pausa activa al 50% del vVO_{2max}, resultando en valores medios de lactato de 7,4 mmol/l y un ejercicio continuo realizado al 90% de vVO_{2max} hasta el agotamiento, en que el lactato mostró un promedio de 8,0 mmol/l. En nuestra investigación la mediana de entrenamiento intermitente del lactato fue menor (6,0 ± 1 mmol/l). Es importante aclarar que Demarie et al.[24] utilizaron un intervalo más largo en vVO_{2max} (30 s) comparado con nuestro protocolo (15 s en VPC), y que también utilizaron una pausa activa al 50% del vVO_{2max} (30 s), mientras que nosotros utilizamos un descanso pasivo (15 s).

El descanso pasivo permitiría una mayor recuperación del oxígeno disponible en la hemoglobina y la mioglobina, y la resíntesis de fosfocreatina[25]. Datos más recientes presentados por Okuno et al.[26] compararon a 10 estudiantes sanos en una sesión continua y una intermitente, mientras realizaban protocolos en cicloergómetro intermitentes a 2 intensidades diferentes con 30 s de ejercicio y 30 s de pausa pasiva, una a la potencia crítica (PC: salida de potencia en el

Tabla 2 Efectos del ejercicio sobre la variabilidad del ritmo cardíaco. Los datos se muestran como mediana ± DE

	P-CONT	PT24-CONT	P-INTT	PT24-INTT	p
Mediana RR	947 ± 150	1.007 ± 108	976 ± 95	959 ± 74	0,24
pNN50	10 ± 9	9 ± 5	10 ± 11	12 ± 11	0,61
Ratio LF/HF	2 ± 0,6	1,9 ± 0,8	1,9 ± 1	3 ± 2	0,60

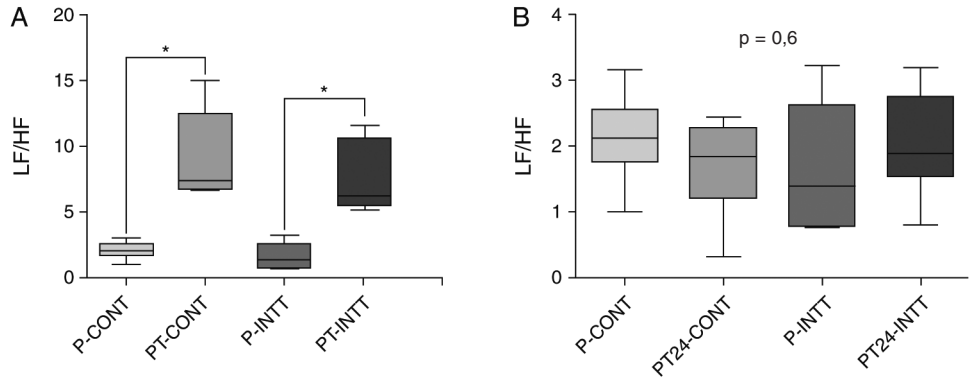

Figura 1 Comparación entre el balance autónomo pre e inmediatamente post ejercicio (A) y entre pre y 24 h post ejercicio (B). LF/HF: baja frecuencia/alta frecuencia; P-CONT: pre continuo; P-INTT: pre intermitente; PT-CONT: post continuo; PT-INTT: post intermitente; PT24-CONT: post 24 h continuo; PT24-INTT: post 24 h intermitente. Diagrama de caja: eje superior (P_{75}); eje inferior (P_{25}); eje interior, mediana (P_{50}). Bigotes: valor mínimo y máximo.
* $p < 0,05$.

umbral de lactato) y el otro a la intensidad máxima del lactato en estado estacionario (MLEE), obteniendo medianas de lactato de 6,9 y 5,1 mmol/l, respectivamente. Nuestros resultados muestran que los niveles de lactato en sangre en el ejercicio intermitente fueron 6,0 ± 1 mmol/l, siendo menor en comparación con el ejercicio en PC, pero mayor que el MLEE. Esto podría ser interpretado de manera que la intensidad utilizada en nuestra investigación permite una mayor activación de las fibras rápidas, estimulando más el metabolismo glucolítico, contribuyendo así al aumento de la producción de lactato.

