

Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de carga interna en mujeres no deportistas: estudio piloto

Claudio Nieto-Jiménez¹, Carla Bertoglia-Ghiglini¹, Estefanía Soto-Voisier¹, Isabel Morales-Rodríguez¹, Francisca Sepúlveda-Catalán¹, Daiana Quintiliano-Scarpell¹, José F. Ruso-Álvarez²

¹Universidad del Desarrollo, Centro integral de apoyo al deportista (CIAD). Santiago, Chile. ²Universidad Pablo de Olavide. Sevilla.

Recibido: 16/08/2019
Aceptado: 13/03/2020

Resumen

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es una herramienta no invasiva que permite evaluar la modulación simpática y parasimpática y se ha propuesto como un método válido para valorar la respuesta individual a una carga de trabajo y, por tanto, la carga de entrenamiento.

El objetivo es utilizar la RMSSD-Slope (La pendiente de la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes) para analizar la recuperación tras dos intensidades diferentes en tapiz rodante en mujeres no deportistas, como medida de carga interna (CI) y su posible relación con la carga externa (CE).

Participaron 9 mujeres sanas, físicamente activas. Se realizaron dos test, separados entre sí por 48-72 h. El primero fue una prueba máxima en tapiz rodante, en el que se determinó la velocidad aeróbica máxima (VAM). En la segunda sesión, se realizó una prueba al 80% de la VAM. En cada una de las sesiones se hizo un seguimiento la escala de Borg y de la VFC (reposo, ejercicio y recuperación) para su posterior análisis con la RMSSD-Slope.

El valor de la RMSSD-Slope en la prueba del 80% de intensidad fue de 0,97 ($\pm 0,78$), y en la Prueba Máxima fue 0,84 ($\pm 0,36$). Ambas pruebas presentan una R^2 con la escala de Borg (0,62 y 0,62) respectivamente. En el caso de la R^2 entre la CE y la RMSSD-Slope fue de 0,04 y 0,14 respectivamente.

La pendiente de recuperación de la RMSSD es una buena herramienta de valoración de CI en mujeres físicamente activas pero no deportistas.

Palabras clave:

Parasimpático.
Carga de entrenamiento.
Variabilidad de la frecuencia cardíaca.
Recuperación.

Heart rate variability as an indicator of internal load in non-athlete women: pilot study

Summary

Heart rate variability (HRV) is a non-invasive tool capable to evaluate the sympathetic and parasympathetic modulation and it has been proposed as a valid method to assess the individual response to a workload and, therefore, the training load.

The objective is to use the RMSSD-Slope (square root of the mean of the differences of the sum of the squares between adjacent RR intervals) to analyze the recovery after two different treadmill intensities in non-athletic women, as an internal training load (ITL) measure and its possible relation with the external training load (ETL) 9 healthy, physically active women participated in the study. Two tests were performed, separated from each other for 48-72h. The first was a maximum treadmill test, in which the maximal aerobic speed (MAS) was determined. In the second session, an 80% test of the MAS was carried out. In each of the sessions, Borg scale and HRV was monitored (rest, exercise and recovery) for further analysis with the RMSSD-Slope.

The RMSSD-Slope value in the 80% intensity test was 0.97 (± 0.78), and in the Maximum Test it was 0.84 (± 0.36). Both tests show an R^2 with Borg scale of 0.62 and 0.62 respectively. In the case of the R^2 between the ETL and the RMSSD-Slope it was 0.04 and 0.14 respectively.

The recovery slope of the RMSSD is a good ITL assessment tool in physically active women but not athletes.

Key words:

Parasympathetic. Training load.
Heart rate variability. Recovery.

Correspondencia: Claudio Nieto-Jiménez
E-mail: c.nieto@udd.cl

Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es una herramienta no invasiva que permite evaluar la modulación simpática y parasimpática^{1,2} y se ha propuesto como un método válido para valorar la respuesta individual a una carga de trabajo y, por tanto, la carga de entrenamiento^{3,4}. Existe un reciente interés por controlar la carga de entrenamiento en los deportistas⁵, distinguiéndose por una parte la carga administrada o carga externa (CE) y por otra, la forma en que cada sujeto asimila esa carga y responde a ella, lo que se conoce como carga interna (CI)⁶.

