

Nieto-Jiménez, C.; Pardos-Mainer, E.; Ruso-Álvarez, J.F. y Naranjo-Orellana, J. (2020) Training Load and HRV in a Female Athlete: A Case Study. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 20 (78) pp. 321-333
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista78/artcarga1143.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista78/artcarga1143.htm)
DOI: <http://doi.org/10.15366/rimcafd2020.78.009>

ORIGINAL

CARGA DE ENTRENAMIENTO Y VFC EN UNA ATLETA FEMENINA: ESTUDIO DE CASO

TRAINING LOAD AND HRV IN A FEMALE ATHLETE: A CASE STUDY

Nieto-Jiménez, C.¹; Pardos-Mainer, E.²; Ruso-Álvarez, J.F.³ y Naranjo-Orellana, J.³

¹ Ejército de Chile, Santiago (Chile) c.nieto@udd.cl

² Universidad San Jorge. Villanueva de Gállego, Zaragoza (España) epardos@usj.es

³ Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. joseralvarez@gmail.com, jonaore@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación quieren agradecer a la participante del estudio su colaboración en el diseño del proceso de entrenamiento.

Código UNESCO/ UNESCO Code: 2411 Fisiología Humana/ Human Physiology
Clasificación Consejo de Europa/ Classification Council of Europe: 11. Medicina del deporte / Sports Medicine.

Recibido 12 de junio de 2018 **Received** June 12, 2018

Aceptado 2 de febrero de 2019 **Accepted** February 2, 2019

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue describir una metodología de seguimiento en una atleta que combina el Ultra Trail Running (UTR) y el Ironman durante 16 semanas, mediante variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).

La carga de entrenamiento (CE) diaria se programó y se cuantificó el sumatorio semanal. Se registraron los intervalos RR (ms) en reposo cada mañana durante 5 minutos y a partir de ellos se midió la RMSSD (raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes) como

medida de la actividad parasimpática y el índice de estrés (SS) como actividad simpática.

Los registros diarios de VFC matutinos parecen ser una forma útil para monitorizar el estado de equilibrio simpático-parasimpático en deportistas antes de abordar las sesiones de entrenamiento. Esta monitorización serviría para detectar precozmente estados de fatiga y para poder monitorizar la planificación de las cargas.

PALABRAS CLAVES: Actividad simpática-parasimpática, Trail Runners, Ironman, Mujer

ABSTRACT

The purpose of this study was to describe a follow-up methodology in a female athlete who combines Ultra Trail Running (UTR) and Ironman during 16 weeks, using Heart Rate Variability (HRV). The daily training load (TL) was previously programmed and the weekly summation was recorded.

The RR (ms) intervals at rest were recorded every morning for 5 minutes. The RMSSD (root mean square of the successive differences between adjacent RR intervals) was measured as an index of the parasympathetic activity and the stress score (SS) as a measure of sympathetic activity.

Daily HRV morning records appear to be a useful way to monitor sympathetic-parasympathetic balance in athletes before tackling training sessions. This monitoring would serve to detect early fatigue states and to be able to monitor the planning of the loads.

KEY WORDS: Sympathetic and parasympathetic Activity, Trail Runners, Ironman, Female.

INTRODUCCIÓN

Dado que la variabilidad de la frecuencia cardiaca es una herramienta no invasiva que permite evaluar la modulación simpática y parasimpática (Sandercock, Bromley, & Brodie, 2005; Stanley, Peake, & Buchheit, 2013), se ha propuesto como un método válido para valorar la respuesta individual a una carga de trabajo y, por tanto, la carga de entrenamiento (Kiviniemi, Hautala, Kinnunen, & Tulppo, 2007; Pichot et al., 2000). Así como para determinar la implicación del sistema nervioso autónomo en estados de sobre-entrenamiento, fatiga y asimilación de cargas de trabajo (Cachadiña, de la Cruz Torres & Orellana., 2012).