En cuanto a la VEP, y en el mismo estudio dirigido por Okuno et al.[26], observaron el índice de esfuerzo percibido entre ambos protocolos de la escala de Borg de 20 puntos. Sus resultados mostraron que el promedio fue de 17,1 (muy difícil) y 15,7 (difícil), PC y MLEE, respectivamente. Al comparar la sesión INTT de nuestro estudio con el protocolo de mayor intensidad de Okuno (PC), se puede observar que la VEP se sentía menos intensa en nuestra investigación (muy difícil vs difícil en la escala de Borg, Okuno et al.[26] y nuestro estudio, respectivamente).

Finalmente, los valores de balance autónomo post 24 h, reflejados en la ratio LF/HF, han sido documentados. Hynynen et al.[27] propusieron que los valores normales en reposo de la ratio LF/HF está entre 1 y 2, siendo los valores mayores que 2 los que muestran que el balance autónomo está modulado principalmente por el SNS, y si es inferior a 1, que es modulado principalmente por el SNP. Pober et al.[10] mostraron que una sesión de ejercicio continuo de 1 h al 65% del pico de VO_2 podría modular la AB hacia SNP post 24 h, lo que es comparable con nuestra investigación en la sesión de ejercicio continuo. En nuestro estudio la intensidad fue similar (63% de la RFC), la longitud de la misma fue menor (media: 24,53 ± 2 min), y tuvo un valor de mediana de 1,9 en la ratio LF/HF post 24 h, mostrando una modulación hacia SNP en el 57% de los casos, pero sin diferencias significativas entre pre y 24 h post ejercicio ($p \geq 0,99$). Mourot et al.[28] compararon los efectos a corto y largo plazo de la VRC entre la sesión de entrenamiento continuo e interválico. Un parámetro que se consideró fue la ratio LF/HF, y se hizo la comparación de inmediato, 1 h, 24 h y 48 h posteriores a la sesión de entrenamiento. Compararon una sesión de ejercicio continuo al 100% del umbral ventilatorio 2 (LV2), y el entrenamiento interválico con 1 min de ejercicio al 100% de la potencia aeróbica máxima (PAM) intercalados con 4 min de descanso activo al 100% de LV2. Encontraron diferencias significativas entre el ejercicio pre y el inmediatamente post en ambos protocolos, pero no hubo diferencias significativas en las 24 y 48 h post en la ratio LF/HF, en comparación con los valores basales. Los valores basales de la ratio LF/HF fueron 1,0 y 1,2 en los grupos interválico y continuo, respectivamente, y en la sesión de 24 h post ejercicio fueron de 3,4 y 1,9, respectivamente. Estos resultados son muy similares a los nuestros, aunque el ejercicio interválico difiere tanto en la carga de entrenamiento como en los períodos de descanso. Nuestros datos muestran que la ratio LF/HF en el ejercicio intermitente tenía un valor medio de 2,1 a las 24 h postejercicio, comparado con el ejercicio continuo, que tuvo un valor medio de 1,7 ($p \geq 0,99$), no mostrando diferencias significativas en el balance autónomo post 24 h entre los 2 protocolos de ejercicio, resultados que también son consistentes con los hallados por James et al.[29].

Estos resultados deben ser interpretados con cautela, porque el tamaño de la muestra experimental era pequeño.

Tabla 3 Valor del lactato en sangre y escala de esfuerzo percibido entre ambos protocolos de ejercicio. Los datos se muestran como mediana ± DE

	INTT	CONT	p
Lactato en sangre	6 ± 1	5,5 ± 1	0,68
VEP	7 ± 0,7	6,1 ± 0,5	0,01*

Conclusiones

Nuestros resultados sugieren que el ejercicio intermitente se percibe más intenso que el continuo, aunque ambos pro-

tocolos mostraron cargas internas similares en los niveles de balance autónomo y de lactato en sangre. La cinética del balance autónomo es similar en ambos protocolos, de inmediato y 24 h después del ejercicio, y podría ser utilizada como una herramienta sencilla y no invasiva para el seguimiento de la carga de entrenamiento en ejercicio aeróbico intermitente. Las cargas internas solo muestran diferencias en VEP cuando el volumen es equivalente en ambas sesiones, lo que sugiere que la modulación depende de otros factores distintos a la intensidad del ejercicio.