Una metodología utilizada para valorar la carga de entrenamiento es la medición de la VFC inmediatamente después del ejercicio para observar la forma en la que se recuperan sus valores. Sin embargo, no existe una norma clara en cuanto al tipo de carga a valorar, existiendo estudios que miden cargas de trabajo en función de los umbrales (como porcentaje de la FC_{max}) sin ajustar la intensidad a la duración en laboratorio, ya sea con una sola intensidad de ejercicio⁷ o con diferentes intensidad⁸⁻¹¹ mientras otros valoran días o semanas de entrenamiento con diferentes tipos de cargas^{3,4,11,12} o diseñadas específicamente en campo¹³. Recientemente, Ruso y colaboradores (2019) ajustaron las cargas de VT1 y VT2 para obtener la misma carga de entrenamiento y observaron que la reducción parasimpática es independiente del tipo de trabajo realizado y es inversa a la intensidad, concluyendo que la recuperación de la RMSSD sería un buen indicador para valorar la CI¹⁴.

La CI puede ser valorada con variables de VFC, existiendo trabajos que han observado cambios en la modulación simpática-parasimpática como indicadores de CI en deportes de equipo¹⁵ e individuales¹⁶. En esta línea, Naranjo *et al.*,¹⁷ han propuesto una herramienta sencilla para valorar la CI a partir de la recuperación inmediata de la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes (RMSSD) tras un esfuerzo de cualquier característica.

Hasta el momento la utilización de este índice de CI se ha limitado a poblaciones de jóvenes físicamente activos¹⁷, sin embargo, no hay aún en la literatura estudios que valoren la recuperación inmediata tras ejercicio en población general, no deportista, utilizando la herramienta propuesta por estos autores. Si bien se han descrito algunos índices⁹ no se ha impuesto el uso cotidiano en una población de mujeres activas pero no deportistas.

Por eso, el objetivo de este estudio es utilizar este instrumento de análisis post ejercicio tras dos intensidades diferentes en tapiz rodante en mujeres físicamente activas pero no deportistas, como medida de CI y su posible relación con la CE.

Material y método

En el estudio participaron 9 mujeres sanas, físicamente activas pero no deportistas y no fumadoras (edad 31,67 ± 4,00 años; masa corporal 64,82 ± 6,97 kg; talla 164,04 ± 0,03 cm; IMC: 24,10 ± 2,90).

Siguiendo las indicaciones generales de la *Task Force*¹⁸ se advirtió a todas los sujetos de que no tomaran bebidas alcohólicas y/o que contuvieran cafeína, además de abstenerse de realizar actividad física durante las 24h previas a cada test.

A cada sujeto se le realizó una consulta médica para descartar que estuvieran recibiendo tratamientos o padecieran desórdenes cardiovasculares o de cualquier otro tipo que pudieran incidir o alterar el estado del sistema nervioso autónomo. Todos los sujetos fueron informados del procedimiento a seguir y dieron su consentimiento por escrito para participar en el experimento. El Comité de Ética local aprobó el estudio, que siguió todos los principios expresados en la Declaración de Helsinki¹⁹. La duración total del experimento fue de 1 semana, realizando 2 sesiones separadas entre sí por 48-72 h, aproximadamente a la misma hora del día y manteniendo unas condiciones ambientales estables (temperatura y humedad).

En la primera sesión, cada sujeto cumplimentó un cuestionario de antecedentes y se les midió el peso y la talla. Se realizó una prueba de esfuerzo incremental y máxima en tapiz rodante (ErgoRun Medical 8, Daum Electronic; Fürth, Germany) siguiendo un protocolo escalonado con una carga inicial de 6 km/h y aumentos de 1 km/h cada 3 minutos hasta el agotamiento, con inclinación del 1%. Entre escalones sucesivos se realizó una parada de 1 min con el fin de obtener una muestra de sangre por punción en la yema del dedo para realizar mediciones de lactato en sangre capilar utilizando un medidor Lactate Pro 2 (Minneapolis, USA).