A este respecto, y de acuerdo con la literatura, en el dominio del tiempo (Task Force, 1996) la RMSSD (raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los

cuadrados entre intervalos RR adyacentes) ha sido el estadístico más utilizado al evaluar la actividad parasimpática (Buchheit, Papelier, Laursen, & Ahmaidi, 2007; Halson, 2014). Además, el gráfico de dispersión de Poincaré proporciona información acerca de las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo (Tulppo, Makikallio, Takala, Seppanen, & Huikuri, 1996) a través de sus diámetros transversal (SD1) y longitudinal (SD2). A partir de aquí, dado que el SD2 es un indicador inverso de actividad simpática, se puede calcular el índice de estrés (SS) como el inverso de SD2 multiplicado por 1000 como un indicador directo de actividad simpática (Naranjo Orellana, De la Cruz Torres, Sarabia Cachadiña, De Hoyo, & Dominguez Cobo, 2015).

En esta línea, existe un gran interés por controlar la carga de entrenamiento en los deportistas (Bourdon et al., 2017), distinguiéndose por una parte la carga administrada o carga externa (CE) y por otra, la forma en que cada sujeto asimila esa carga administrada y responde a ella, lo que se conoce como carga interna (CI) (McLaren et al., 2018). Recientemente algunos autores han propuesto que los cambios de VFC durante el ejercicio y la fase de recuperación pueden verse afectados tanto por la intensidad como por el volumen (Michael, Graham, & Davis, 2017) permiten diferenciar los períodos de recuperación inmediata a diferentes intensidades (Kaikkonen, Hynynen, Mann, Rusko, & Nummela, 2010; Michael, Jay, Halaki, Graham, & Davis, 2016).

Existen pocos datos sobre las modificaciones producidas en la VFC por los diferentes tipos de ejercicio en atletas que están regularmente expuestos a altas cargas de entrenamiento, pero parecen sugerir que las variaciones diarias pueden ser medidas útiles de la progresión hacia una buena o mala adaptación (Plews, Laursen, Kilding, & Buchheit, 2012). Así, Stanley et al., (2015) reportaron en un estudio de caso que la disminución del LnRMSSD en la semana previa a una competición en un triatleta de elite, era un indicador de rendimiento óptimo. Sin embargo, la preparación simultánea de un deportista para un periodo competitivo de Ultra Trail Running (UTR) y Triatlón de larga distancia (Ironman) ofrece la posibilidad de combinar volúmenes e intensidades de entrenamiento adecuados a cada tipo de competición, simultaneando su ejecución en el mismo periodo de tiempo. En la bibliografía revisada, no hemos encontrado ningún estudio que integre el efecto de la CE sobre las mediciones basales diarias de VFC en deportistas que preparen un periodo de competición de Ironman y UTR (distancia 75 km).

El objetivo de este estudio de caso es describir una metodología de seguimiento en una atleta que combina el UTR y el Ironman durante un periodo de 16 semanas (entrenamiento y competición), basada en medidas diarias de VFC. Se han seleccionado mediciones sencillas (LnRMSSD y el LnSS) que permitan que esta metodología sea fácil de utilizar durante el entrenamiento, tratando de diferenciar la CI de la CE.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujeto

Se monitorizó a una atleta femenina de categoría amateur nacional (edad 34 años; talla 157 cm; peso 46,5 kg) durante una temporada competitiva de 16 semanas que incluyó una competición de 75 km de UTR con 3.293 m de desnivel positivo en la semana 6 y una competición de Ironman (3,8 km de natación, 180 km de ciclismo y 42,195 km de carrera) en la semana 15. El tiempo de entrenamiento semanal para el período de monitorización fue de 15 ± 3 horas que incluyó 15,6% de natación, 35,4% de ciclismo y 25% de carrera y 24% de UTR.

La atleta recibió un cuestionario médico para descartar que estuviera recibiendo tratamientos o que sufriera trastornos cardiovasculares o de otro tipo que pudieran alterar el estado del sistema nervioso autónomo. La sujeto fue informado del procedimiento que se seguiría y dio su consentimiento por escrito para participar en el estudio, que siguió los principios expresados en la Declaración de Helsinki (The World Medical Association, 2018).

