



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Efecte de l'entrenament de resistència continu i intermitent sobre el balanç autònom, la valoració de l'esforç percebut i els nivells de lactat a la sang en subjectes sans

Hugo Cerda-Kohler^{a,*}, Yolanda Pullin^b i Jorge Cancino-López^c

^a Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad Mayor, Santiago, Xile

^b Facultad de Medicina, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala, Guatemala

^c Laboratorio de Fisiología Clínica y Función Pulmonar, Facultad de Medicina, Escuela de Kinesiología, Universidad Mayor, Santiago, Xile

Rebut el 14 de febrer de 2014; acceptat el 22 de setembre de 2014

PARAULES CLAU

Balanç autònom;
Lactat a la sang;
Percepció subjectiva de l'esforç;
Exercici intermitent

Resum

Objectiu: La finalitat d'aquest estudi fou determinar els canvis del balanç autònom, la valoració de l'esforç percebut (VEP) i el lactat sanguini, després d'un protocol d'exercici aeròbic continu i un d'intermitent.

Mètodes: Participaren a l'estudi 7 homes actius i sans ($33 \pm 5,1$ anys). Cada subjecte féu 2 protocols d'exercicis: a) un entrenament continu al 110% del llindar del lactat (CONT); el protocol CONT consistí en una cursa contínua, essent la distància recorreguda en metres igual a la distància de la sessió intermitent, i b) un entrenament intermitent al 100% de la velocitat pic en cinta (INTT). El protocol consistí en 30 min de cursa de 15 s, intercalats amb 15 s de descans passiu. El balanç autònom s'avaluà mitjançant la ràtio LF/HF abans de començar els exercicis, immediatament després de finalitzar-los, i 24 h després d'haver-los finalitzat; l'VEP s'avaluà cada 5 min en cada protocol d'exercicis, i el lactat a la sang es mesurà immediatament després d'ambdós protocols. El nivell alfa s'establí en $p \leq 0,05$.

Resultats: El balanç autònom no mostrà diferències significatives entre ambdós protocols ($p = 0,60$). L'VEP durant l'exercici INTT fou considerablement superior a l'exercici CONT ($p = 0,01$). Els nivells de lactat a la sang no reflectiren diferències significatives ($p = 0,68$). Els paràmetres de variabilitat de la freqüència cardíaca en el domini del temps (mitjana RR i pNN50) no reflectiren diferències estadístiques entre ambdós protocols, amb mesuraments previs i a les 24 h de l'exercici ($p = 0,24$ i $p = 0,61$, respectivament).

* Autor per a correspondència.

Correu electrònic: hugorck@gmail.com (H. Cerda-Kohler).

KEYWORDS

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

Conclusions: Les dades suggereixen que l'entrenament intermitent es percep més intens que el continu, tot i que ambdós protocols reflectiren càrregues internes similars quant a balanç autònom i nivells de lactat a la sang.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

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.

Introducció

La recuperació després de l'esforç, és a dir, el retorn a l'homeòstasi del cos després de l'entrenament, és important per assolir l'adaptació a l'entrenament, i el seu control pot proporcionar dades útils per a la individualització de les càrregues de l'entrenament¹. La valoració de l'esforç percebut (VEP) permet controlar la intensitat de l'entrenament², i és una eina accessible per al control de l'entrenament. Des del punt de vista metabòlic, el lactat a la sang (producció vs eliminació) pot ser utilitzat per avaluar l'activitat glucolítica i per ajudar a determinar la intensitat de l'exercici d'entrenament³. L'anàlisi de la variabilitat del ritme cardíac (VRC) és una mesura no invasiva del control cardíac del sistema nerviós autònom^{4,5}, i pot ser utilitzada com a eina de supervisió i control de les càrregues d'entrenament¹. La freqüència i el domini del temps són l'avaluació més utilitzada per a l'anàlisi de la VRC en diferents condicions fisiològiques^{5,6}. La ràtio LF/HF pot ser utilitzada com a mesura de balanç autònom^{1,5,7}. S'ha reportat que els índexs de la VRC són modificats per la pràctica de l'exercici a diferents intensitats⁸, i és l'entrenament de resistència continu a intensitats baixes i moderades, el tipus d'esforç relacionat amb la VRC més estudiat^{9,10}.