A los efectos de este estudio, una vez finalizada cada prueba se determinó la velocidad aeróbica máxima (VAM), considerando como tal la del último escalón completado hasta el límite volitivo siempre que se acompañara de una FC de al menos el 95% de la FC máxima teórica de cada sujeto y un lactato máximo superior a 8 mM/L.

En la segunda sesión, cada sujeto corrió durante 20 minutos a una velocidad del 80% de la VAM de forma constante y sin calentamiento previo.

En cada sesión se calculó la CE como el producto de la intensidad (velocidad) por el volumen (tiempo). Al expresar la velocidad en km/h y el tiempo en horas, la CE queda expresada como la distancia recorrida en kilómetros.

Mediciones de variabilidad de la frecuencia cardíaca

Se utilizó un pulsómetro Polar V800 con una banda torácica H10 HR Sensor (Polar Inc., Kempele, Finland), validado para mediciones de VFC²⁰. El pulsómetro estuvo registrando desde 10 minutos previos a la prueba hasta 15 minutos después de finalizada la misma. Todas las mediciones se hicieron en posición sentada y en un ambiente tranquilo y silencioso. Para ello, el sujeto debía sentarse inmediatamente al terminar la prueba (sin recuperación activa) para realizar la medición de la recuperación.

Todos los registros analizados fueron de cinco minutos de duración. En cada sesión se tomaron los últimos 5 minutos del registro de reposo (Rep.) y del ejercicio (Ejer.). En el caso de la recuperación las mediciones fueron realizadas del minuto 5 al 10 una vez finalizada la prueba (Rec. 10).

Las series de tiempo RR se descargaron mediante la aplicación Polar FlowSync (versión 2.6.2) para ser analizadas con el software Kubios VFC (Versión 2.1, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland). Cada registro fue examinado previamente para detectar la posible presencia de artefactos y/o latidos anómalos, procediendo en caso necesario a aplicar los filtros correspondientes.

En cada sesión de ejercicio se registró la percepción subjetiva del esfuerzo mediante la escala de Borg 1-10²¹.

La RMSSD es la variable más utilizada en la valoración de la actividad parasimpática². Siguiendo la metodología propuesta por Naranjo *et al.*,¹⁷ y aplicando el nomograma propuesto, se calculó la pendiente de recuperación de los valores de la RMSSD al minuto 10 y partiendo del valor final del ejercicio para cada una de las intensidades realizadas en el experimento (80% y prueba máxima). Los valores obtenidos en ambas pruebas se incluyeron en el nomograma para su representación gráfica.

Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de forma que todos los datos están presentados mediante la media y desviación estándar. Para determinar si existían diferencias significativas entre las variables de CE y CI se aplicó la prueba de *t*-Student pareada. En todos los casos se consideró un nivel de confianza de 95% y un valor de $p < 0,05$. Para analizar las relaciones entre las pendientes propuestas y otras variables de carga, se realizó un análisis de correlación de Pearson. Especialmente, se exploró la relación gráfica entre las pendientes de RMSSD a las dos intensidades.

Resultados

Características de las pruebas

En la Tabla 1 se muestran los datos de intensidad (velocidad), duración, CE y escala de Borg para cada una de las pruebas.

En la Tabla 2 se muestran los valores de lactato y frecuencia cardíaca en la prueba del 80%. Para la RMSSD se presentan sus valores en los últimos 5 minutos de ejercicio, tras 10 minutos de recuperación y el cálculo de la RMSSD-Slope.

En la Tabla 3 se muestran los valores de lactato y frecuencia cardíaca en la prueba máxima. Para la RMSSD se presentan sus valores en los últimos 5 minutos de ejercicios, tras 10 minutos de recuperación y el cálculo de la RMSSD-Slope.

Los valores de RMSSD-Slope para la prueba del 80% (Tabla 2) y la prueba máxima (Tabla 3) no mostraron diferencias significativas ($p = 0,52$).