Procedimiento

Durante 92 días consecutivos se realizaron mediciones basales de VFC a las 06:00 am en posición supino durante 5 minutos. Se utilizó un pulsómetro Polar V800 (Polar, Kempele, Finland) con banda torácica, validado para mediciones de VFC (Giles, Draper, & Neil, 2016). La serie de tiempo RR de este dispositivo fue descargada mediante cable USB utilizando la correspondiente aplicación de la marca Polar FlowSync (versión 3.0.0.1337) y posteriormente analizada con en el software Kubios HRV (versión 3.1.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland). Cada registro se analizó previamente para detectar la posible presencia de artefactos y/o latidos anómalos, aplicando los filtros correspondientes en caso necesario.

Como variable del dominio de tiempo para evaluar la actividad parasimpática se calculó la RMSSD en ms (Task Force, 1996) y su logaritmo natural (LnRMSSD). Por otra parte, a partir del SD2 del gráfico de dispersión de Poincaré (Tulppo et al., 1996) se calculó el SS (Naranjo Orellana et al., 2015) y su logaritmo natural (LnSS) como indicador de actividad simpática. Por último, el cociente entre el SS y SD1 nos informó de la relación entre simpático y parasimpático (Ratio S/Ps) (Naranjo Orellana et al., 2015).

Diseño de la CE

La CE se programó y administró de acuerdo a la planificación de los mesociclos y su cuantificación quedó representada por el sumatorio semanal (en cada microciclo). En términos generales la carga de entrenamiento es el producto de la intensidad por

el volumen (Halson, 2014), pero el entrenamiento de esta atleta constaba de cuatro modalidades diferentes para las que había que cuantificar la CE.

Para la carrera, la intensidad viene dada por la velocidad mientras que el volumen es la duración; luego en este caso el producto de intensidad por volumen viene dado por la distancia recorrida expresada en km. En el caso de la carrera continua se utilizó directamente la distancia recorrida, mientras que en el entrenamiento de series en pista atlética se utilizó como CE la distancia total acumulada (km). Para las sesiones de UTR, la distancia recorrida (km) se multiplicó por la pendiente media. En el caso de la natación, dado que todo el entrenamiento se realizó mediante series, se utilizó como CE la distancia total acumulada (km).

En las tareas realizadas en cicloergómetro o pedaleando en ruta igualmente se tomó como medida de CE la distancia total recorrida (km). Sabemos que lo más habitual en ciclismo es utilizar la potencia en vatios, pero dado que en las otras disciplinas se midió la CE en distancia recorrida, optamos por hacerlo igual con el propósito de homogeneizar y poder comparar las medidas.

Análisis Estadístico

Los datos se presentan como media y desviación estándar (DE) con su correspondiente coeficiente de variación (CV). Se midió el tamaño del efecto (TE) mediante el cálculo de la “d” de Cohen para un intervalo de confianza del 90% y utilizando los rangos de interpretación propuestos por Hopkins (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009): trivial (menor de 0.2); pequeño (de 0.20 a 0.59); moderado (de 0.6 a 1.2) y grande (mayor de 1.2).

Para analizar correlaciones entre variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r).

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las CE semanales para cada una de las actividades, así como el total, a lo largo de los tres mesociclos y de las dos competiciones.

Tabla 1. Promedio de Carga Externa (CE) semanal expresada en kilómetros para cada uno de los mesociclos. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar.

Semanas	Natación		Ciclismo		Carrera		UTR		CE TOTAL	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
(1 a 6) M1	2,83	10,99	55,40	37,19	18,89	29,48	92,50	36,81	275,85	120,56
(7 a 11) M2	4,00	2,31	71,11	52,77	38,03	25,41	111,20	94,68	359,78	141,05
(12 a 16) M3	2,67	1,15	56,18	39,55	22,67	25,63	37,80	26,74	224,25	133,05

M1-M3: indica cada uno de los mesociclos estudiados.

La Tabla 2 muestra los valores (media \pm DE) de las variables de VFC para cada uno de los mesociclos, incluyendo el CV de las medidas.

Tabla 2. Variables de VFC en los 3 mesociclos.