Tot i que sistemàticament ha estat proposat l'exercici de baixa a moderada intensitat (pròxima a la intensitat LL) per modular l'activitat vagal^{9,10}, per obtenir una adaptació completa del sistema cardiovascular i de l'activitat vagal cal realitzar una combinació d'exercici aeròbic d'intensitat moderada i alta^{11,12}. Estudis recents han demostrat que l'exercici intermitent pot tenir un paper important en la consecució d'aquests objectius¹³⁻¹⁵, tanmateix, aquestes adaptacions són alhora fonamentalment efectes aguts o perifèrics i se sap poca cosa sobre la VRC, la VEP i les respostes del lactat a l'exercici intermitent. L'objectiu d'aquest estudi és analitzar la resposta dels nivells del balanç autònom, VEP i lactat a la sang en entrenament continu al 110% del lliandar del lactat (LL), i l'entrenament intermitent al 100% de la velocitat pic a la cinta (VPC) en subjectes sans.

Materials i mètodes**Subjectes**

Set subjectes masculins actius amb les característiques antropomètriques que es mostren en la taula 1 foren reclutats

Taula 1 Característiques descriptives dels subjectes. Les dades s'expressen com a mitjana \pm SD

Edat (anys)	33 \pm 5,13
Altura (m)	1,74 \pm 0,05
Massa corporal (kg)	82,1 \pm 3,8
Índex de massa corporal (kg/m ²)	27,1 \pm 0,9
Pic de velocitat en cinta (km/h)	15,4 \pm 1,4
Volum d'exercici continu (m)	3.857 \pm 349
Volum d'exercici intermitent (m)	3.857 \pm 349
Volum d'exercici continu (min)	24,53 \pm 2,4
Volum d'exercici intermitent (min)	30 \pm 0
Exercici d'intensitat contínua (%RFC)	71,4 \pm 9,3
Exercici d'intensitat intermitent (%RFC)	73,4 \pm 5,9

RFC: reserva de la freqüència cardíaca.

en un centre esportiu privat, i voluntàriament acceptaren participar en aquest estudi experimental i transversal. Els subjectes estaven sans i no sotmesos a cap tractament mèdic en el moment de la valoració. Els criteris d'inclusió foren que els subjectes entrenessin a una intensitat de moderada a alta, almenys 3 vegades per setmana, durant els últims 2 anys, com a mínim, independentment de la disciplina practicada, i que no tinguessin lesions musculoesquelètiques en el moment de les sessions de test i dels exercicis d'entrenament.

S'informà els subjectes que havien d'estar en dejú almenys les 3 h prèvies a les sessions de test i prova d'esforç, restringir la ingesta de begudes amb cafeïna o alcohol i no entrenar les 24 h prèvies a la prova d'esforç.

Els participants foren informats de l'objectiu de l'estudi, dels procediments experimentals implicats i dels riscos potencials involucrats abans d'obtenir el consentiment per escrit. Els participants foren considerats sans en base a les respostes a un qüestionari mèdic rutinari. L'estudi s'ajustà a les normes per a l'ús d'investigació amb subjectes humans, tal com indica la Declaració d'Hèlsinki.

Disseny experimental

Determinació de la velocitat pic de la cinta

Després de 10 min d'escalfament a 8 km h⁻¹ els subjectes realitzaren un test incremental a una velocitat inicial de 7 km h⁻¹ i una inclinació del 0%. La velocitat de la cinta s'incrementà cada minut en 1 km h⁻¹ fins a l'esgotament¹⁶. La velocitat pic de la cinta (VPC) es defineix com la velocitat final assolida i mantinguda durant un minut en la prova incremental màxima, que s'associa amb VO_{2max}¹⁷ i significativament correlacionada amb la velocitat aeròbica màxima (vVO_{2max}) (r = 0,90)¹⁸. La determinació del lliandar del lactat (LL) es dugué a terme a través de la VRC, seguint els criteris utilitzats per Sales et al.¹⁹. En resum, durant l'exercici d'intensitat baixa a moderada l'augment de la freqüència cardíaca es controla principalment per la recessió del sistema nerviós parasimpàtic (SNP), però a intensitats molt altes hi ha una reducció concomitant de la modulació parasimpàtica amb un augment de l'activitat simpàtica. Els intervals RR foren analitzats pel domini del temps a través de l'arrel quadrada de les diferències successives de la mitja-

na al quadrat, entre els intervals adjacents de l'RR (rMSSD) que es relacionen amb l'activitat parasimpàtica²⁰. Per determinar el LL s'adoptà un punt més baix de 3 mil·lisegons (ms) per als índexs d'activitat vagal (rMSSD) representada enfront de la càrrega d'entrenament absolut.