Se precisan más investigaciones para confirmar y complementar estas conclusiones, que podrían incorporar diferentes tipos de análisis de la VRC, como el análisis tiempo-frecuencia para la determinación de umbrales, así como la incorporación de otras variables, tales como la recuperación de la frecuencia cardíaca y su relación con la VRC.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a los participantes su valiosa colaboración.

Bibliografía

1. Makivić B, Djordjević Nikić MWM. Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. J Exerc Physiol. 2013;16:103-31.
2. Doherty M, Smith PM, Hughes MG, Collins D. Rating of perceived exertion during high-intensity treadmill running. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:1953-8.
3. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. Sports Med. 1996;22:157-75.
4. Camm A, Malik M. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Eur Heart J. 1996;17: 354-81.
5. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. Sports Med. 2003;33:889-919.
6. Boettger S, Puta C, Yeragani VK, Donath L, Müller HJ, Gabriel HH, et al. Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2010;42: 443-8.
7. Nunan D, Sandercock GRH, Brodie DA. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. Pacing Clin Electrophysiol. 2010;33: 1407-17.
8. Parekh A, Lee CM. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. Med Sci Sport Exerc. 2005;37: 599-605.
9. Piotrowicz E, Baranowski R, Piotrowska M, Zieliński T, Piotrowicz R. Variable effects of physical training of heart rate variability, heart rate recovery, and heart rate turbulence in chronic heart failure. Pacing Clin Electrophysiol. 2009;32 Suppl. 1: S113-5.
10. Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. Med Sci Sports Exerc. 2004;36:1140-8.
11. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc. 2011;43:1334-59.
12. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2013;128:873-934.
13. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J Physiol. 2012;590:1077-84.
14. Gibala M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. Appl Physiol Nutr Metab. 2009;34:428-32.
15. Henríquez OC, Báez SME, von Oetinger A, Cañas JR, Ramírez CR. Autonomic control of heart rate after exercise in trained wrestlers. Biol Sport. 2013;30:111-5.
16. Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre PM, Heubert R, Billat V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. Int J Sports Med. 2007;28:287-94.
17. Harling Sa, Tong RJ, Mickleborough TD. The oxygen uptake response running to exhaustion at peak treadmill speed. Med Sci Sports Exerc. 2003;35:663-8.
18. Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max}. Med Sci Sports Exerc. 1997;29:113-6.
19. Sales MM, Campbell CSG, Morais PK, Ernesto C, Soares-Caldeira LF, Russo P, et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. Diabetol Metab Syndr. 2011;3:1.
20. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2006;290:H2446-52.
21. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. Med Sci Sports Exerc. 2006;38:887-93.
22. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: How valid are they? Sport Med. 2009;39:469-90.
23. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14:377-81.
24. Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time limit and time at VO_2max' during a continuous and an intermittent run. J Sports Med Phys Fitness. 2000;40:96-102.
25. Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Performance for short intermittent runs: Active recovery vs. passive recovery. Eur J Appl Physiol. 2003;89:548-54.
26. Okuno NM, Perandini LA, Bishop D, Simões HG, Pereira G, Berthoin S, et al. Physiological and perceived exertion responses at intermittent critical power and intermittent maximal lactate steady state. J Strength Cond Res. 2011;25:2053-8.
27. Hynynen E, Uusitalo A, Konttinen N, Rusko H. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. Med Sci Sports Exerc. 2006;38:313-7.
28. Mourot L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon J-D, Regnard J. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: Comparison between constant and interval training exercises. Eur J Appl Physiol. 2004;92:508-17.
29. James DVB, Munson SC, Maldonado-Martin S, de Ste Croix MBA. Heart rate variability: Effect of exercise intensity on postexercise response. Res Q Exerc Sport. 2012;83:533-9.