	Mesociclo 1			Mesociclo 2			Mesociclo 3		
	(semanas 1-6)			(semanas 7-11)			(semanas 12-16)		
	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV
SD1(ms)	83	14,87	18%	89	12,95	15%	95,9	16,00	17%
SD2(ms)	156,5	64,18	41%	235	88,94	38%	194,0	88,16	45%
SS	7,2	2,36	32%	5,0	2,39	47%	6,1	2,83	47%
LnSS	1,9	0,36	19%	1,5	0,42	28%	1,7	0,46	27%
Ratio S/PS	0,09	0,04	46%	0,0	0,03	51%	0,07	0,03	49%
RMSSD(ms)	117,7	20,93	18%	126	19,10	15%	135,6	22,56	17%
LnRMSSD	4,7	0,21	5%	4,8	0,15	3%	4,9	0,16	3%
FC (l/m)	36,0	1,51	4%	38	3,60	9%	37,8	2,80	7%

VFC: Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca; SD1: eje transversal del gráfico de dispersión de Poincaré SD2: eje longitudinal del gráfico de dispersión de Poincaré. SS: Índice de estrés; LnSS: logaritmo neperiano del SS; Ratio S/Ps: Ratio simpático-parasimpático; FC: frecuencia cardiaca; RMSSD: raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos. CV: coeficiente de variación. DE: desviación estándar

La tabla 3 muestra los valores de CE, RMSSD, SS y Ratio S/PS expresados en sus respectivos logaritmos naturales. Se presentan las medias, DE y el valor del TE (d) de cada semana con respecto a la anterior.

Tabla 3 Variables de CE y VFC en los tres mesociclos.

MESO	Semana	LnCE (km)			LnRMSSD (ms)			LnSS			Ratio S/PS		
		MEDIA	DS	d	MEDIA	DS	d	MEDIA	DS	d	MEDIA	DS	d
Competición	1	5,70	4,91		4,76	0,06		2,15	0,26		0,11	0,02	
	2	5,85	4,58	0,33	4,69	0,21	2,29	2,13	0,22	0,32	0,11	0,03	0,24
	3	5,93	4,80	0,23	4,86	0,05	0,69	1,79	0,29	1,52	0,07	0,02	1,93
	4	5,95	4,69	0,26	4,81	0,11	0,80	1,47	0,51	1,71	0,06	2,00	1,28
	5	4,95	3,65	1,02	4,62	0,44	1,70	1,96	0,37	0,69	0,12	0,08	0,86
	6	4,70	3,90	0,51	4,77	0,10	0,52	1,64	0,48	0,25	0,07	0,03	0,45
	7	5,81	4,92	0,02	4,86	0,08	0,38	1,81	0,44	0,81	0,08	0,04	0,04
	8	5,82	4,70	0,63	4,75	0,15	1,14	1,45	0,37	0,51	0,06	0,02	0,51
	9	5,11	3,87	0,22	4,92	0,20	0,95	1,24	0,26	0,34	0,04	0,01	0,73
	10	6,32	5,07	0,31	4,94	0,12	0,11	1,35	0,30	0,30	0,04	0,02	0,28
	11	6,01	4,77	0,26	4,88	0,19	0,42	1,48	0,45	0,72	0,05	0,03	0,41
	12	5,39	4,37	0,51	4,91	0,17	0,14	1,85	0,36	0,41	0,07	0,03	0,59
	13	5,86	4,91	0,33	4,96	0,15	0,25	2,02	0,35	0,41	0,08	0,03	0,26
	14	5,66	4,34	0,27	4,90	0,10	0,37	1,63	0,33	1,09	0,06	0,02	0,66
	15	3,71	2,93	0,40	4,79	0,15	0,96	1,91	0,29	0,63	0,08	0,03	0,91
	16	3,40	2,98	0,16	4,71	0,19	0,42	2,23	0,25	0,78	0,11	0,02	0,78

VFC: variabilidad de la frecuencia cardiaca; MESO: mesociclo; LnCE: logaritmo natural de la carga externa; LnRMSSD: logaritmo natural de la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes en ms.; LnSS: logaritmo natural del índice de estrés; Ratio S/Ps: Ratio simpático-parasimpático; DS: desviación estándar; d: Tamaño de efecto.