En la Figura 1 se muestra la asociación gráfica entre la escala de Borg¹⁻¹⁰ y la RMSSD-Slope de la prueba del 80% (A) y con la prueba máxima (B). El valor del coeficiente de correlación de Pearson para ambas comparaciones fue de -0,76 y -0,70 respectivamente.

En la Figura 2 se muestra la asociación gráfica entre la RMSSD-Slope de la prueba del 80% y la prueba máxima. Esta asociación arroja un coeficiente de correlación de Pearson de 0,70.

Tabla 1. Características de las pruebas.

	Prueba 80%	Prueba máxima
Velocidad (km/h)	10,62 ± 1,43	13,28 ± 1,79
Tiempo (h)	0,33 ± 0,00	0,42 ± 0,08
Carga externa (km)	3,51 ± 0,47	3,53 ± 0,78
Escala de Borg (1-10)	6,56 ± 1,01	8,44 ± 0,73

Tabla 2. Datos de la prueba del 80%.

Sujeto	Prueba 80%				
	Lact.	FC	RMSSD Ejer.	RMSSD Rec.	RMSSD -Slope
1	5,5	173	2,9	32,00	2,91
2	4,7	166	4,3	11,00	0,67
3	5,7	176	4,1	10,20	0,61
4	5,6	184	4,2	11,40	0,72
5	4,9	184	4,2	13,90	0,97
6	6,6	177	2,3	4,60	0,23
7	7,8	173	3,1	9,40	0,63
8	4,9	173	4	17,00	1,30
9	5,6	162	3,1	10,08	0,70
Media	5,70	174,22	3,58	13,29	0,97
DS	0,97	7,28	0,73	7,77	0,78

Lact: lactato (Mmol); FC: frecuencia cardíaca (l/m); RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes; Ejer: Ejercicio; Rec: Recuperación; DS: Desviación estándar.

Tabla 3. Datos de la prueba máxima.

Sujeto	Prueba máxima				
	Lact.	FC	RMSSD Ejer.	RMSSD Rec.	RMSSD -Slope
1	13,5	189	4	18,04	1,40
2	15,4	187	3,47	8,55	0,51
3	12,4	183	3,56	10,88	0,73
4	9,5	182	2,59	16,36	1,38
5	11,1	187	4,72	14,32	0,96
6	12,2	181	2,86	6,77	0,39
7	8,2	175	4	9,88	0,59
8	11,4	183	4,13	13,14	0,90
9	15,6	167	4,57	11,52	0,70
Media	12,14	181,53	3,77	12,16	0,84
DS	2,47	6,77	0,72	3,66	0,36

Lact: lactato (Mmol); FC: frecuencia cardíaca (l/m); RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes; Ejer: Ejercicio; Rec: Recuperación; DS: Desviación estándar.

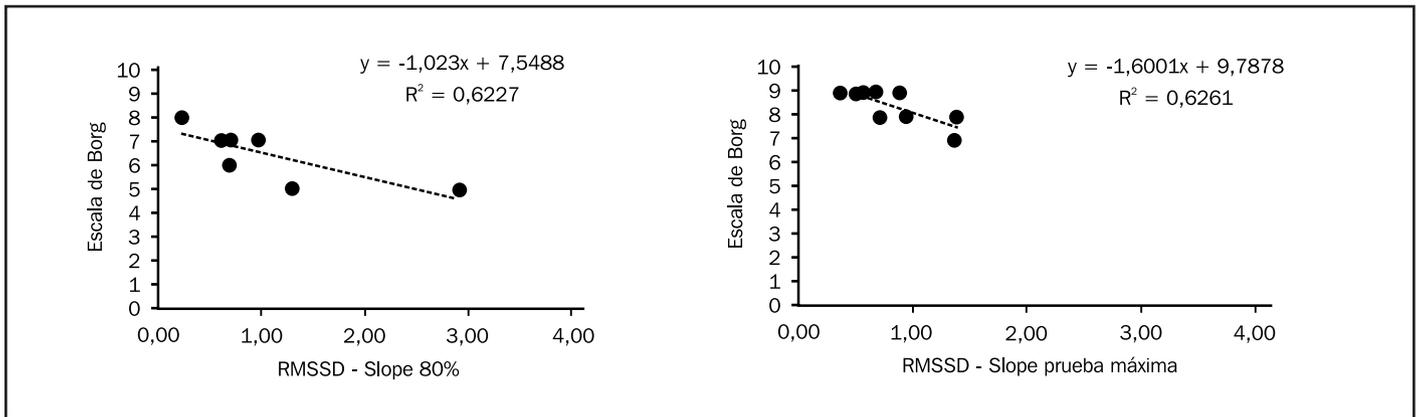
En la Figura 3 se muestra la asociación gráfica entre la carga externa (CE) y la RMSSD-Slope de la prueba del 80% y la prueba máxima. Estas relaciones presentan un coeficiente de correlación de Pearson de -0,19 y -0,37 respectivamente.