La VPC i l'LL s'utilitzaren per determinar la intensitat de l'exercici. Tots els subjectes van completar 2 sessions d'entrenament seguint un ordre aleatori.

Entrenament Intermitent (INTT) al 100% de la VPC

Després d'un escalfament de 8 min a 8 km h⁻¹, seguit d'un circuit d'estiraments de 5 min, els subjectes efectuaren una sessió intermitent, que consistí en 30 min al 100% de la VPC obtinguda en el test incremental amb un protocol de 15 s de treball, intercalats amb 15 s de descans passiu.

Entrenament continu (CONT) al 110% de l'LL

Després d'un escalfament de 8 min a 8 km h⁻¹, seguit d'un circuit d'estiraments de 5 min, els subjectes efectuaren una sessió contínua, que va consistir en una cursa contínua al 110% de LL obtingut en el test incremental, i la distància recorreguda en metres fou la mateixa que la de la sessió INTT.

Instruments de recollida de dades

Variabilitat del ritme cardíac (VRC)

Els subjectes van ser enviats al laboratori al matí i tots els mesuraments es feren entre les 8.00 i les 11.00 a.m.

Simultàniament es registraren intervals R-R durant un període de repòs de 10 min en posició supina, amb un monitor de ritme cardíac Polar RS800CX (Polar Electro OY, Kempele, Finlàndia), que havia estat validat en estudis anteriors²¹.

S'obtingueren mesures d'R-R abans, immediatament després i a les 24 h següents a la sessió d'entrenament. Les dades foren remostrejades a 4 Hz i amb un mètode primer ordre (*Retrended Functional Analysis*) per a ser analitzades posteriorment amb el programari Kubios HRV 2.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finlàndia). L'anàlisi espectral es dugué a terme amb Fast Fourier Transform (FFT) per quantificar la densitat espectral de potència de la baixa freqüència (LF; 0,04-0,15 Hz) i les bandes d'alta freqüència (HF; 0,15-0,40 Hz). S'incloueren càlculs addicionals de la ràtio LF/HF per quantificar el balanç autònom.

Determinació del lactat a la sang

Els valors del lactat a la sang s'obtingueren amb una mostra de sang capil·lar amb una punxada al dit, immediatament després de cada protocol d'exercici, com ha estat descrit prèviament²². Les mostres foren analitzades immediatament per a la total concentració de lactat a la sang (mmol/l), utilitzant l'analitzador de lactat estàndard enzimàtic Accutren (Roche, Mannheim, Alemanya).

Valoració de l'esforç percebut (VEP)

La VEP fou quantificada cada 5 min amb l'escala de Borg²³ (CR 10) fins a finalitzar la sessió. A cada sessió d'entrenament els subjectes tingueren una representació visual de l'escala de Borg per controlar la intensitat percebuda.

Dades estadístiques

Totes les dades s'expressen com a mitjana \pm DE. Com que la grandària de la mostra era petita, les anàlisis estadístiques es realitzaren amb proves no paramètriques. Les diferències entre els valors basals i postexercici es van determinar amb el test aparellat de Wilcoxon, el test de Friedman i postanàlisi amb el test de comparacions múltiples de Dunn. El nivell alfa fou fixat en $p < 0,05$. Les dades foren analitzades amb el programari GraphPad Prism versió 5.0a (GraphPad Software, La Jolla, CA, EUA).

Resultats

Les dades antropomètriques dels subjectes implicats en aquest estudi i les característiques dels exercicis executats es presenten a la taula 1. Els efectes de l'exercici sobre la variabilitat del ritme cardíac es mostren a la taula 2 i no mostren diferències estadístiques entre ambdós protocols d'exercici.