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre la CE y las variables utilizadas de VFC, mostrando un valor de $r = 0,42$ para el LnRMSSD; $r = -0,39$ para el LnSS y $r = -0,42$ para la Ratio S/PS.

En la figura 1 se presenta la evolución de los registros diarios matutinos de las variables de LnRMSSD y LnSS mostrando los rangos de normalidad para ambas variables. Se indican las competiciones de UTR y Ironman realizadas los días 34 y 91.

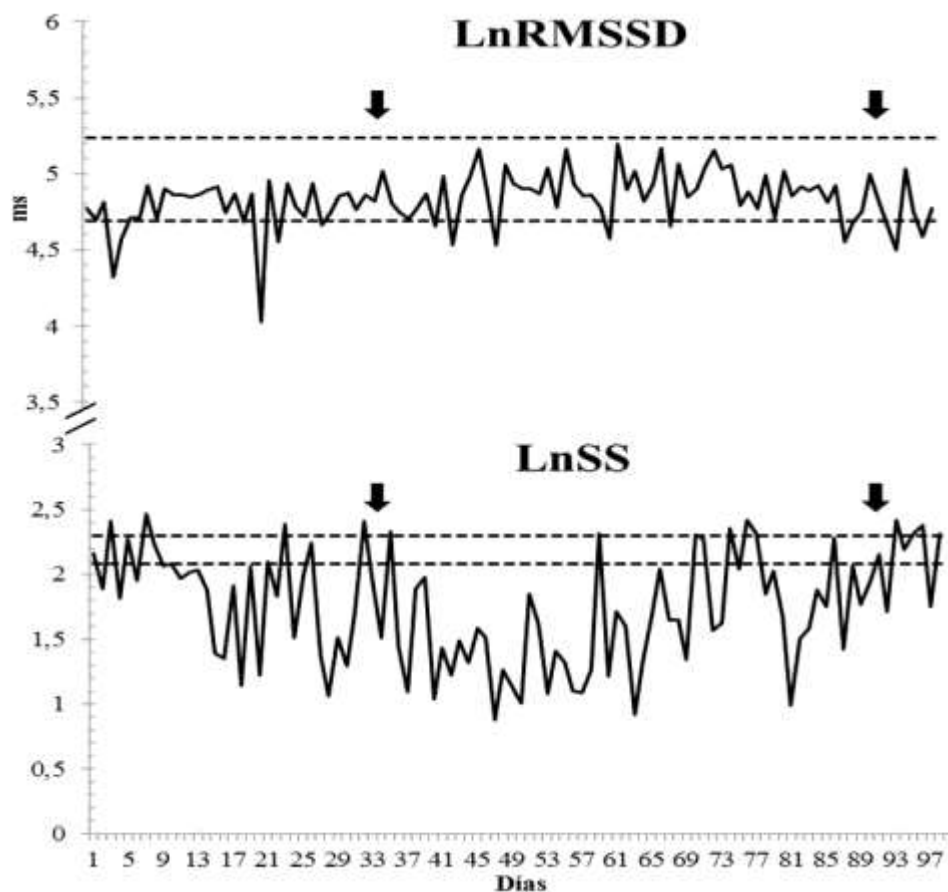


Figura 1. Evolución de los registros diarios matutinos de las variables de LnRMSSD y LnSS. LnRMSSD: logaritmo natural de la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes en ms.; LnSS: logaritmo natural del índice de estrés. Se indica las competiciones de UTR y Ironman los días 34 y 91.

DISCUSIÓN

La principal contribución de este estudio fue establecer una rutina de seguimiento diario de la VFC tratando de diferenciar la CI de la CE en una atleta que combina las disciplinas de UTR y Ironman.

Uno de los principales problemas metodológicos de la VFC es la variación inter-día e incluso la variación intra-sujeto, presentando CV de hasta un 30%. Por ello, algunos autores recomiendan la medición durante varios días a la semana para posteriormente realizar un análisis del promedio (Buchheit et al., 2013; Le Meur et al., 2013; Plews, Laursen, Stanley, Kilding, & Buchheit, 2013) y otros aconsejan utilizar como herramienta de valoración el coeficiente de variación de los valores obtenidos (Flatt, Esco, & Nakamura, 2017; Plews et al., 2012). En nuestro caso, el CV para el LnRMSSD fluctuó entre el 3 y el 5% y para el LnSS entre el 19 y el 28%.