En la Figura 4 se presentan los resultados individuales de la RMSSD-Slope de las pruebas de 80% y prueba máxima sobre el nomograma propuesto por Naranjo *et al.*,¹⁷.

Discusión

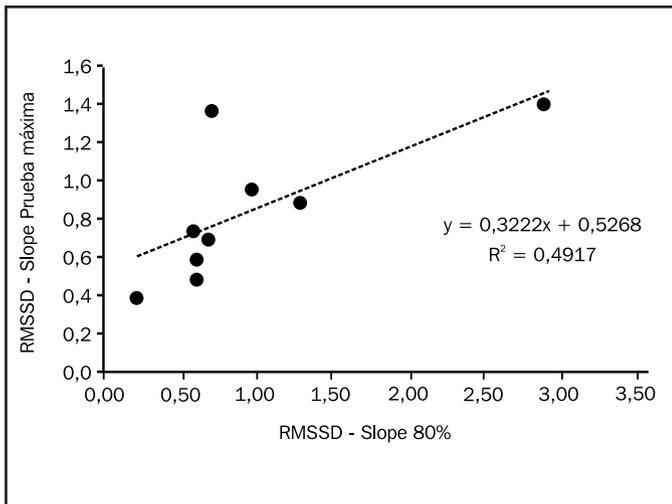
La principal aportación de este estudio es la aplicación del nomograma de valoración de CI post ejercicio en mujeres físicamente activas, pero no deportistas, tras esfuerzos a dos intensidades diferentes.

Figura 1. Relación entre la Escala de Borg (1-10) con la RMSSD-Slope.



RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes.

Figura 2. Relación entre la RMSSD-Slope de ambas pruebas.

