

Nieto-Jiménez, C.; Sánchez, R.; Besomi, M. y Naranjo-Orellana, J. (2023) One Year Follow-Up with Heart Rate Variability in Trail Runners. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 23 (89) pp. 446-457. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2023.89.031>

ORIGINAL

UN AÑO DE SEGUIMIENTO CON VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN TRAIL RUNNERS

ONE-YEAR FOLLOW-UP WITH HEART RATE VARIABILITY IN TRAIL RUNNERS

Nieto-Jiménez, C.¹; Sánchez, R.²; Besomi, M.³ y Naranjo-Orellana, J.⁴

¹ Escuela de Educación física Universidad de Otago, Nueva Zelanda, Universidad del Desarrollo (Chile) c.nieto@udd.cl

² Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez (Chile) raimundo.sanchez@uai.cl

³ Universidad del Desarrollo (Chile) mbesomim@udd.cl

⁴ Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España) jonaore@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación quieren agradecer a los participantes del estudio por su colaboración en el diseño del proceso de entrenamiento y el seguimiento durante el periodo de investigación.

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

Recibido 8 de noviembre de 2020 **Received** November 8, 2020

Aceptado 4 de julio de 2021 **Accepted** July 4, 2021

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo analizar las medidas de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para proporcionar valores de referencia en atletas de Ultra-Trail Running (UTR). Dieciséis UTR chilenos fueron monitoreados con registros basales al despertar de 5 minutos durante un año de seguimiento, tiempo en el cual, mantuvieron sus actividades habituales de entrenamiento, competición y descanso. Como variable para evaluar la actividad parasimpática la RMSSD (raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes) fue analizada. Además, se calculó el Stress Score (SS) como indicador de la actividad simpática. Los datos aportados proporcionan valores de referencia de VFC para UTR

a través de una distribución de percentiles, que pueden ser particularmente útiles cuando la VFC se utiliza para el control de las cargas de entrenamiento en atletas de UTR.

PALABRAS CLAVES: Percentiles, variabilidad de la frecuencia cardíaca, carga de entrenamiento, Ultra trail running

ABSTRACT

This study aimed to analyze measures of heart rate variability (HRV) to provide reference values in Ultra-Trail Running (UTR) athletes. Sixteen Chilean UTR were monitored with 5-minute baseline wake-up records during a one-year follow-up during which they maintained their usual training, competition and rest activities. As a variable to evaluate parasympathetic activity the RMSSD (square root of the mean value of the sum of the squared differences of all successive RR intervals) was analyzed. In addition, the Stress Score (SS) was calculated as an indicator of sympathetic activity. The data provided are reference baseline HRV values for UTR through a percentile distribution, which can be particularly useful when HRV is used to control training loads in UTR athletes.

KEYWORDS: Percentiles, Heart rate variability, Training load, Ultra trail running.

INTRODUCCIÓN

Un evento de “trail running” (TR) se define como una carrera por senderos no asfaltados, con cambios de desnivel y distancias desde los 15 a los 42 km (Zaryski & Smith, 2005). Una competición de “ultra trail running” (UTR) comprende desde 50 km hasta 160 km. (Millet, 2011) (Costa, Gill, Hankey, Wright, & Marczak, 2014).

El interés por controlar la carga de entrenamiento (CE) en atletas de TR tiene por objetivo monitorizar su adaptación (Bourdon, 2017) y requiere distinguir dos tipos de cargas de entrenamiento; por una parte, la carga administrada o carga de entrenamiento externa (CEE), y por otra, la forma en la que cada sujeto asimila esa carga administrada y responde a ella, que es lo que se conoce como carga de entrenamiento interna (CEI) (Halson, 2014; McLaren, 2018). Uno de los métodos de control de la CE es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), que es un instrumento no invasivo que permite identificar la CEI (Sandercock, Bromley, & Brodie, 2005) así como la implicación del sistema nervioso autónomo (SNA) en estados de sobre-entrenamiento y fatiga (M. Buchheit, 2014; M Buchheit et al., 2013; C. Nieto-Jimenez, Ruso-Álvarez, Pardos-Mainer, Schnettler-Ramírez, & Naranjo-Orellana, 2020).

En la VFC se trabaja analizando las variaciones de tiempo que tienen lugar entre los intervalos RR (Task-Force, 1996). De las muchas medidas que se utilizan para

analizar estas variaciones, una de las más comunes en el campo del deporte es la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados entre intervalos RR adyacentes (RMSSD), actualmente el estadístico más utilizado al evaluar la actividad parasimpática en deportistas (M. Buchheit, Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S., 2007; Halson, 2014; Task-Force, 1996). También suele expresarse como su logaritmo natural o LnRMSSD (M. Buchheit, 2014) lo que permite un análisis paramétrico de los datos (Michael, Jay, Graham, & Davis, 2017) y una variación día a día más baja que otros índices de VFC.

Otro tipo de análisis de la VFC es el gráfico de dispersión de Poincaré, en el que cada intervalo RR se representa frente al anterior dando un gráfico de nube con forma de elipse. Este análisis proporciona una forma útil y rápida de tener información acerca del equilibrio entre simpático y parasimpático (Tulppo, Makikallio, Takala, Seppanen, & Huikuri, 1996) a través de los diámetros transversal (SD1) y longitudinal (SD2) del gráfico. El SD1 se comporta de forma proporcional al estímulo parasimpático, mientras que el SD2 lo hace de manera inversamente proporcional a la actividad simpática. Este hecho hace que estas dos magnitudes cambien en la misma dirección al producirse cambios en el SNA, tanto durante el ejercicio como en la recuperación, lo que dificulta la interpretación de un cociente que indique la relación entre ambas.