Por tanto, en este caso no es el CV el que aporta la mejor información cuando se trata de valorar el estado del sistema parasimpático, ya que CV del 3 o el 5% son perfectamente asumibles. Sin embargo, como se observa en la figura 1, la evolución diaria de ambas variables presenta una gran sensibilidad a los cambios durante el periodo de entrenamiento. Aun así, siguiendo la propuesta de Buchheit et al. (2013), Le Meur et al. (2013) y Plews et al. (2013), se realizaron los promedios semanales, como se muestra en la tabla 2.

Dado que no existe ninguna relación aceptable entre las CE y las variables medidas de VFC, es razonable pensar que estas medidas están valorando fundamentalmente la CI. Hay trabajos que han utilizado los cambios de RMSSD y SS como medidas de la CI en deportes de equipo (Miranda-Mendoza et al., 2019). De esta forma, El LnRMSSD medido diariamente en situación basal nos está indicando el grado de recuperación del tono parasimpático tras la carga realizada el día anterior. Del mismo modo, el valor del LnSS nos indicará si el tono simpático observado en situación basal se encuentra dentro de lo esperable en una recuperación completa o, por el contrario, muestra alguna alteración secundaria al impacto estresor ocasionado por la carga anterior. Por ese motivo, la tabla 3 muestra los cambios relativos (valorados mediante el TE) entre cada semana y la anterior.

En las semanas de competición se observó que la CE presentó pequeñas disminuciones ($d = 0,51$) paralelamente a un pequeño incremento del LnRMSSD ($d = 0,52$) y pequeña disminución del LnSS ($d = 0,25$) en UTR. Y para el caso del Ironman se observó un pequeño incremento ($d = 0,40$) en la CE, una moderada disminución del LnRMSSD ($d = 0,96$) y un moderado incremento del LnSS ($d = 0,63$) (tabla 3). Nuestros datos, por tanto, no coinciden con Stanley et al. (2015) ya que encontramos que los cambios ocurridos en la semana previa a la competición no resultan relevantes y, por tanto, difícilmente pueden ser indicadores de nada relacionado con la competición. Al tener nuestra atleta un doble perfil UTR-Ironman desconocemos cuanto podría afectar esta situación a algunas de las variables analizadas en relación a estudios realizados solo con triatletas.

La estrategia de medir basalmente cada mañana nos permitió conocer en qué condiciones nuestra atleta enfrentaba la nueva sesión de trabajo. No encontramos en la bibliografía rangos de normalidad de los Ln de RMSSD o de SS. Sin embargo, existen tablas de percentiles para todas las variables de los diferentes dominios de la VFC (Corrales, de la Cruz Torres, Garrido Esquivel, Garrido Salazar, & Naranjo Orellana, 2012) de las cuales puede extraerse el valor de los correspondientes Ln. De esta forma, podemos establecer que los valores medios semanales del LnRMSSD de nuestra deportista (tabla 3) se encuentran comprendidos entre los percentiles 75 (4,69 ms) y 95 (5,24 ms) para mujeres deportistas. En el caso del Stress Score (SS) como medida de estrés simpático (Naranjo Orellana et al., 2015) sus autores recomiendan la utilización de los percentiles 75 al 90 como zona de alarma (Naranjo, De la Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Dominguez-Cobo, 2015) lo que equivale a un SS entre 8 y 10, cuyos Ln serían 2,08 y 2,30. Los valores medios

semanales del LnSS que muestra esta deportista (tabla 3) se encuentran en general por debajo de 2,23 (percentil 75).

Parece ser que la respuesta parasimpática y simpática que presentó esta atleta a las cargas administradas indicaría adaptaciones positivas al proceso de entrenamiento al estar sus valores en rangos normales sin señales de alarma para fatiga o sobreentrenamiento. Por tanto, las CI que supusieron las diferentes sesiones no fueron anormalmente altas en ninguno de los registros a pesar de las variaciones observadas en las CE.