Els canvis del balanç autònom es mostren a la figura 1. La figura 1A mostra diferències significatives en la ràtio LF/HF entre preexercici i l'immediatament post en ambdós protocols (P-CONT: $2,1 \pm 0,6$; PT-CONT: 9 ± 3 ; P-INNT: $1,6 \pm 0,9$; PT-INNT: $7,5 \pm 2$; $p = 0,0001$). La figura 1B compara el balanç autònom entre sessions pre i post a les 24 h d'exercici. Els valors del balanç autònom post 24 h entre ambdues sessions reflectides en la ràtio LF/HF foren $1,6 \pm 0,7$ i $2,0 \pm 0,8$ (CONT i INNT, respectivament). No hi ha diferències estadísticament significatives entre ambdues condicions ($p = 0,60$).

La taula 3 mostra la comparació dels valors del lactat a la sang (immediatament postexercici) i VEP entre els protocols d'exercici. La VEP durant l'exercici INNT fou significativament major que en l'exercici CONT ($p = 0,01$).

Discussió

El nostre estudi comparà els efectes de 2 protocols d'exercici en balanç autònom, VEP i lactat a la sang en subjectes sans de sexe masculí. Malgrat que les dues sessions d'entrenament tingueren diferents càrregues externes (intensitat), les càrregues internes només mostren diferències en VEP quan el volum d'ambdues sessions és equivalent.

En relació amb el balanç autònom agut, Parekh i Lee⁸ investigaren la resposta aguda al balanç autònom que compararen amb l'exercici aeròbic a 2 intensitats diferents (50 i 80% de VO_2 reserva), prenent les dades als 30 min següents a la finalització de l'exercici. Els resultats confir-

maren la hipòtesi que un exercici d'intensitat més elevada s'associà a un major canvi postexercici en balanç autònom i mostrà un predomini simpàtic. Les nostres dades mostren que la resposta aguda a l'exercici és molt similar entre els 2 protocols. No observarem diferències significatives en el balanç autònom agut postexercici ($p \geq 0,99$; LF/HF = $6,9 \pm 3$ i $7,5 \pm 2$), entre contínua i intermitent, respectivament, tot i que la sessió intermitent fou percebuda més intensa que la sessió contínua.

A diferència de Parekh i Lee⁸ i en relació a la resposta cardiorespiratòria, a la nostra recerca l'exercici continu es dugué a terme a una mitjana del 63% de la VPC, i l'exercici intermitent al 100% de la VPC, cosa que hauria de mostrar una modulació major de balanç autònom per l'SNS, quan l'exercici intermitent es dugué a terme a una intensitat significativament major. Tanmateix, les diferències no foren significatives, cosa que podria ser deguda a que la mitjana de la reserva de la freqüència cardíaca (RFC) no mostrà diferències significatives (mitjana i desviació estàndard del %RFC entre l'exercici continu i l'intermitent foren 71 ± 9 i 73 ± 5 , respectivament, $p = 0,41$), per la qual cosa la intensitat relativa, des d'aquest punt de vista, fou molt similar. Això podria justificar-se pel fet que les sessions intermitents tenen períodes de descans intercalats entre cada interval de càrrega d'entrenament, fet que suposa més temps fins arribar a l'esgotament que en realitzar el mateix exercici de manera continuada, que pot ser mantingut entre 2,5 i 10 min²⁴.

Quant als nivells de lactat a la sang al final de les 2 sessions, que no mostraren diferències estadísticament significatives ($p = 0,68$) (els valors mitjans entre lactat continu i lactat intermitent al final de la sessió foren $5,5 \text{ mmol/l} \pm 1,1$ i $6,0 \text{ mmol/l} \pm 1,2$, respectivament). Demarie et al.²⁴ compararen la sessió d'exercici intermitent realitzat en 30 s al 100% de vVO_{2max} i una pausa activa al 50% del vVO_{2max} , resultant-ne en valors mitjans de lactat de $7,4 \text{ mmol/l}$, i un exercici continu realitzat al 90% de vVO_{2max} fins a l'esgotament, en què el lactat mostrà una mitjana de $8,0 \text{ mmol/l}$. A la nostra recerca la mitjana d'entrenament intermitent del lactat fou menor ($6,0 \pm 1 \text{ mmol/l}$). És important aclarir que Demarie et al.²⁴ utilitzaren un interval més llarg en vVO_{2max} (30 s) comparat amb el nostre protocol (15 s en VPC), i que també utilitzaren una pausa activa al 50% del vVO_{2max} (30 s), mentre que nosaltres utilitzarem un descans passiu (15 s).