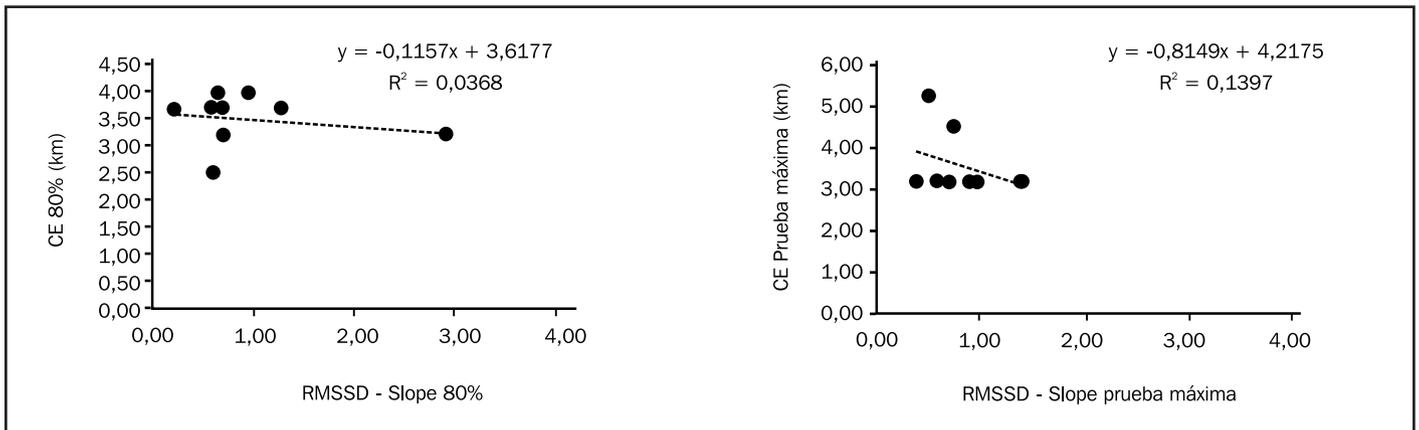


RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes.

El estudio realizado por Naranjo *et al.*,¹⁷ mostró que la reactivación de la RMSSD tras el ejercicio se comporta de forma lineal, al menos durante los primeros 30 minutos, pudiéndose calcular la pendiente en cualquier momento dentro de ese tiempo. En nuestro estudio, la CE media obtenida en la prueba del 80% y la prueba máxima fue la misma ($3,51 \pm 0,47$ y $3,53 \pm 0,78$ km) (Tabla 1). Este hecho justificaría que no existiera diferencia entre la pendiente de recuperación de la RMSSD en ambas intensidades ($p=0,52$), ya que la respuesta parece estar ajustada a la carga total que en este caso es la misma. Esto mismo es lo que refieren Naranjo *et al.*¹⁷ cuando la carga de trabajo es superior al 80% en estudiantes universitarios. Sin embargo, otros autores, utilizando metodologías diferentes, reportan valores de RMSSD distintos por encima de intensidades del 80%^{9,22}.

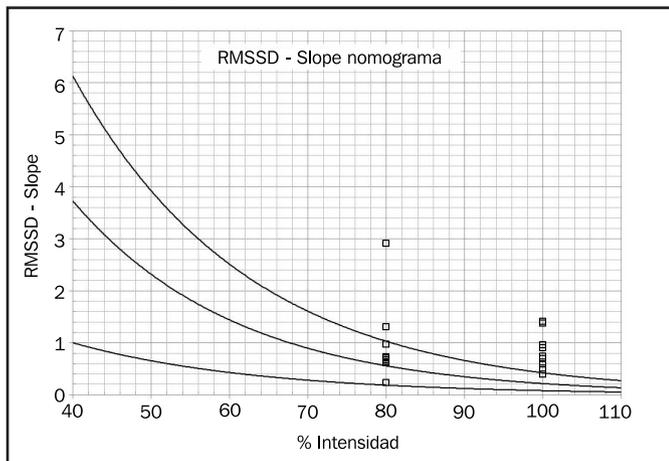
En nuestros datos la RMSSD durante el ejercicio sufre una caída en sus valores con independencia de la intensidad. Para la prueba del 80% es de 3,7 ms y para la prueba máxima es de 3,5 ms (Tablas 2 y 3), coincidiendo con Michael *et al.*,²³ y Naranjo *et al.*,¹⁷ que refieren valores de 5 y 4 ms respectivamente. Por tanto, podemos confirmar que también en mujeres no entrenadas la supresión del estímulo parasimpático du-

Figura 3. Relación entre CE y RMSSD-Slope.



RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes; CE: carga externa.

Figura 4. Nomograma de la RMSSD-Slope.



RMSSD: raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes.

rante el esfuerzo físico es total con independencia de la carga realizada.

Al comparar la CI de ambas pruebas con la escala de Borg (Figura 1) encontramos una buena relación lineal con una R^2 de 0,62 para la prueba del 80% y de 0,63 para la prueba máxima. Igualmente ocurre con los coeficientes de correlación de Pearson ($r = -0,76$ para la prueba del 80% y $r = -0,70$ para la prueba máxima) que incluso muestran mejores valores que los encontrados por Naranjo *et al.*,¹⁷ ($r = -0,67$) en los estudiantes universitarios. Por tanto, reafirmamos que la buena correlación de la RMSSD-Slope con la escala de Borg la confirma como una buena herramienta de CI.