En este estudio el CV del LnRMSSD (tabla 2) tiene valores entre el 3 y el 5 %, muy inferiores a los reportados por Buchheit et al., (2014) entre el 10 y el 20%. Sin embargo, otros estudios encuentran fluctuaciones entre el 4 y 9% durante los bloques de entrenamiento en remeros de élite (Plews et al., 2013) y triatletas de élite (Plews et al., 2012) (Le Meur et al., 2013), lo que es más coincidente con nuestros datos.

Por último, los valores de la Ratio S/PS (tabla 3) se encuentran muy por debajo del valor de 0,25 propuesto por Naranjo et al (2015), lo que reflejaría un balance autónomo totalmente equilibrado en los registros basales..

CONCLUSIONES

Los registros diarios de VFC matutinos y de 5 minutos de duración parecen ser una forma útil para monitorizar el estado de equilibrio simpático-parasimpático en deportistas antes de abordar las sesiones de entrenamiento. Esta monitorización serviría para detectar precozmente estados de fatiga y para poder modificar en caso necesario la planificación de las cargas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Physiology and Performance*, 12(S2), 161–170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5 FEB(February), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 293(1), 8–10. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00062.2007.5>
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance

- during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 550–555. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003>
- Cachadiña, E. S., de la Cruz Torres, B., & Orellana, J. N. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 152, 952-958.
- Corrales, M. M., de la Cruz Torres, B., Garrido Esquivel, A., Garrido Salazar, M. A., & Naranjo Orellana, J. (2012). Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population. *Health*, 4(7), 377–385. <https://doi.org/10.4236/health.2012.47060>
- Flatt, A. A., Esco, M. R., & Nakamura, F. Y. (2017). Individual heart rate variability responses to preseason training in high level female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 531–538. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001482>
- Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2016). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 563–571. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3303-9>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44, 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-1.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., & Nummela, A. (2010). Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 435–442. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1240-1>
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 743–751. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., ... Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2061–2071. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182980125>
- McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 641–658. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z>
- Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals — A Review. *Frontiers in Physiology*, 8(May), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00301>
- Michael, S., Jay, O., Halaki, M., Graham, K., & Davis, G. M. (2016). Submaximal exercise intensity modulates acute post-exercise heart rate variability.

- European Journal of Applied Physiology*, 116(4), 697–706.
<https://doi.org/10.1007/s00421-016-3327-9>
- Miranda-Mendoza, J., Reynoso-Sanchez, L. F., Hoyos-Flores, J. R., Quezada-Chacón, J. T., Naranjo, J., Rangel-Colmenero, B., & Hernandez-Cruz, G. (2019). Stress score and LnRMSSD as internal load parameters during competition. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, en prensa. Accedido en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/inpress/artstress1105e.pdf>
- Naranjo, J., De la Cruz, B., Sarabia, E., De Hoyo, M., & Dominguez-Cobo, S. (2015). Heart Rate Variability: a Follow-up in Elite Soccer Players Throughout the Season. *International Journal of Sports Medicine*, 36, 881–886.
<https://doi.org/10.1055/s-0035-1550047>
- Naranjo Orellana, J., De la Cruz Torres, B., Sarabia Cachadiña, E., De Hoyo, M., & Dominguez Cobo, S. (2015). Two New Indexes for the Assessment of Autonomic Balance in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 452–457.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Barthélémy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1729–1736. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00011>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3729–3741. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Sandercock, G. R. H., Bromley, P. D., & Brodie, D. A. (2005). Effects of exercise on heart rate variability: Inferences from meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 433–439.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155388.39002.9D>
- Stanley, J., D’Auria, S., & Buchheit, M. (2015). Cardiac parasympathetic activity and race performance: An elite triathlete case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 528–534.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0196>
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Takala, T. E. S., Seppanen, T., & Huikuri, H. V. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during

exercise. *American Journal of Physiology*, 271, H244–H252.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1152/ajpheart.1996.271.1.H244>

The World Medical Association. (2018). WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Recuperado en enero de 2019 en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>

Número citas totales/ Total references: 27 (96%)

Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 1 (4%)