El descans passiu hauria de permetre una major recuperació de l'oxigen disponible a l'hemoglobina i la mioglobina, i la resíntesi de fosfocreatina²⁵. Dades més recents presentades per Okuno et al.²⁶ compararen 10 estudiants sans en una sessió contínua i una d'intermitent, mentre executaven uns protocols en cicloergòmetre intermitents a

Taula 2 Efectes de l'exercici sobre la variabilitat del ritme cardíac. Les dades es mostren com a mitjana \pm SD

	P-CONT	PT24-CONT	P-INNT	PT24-INNT	p
Mitjana RR	947 \pm 150	1.007 \pm 108	976 \pm 95	959 \pm 74	0,24
pNN50	10 \pm 9	9 \pm 5	10 \pm 11	12 \pm 11	0,61
Ràtio LF/HF	2 \pm 0,6	1,9 \pm 0,8	1,9 \pm 1	3 \pm 2	0,60

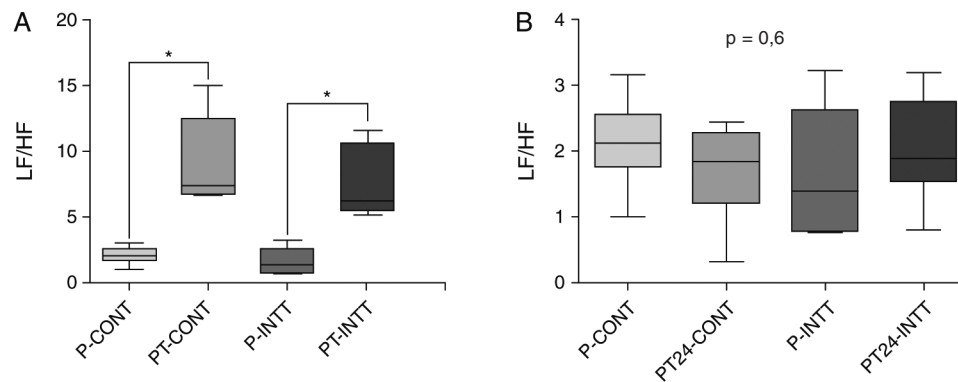


Figura 1 Comparació entre el balanç autònom pre i immediatament postexercici (A) i entre pre i 24 h postexercici (B). LF/HF: baixa freqüència/alta freqüència; P-CONT: pre continu; P-INTT: pre intermitent; PT-CONT: post continu; PT-INTT: post intermitent; PT24-CONT: post 24 h continu; PT24-INTT: post 24 h intermitent. Diagrama de caixa: eix superior (P_{75}); eix inferior (P_{25}); eix interior, mediana (P_{50}). Bigotis: valor mínim i màxim. * $p < 0,05$.

2 intensitats diferents amb 30 s d'exercici i 30 s de pausa passiva, una a la potència crítica (CP: sortida de la potència en el lllindar del lactat) i l'altra a intensitat màxima del lactat en estat estacionari (MLSS), i obtingueren mitjanes de lactat de 6,9 i 5,1 mmol/L, respectivament. Els nostres resultats mostren que els nivells de lactat a la sang en l'exercici intermitent foren $6,0 \pm 1$ mmol/L, essent menor en comparació amb l'exercici en CP, però major que l'MLSS. Això podria ser interpretat de manera que la intensitat utilitzada a la nostra recerca permet una activació major de les fibres ràpides, estímul més el metabolisme glucolític, i contribuint d'aquesta manera a l'augment de la producció de lactat.

Quant a l'VEP, i en el mateix estudi dirigit per Okuno et al.²⁶, observaren l'índex d'esforç percebut entre ambdós protocols de l'escala de Borg de 20 punts. Els resultats mostraren que la mitjana fou 17,1 (molt difícil) i 15,7 (difícil), CP i MSSL, respectivament. En comparar la sessió INTT del nostre estudi amb el protocol de major intensitat d'Okuno (CP), es pot observar que l'VEP se sentia menys intensa a la nostra recerca (molt difícil vs difícil a l'Escala de Borg, Okuno et al.²⁶ i el nostre estudi, respectivament).