Al asociar los valores de CI entre ambas pruebas se obtiene una correlación de $r = 0,70$ aunque con una menor relación lineal (Figura 2; $R^2 = 0,49$). No se encontraron asociaciones de la CI con la FC ni con el Lactato. Asimismo, las mujeres no deportistas tampoco muestran ninguna correlación entre la CE y la RMSSD-Slope (Figura 3), mostrando valores de r de $-0,19$ y $-0,37$ en cada prueba. Los datos obtenidos muestran una respuesta totalmente individual en la forma en que cada sujeto asimila la carga administrada y responde a ella.

El valor medio de RMSSD-Slope propuesto por Naranjo *et al.*,¹⁷ para valorar los resultados ante una carga física en el segundo umbral ventilatorio es de 0,29 y de 0,28 para la velocidad aeróbica máxima. En nuestros resultados (Figura 4) en la prueba del 80% las mujeres presentan un valor medio de 0,97 y para la prueba máxima un valor de 0,84. Esto indica que tanto la respuesta media del grupo como cada una de las respuestas individuales puede considerarse buena, no suponiendo una gran CI. Una limitación de este estudio es el bajo tamaño muestral, tratándose de un estudio piloto que requerirá de investigaciones posteriores para establecer su utilización práctica en una población de otras características.

Se concluye que la pendiente de recuperación de la RMSSD propuesta por Naranjo *et al.*,¹⁷ es una buena herramienta de valoración de CI en mujeres físicamente activas pero no deportistas.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Sandercock GRH, Bromley PD, Brodie DA. Effects of exercise on heart rate variability: Inferences from meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:433–9.
- Stanley J, Peake JM, Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sport Med.* 2013;43:1259–77.
- Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P, et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1729–36.
- Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Tulppo MP. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:743–51.
- Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring athlete training loads: Consensus Statement. *Int J Physiol Perform.* 2017;12:161–70.
- McLaren SJ, Macpherson TW, Coultas AJ, Hurst C, Spears IR, Weston M. The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: A meta-analysis. *Sport Med.* 2018;48:641–58.
- Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Circ Physiol.* 2006;290:H2446–52.
- Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A. Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:435–42.
- Saboul D, Balducci P, Millet G, Pialoux V, Hautier C. A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *Eur J Sport Sci.* 2016;16:172–81.
- Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A. Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:829–38.
- Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1366–73.
- Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. Heart rate variability and training intensity distribution in elite rowers. *Int J Physiol Perform.* 2014;9:1026–32.
- Schumann M, Botella J, Karavirta L, Häkkinen K. Training-load-guided vs standardized endurance training in recreational runners. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12:295–303.
- Ruso-Alvarez J, Nieto-Jiménez C. La recuperación parasimpática tras el esfuerzo como medida de carga de trabajo. En prensa: *Arch Med Deporte.* 2019;194: 356-59.
- Miranda-Mendoza J, Reynoso-Sanchez LF, Hoyos-Flores JR, Quezada-Chacón JT, Naranjo J, Rangel-Colmenero B, et al. Stress Score and lnRMSSD as internal load parameters during competition. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* En prensa Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/inpress/artstress1105e.pdf> [Consultado el 15 de enero de 2019].
- Nieto-Jiménez C, Pardos-Mainer E, Ruso-Álvarez JF, Naranjo-Orellana J. Training Load and HRV in a Female Athlete: A Case Study. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* En prensa. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/inpress/artcarga1143e.pdf> [Consultado el 20 de enero de 2019].
- Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health.* 2019;11:211–21.
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J.* 1996;17:354–81.
- WMA Declaration of Helsinki – Ethical principles for medical research involving human subjects – WMA – The World Medical Association. Disponible en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/> [Consultado el 15 de diciembre de 2018].
- Giles D, Draper N, Neil W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:563–71.
- Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14: 377–81.
- Michael S, Jay O, Halaki M, Graham K, Davis GM. Submaximal exercise intensity modulates acute post-exercise heart rate variability. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:697–706.
- Michael S, Graham KS, Davis GM. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals. A review. *Front Physiol.* 2017;8:1–19.