Finalment, els valors del balanç autònom post 24 h, reflectits en la ràtio LF/HF, han estat documentats. Hynnen et al.²⁷ proposaren que els valors normals en repòs en la ràtio LF/HF és d'entre 1 i 2, essent els valors majors que 2 els que mostren que el balanç autònom està modulada principalment per l'SNS i si és inferior a 1 que és modulada principalment per l'SNP. Pober et al.¹⁰ mostraren que una sessió d'exercici continu d'1 h al 65% del pic de VO_2 podria

modular l'AB cap a l'SNP post 24 h, cosa comparable a la nostra recerca en la sessió d'exercici continu. En el nostre estudi la intensitat fou similar (63% de l'RFC), la longitud de la qual fou menor (mitjana: $24,53 \pm 2$ min), i tingué un valor de mitjana d'1,9 en la ràtio LF/HF post 24 h, mostrant una modulació cap a l'SNP en el 57% dels casos, però sense diferències significatives entre pre i 24 h postexercici ($p \geq 0,99$). Mourou et al.²⁸ compararen els efectes a curt i a llarg termini del VRC entre la sessió d'entrenament continu i l'interval·lic. Un paràmetre que es considerà fou la ràtio LF/HF, i es feu la comparació immediatament, 1 h, 24 h i 48 h posteriors a la sessió d'entrenament. Compararen una sessió d'exercici continu al 100% del lllindar ventilatori 2 (LV/VT2) i l'entrenament interval·lic amb 1 min d'exercici al 100% de la potència aeròbica màxima (PAM/MAP) intercalats amb 4 min de descans actiu al 100% de l'LV/VT2. Trobaren diferències significatives entre l'exercici pre i l'immediatament post en ambdós protocols, però no hi hagué diferències significatives en les 24 i 48 h post en la ràtio LF/HF, en comparació amb els valors basals. Els valors basals de la ràtio LF/HF foren 1,0 i 1,2 en els grups interval·lic i continu, respectivament, i en la sessió de 24 h postexercici foren de 3,4 i 1,9, respectivament. Aquests resultats són molt similars als nostres, tot i que l'exercici interval·lic difereix tant en la càrrega d'entrenament com en els períodes de descans. Les nostres dades mostren que la ràtio LF/HF en l'exercici intermitent tenia un valor mitjà de 2,1 a les 24 h postexercici, comparat amb l'exercici continu que tingué un valor mitjà d'1,7 ($p \geq 0,99$), i no mostrà diferències significatives en el balanç autònom post 24 h entre els 2 protocols d'exercici, resultats que també són consistents amb els trobats per James et al.²⁹.

Aquests resultats han de ser interpretats amb prudència, perquè la grandària de la mostra experimental era petita.

Taula 3 Valor del lactat a la sang i escala d'esforç percebut entre ambdós protocols d'exercici. Les dades es mostren com a mitjana \pm SD

	INTT	CONT	p
Lactat a la sang	6 ± 1	$5,5 \pm 1$	0,68
VEP	$7 \pm 0,7$	$6,1 \pm 0,5$	0,01*

Conclusions

Els nostres resultats suggereixen que l'exercici intermitent es percep més intens que el continu, tot i que ambdós pro-

tocols mostraren càrregues internes similars en els nivells de balanç autònom i de lactat a la sang. La cinètica del balanç autònom és similar en ambdós protocols, d'immediat i 24 h després de l'exercici, i podria ser utilitzada com una eina senzilla i no invasiva per al seguiment de la càrrega d'entrenament en exercici aeròbic intermitent. Les càrregues internes només mostren diferències en VEP quan el volum és equivalent en ambdues sessions, cosa que suggereix que la modulació depèn d'altres factors diferents a la intensitat de l'exercici.

Calen més investigacions per confirmar i complementar aquestes conclusions, que podrien incorporar diferents tipus d'anàlisi de la VRC, com l'anàlisi temps-freqüència per determinar-ne els límits, així com la incorporació d'altres variables com la recuperació de la freqüència cardíaca i la seva relació amb la VRC.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Agraïments

Volem agrair la valuosa col·laboració dels participants.

Bibliografia

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33:889-919.
- 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.
- 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.
- Parekh A, Lee CM. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. *Med Sci Sport Exerc.* 2005;37:599-605.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Gibala M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34:428-32.
- Henriquez 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.
- 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.
- 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.
- Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:113-6.
- 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.
- 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.
- 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.
- Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sport Med.* 2009;39:469-90.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:377-81.
- 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.
- Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Performance for short intermittent runs: Active recovery vs. passive recovery. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:548-54.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.