Por este motivo, en 2015 se propuso el índice de estrés o “stress score” (SS), que es el inverso del SD2 multiplicado por 1000, como un indicador directo de actividad simpática (Naranjo, De la Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Dominguez-Cobo, 2015). El cociente entre SS y SD1 fue propuesto por estos autores como un indicador de la relación existente entre el sistema simpático y parasimpático (Ratio S-PS).

Para deportes individuales, (Nieto-Jiménez, 2020; C. Nieto-Jimenez, Ruso-Álvarez, J., Pardos-Mainer, E., & Naranjo-Orellana, J., 2020) reportaron la utilidad de los registros diarios del LnRMSSD y LnSS al despertar para monitorizar el estado simpático-parasimpático durante un periodo competitivo de 16 semanas en una atleta femenina de TR y de 7 meses de entrenamiento para un atleta de Ironman.

También hay autores que utilizan para el seguimiento diario el coeficiente de variación (CV) de esta variable a lo largo de los días. En esta línea, el CV en deportistas profesionales presenta fluctuaciones entre el 4 y 9% del LnRMSSD durante bloques de entrenamiento en remeros de élite (D. J. Plews, Laursen, Kilding, & Buchheit, 2014) y triatletas de élite (Le Meur et al., 2013; D. J. Plews et al., 2014; D. J. Plews, Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M., 2012).

Uno de los problemas para utilizar adecuadamente valores de VFC en el seguimiento y monitorización de las CE en deportistas, es la escasez de referencias específicas para cada deporte. Así, se han publicado valores de referencia para sujetos jóvenes y sanos (deportistas y no deportistas) con registros de 30 minutos, aportando distribuciones de percentiles por grupos (Marina Medina, Blanca de la Cruz, Alberto Garrido, Marco Antonio Garrido, & José Naranjo, 2012) o también

para futbolistas profesionales (Naranjo et al., 2015). Sin embargo, no hemos encontrado estudios en corredores de UTR que hayan aportado valores de referencia con registros cortos.

El objetivo del presente estudio es analizar la RMSSD y el SS en mediciones diarias y basales durante 365 días, tanto en valores directos como en sus logaritmos naturales, con el propósito de comunicar valores de referencia en atletas de UTR.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se monitorizó a 16 atletas chilenos de UTR (12 hombres y 4 mujeres) de categoría amateur nacional (edad 33 ± 3 años; talla 169 ± 5 cm; peso 66.5 ± 2 kg) a lo largo de un año. Los sujetos (hombres y mujeres) sistemáticamente entrenaron al menos 12 ± 2 horas a la semana y participaron en tres competiciones de UTR durante el periodo de seguimiento. Las sesiones de entrenamiento fueron planificadas de acuerdo a mesociclos, utilizándose como cuantificación de la carga realizada la distancia recorrida y el tiempo de entrenamiento acumulado. Por lo tanto, se trata de registros basales de VFC de cada uno de los atletas pertenecientes a un mismo equipo deportivo a lo largo de un año completo, en el que han mantenido la actividad habitual de entrenamiento, competición y descanso. De este modo, los datos obtenidos proceden de un total de 3066 registros de atletas masculinos y 652 registros de atletas femeninas.

Antes del estudio, todos los atletas cumplimentaron un cuestionario médico para descartar que estuvieran recibiendo tratamientos o que sufrieran trastornos cardiovasculares o de otro tipo que pudieran alterar el estado del sistema nervioso autónomo.

PROCEDIMIENTO. REGISTROS DE DATOS DE VFC

Se realizaron mediciones de VFC al despertar en posición decúbito supino durante cinco minutos. El primer instrumento fue un pulsómetro Polar V800 con una banda torácica H10 HR Sensor (Polar Inc., Kempele, Finland), validado para mediciones de VFC (Giles, Draper, & Neil, 2016). Las series de tiempo RR se descargaron mediante la aplicación Polar FlowSync (versión 2.6.2). El segundo instrumento utilizado fue la aplicación para teléfonos móviles Elite HRV (versión 4.3.0) validada para mediciones de VFC (Perrotta, Jeklin, Hives, Meanwell, & Warburton, 2017), con una banda torácica H10 HR Sensor, exportando la serie RR en formato .txt al correo electrónico (C. Nieto-Jimenez et al., 2020). Posteriormente los registros eran analizados con el software Kubios HRV (versión 3.1.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finlandia). Cada registro se inspeccionó previamente para detectar la posible presencia de artefactos y/o latidos anómalos, aplicando en caso necesario los filtros correspondientes ofrecidos por el propio software, sin rebasar en ningún caso el filtro medio.

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

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se presentan como media y desviación estándar (DE) con su correspondiente coeficiente de variación (CV). Para cada una de estas variables, se realizó un análisis de distribución, separando la población por sexo. En un primer lugar, se calcularon los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95. En segundo lugar, separando las mediciones por sujeto, se realizó un análisis gráfico de las distribuciones de LnRMSSD y LnSS utilizando diagramas de caja, para analizar la heterogeneidad entre sujetos. Cada diagrama de caja se construyó de acuerdo con la convención de McGill y col (McGill, Tukey, & Larsen, 1978) donde la caja representa el rango intercuartil, la línea central refleja la mediana, y los bigotes se extienden 1.5 veces del rango a partir de cada uno de los bordes. Aquellas mediciones que se encuentran por fuera del rango de los bigotes se representan gráficamente con un punto representando datos atípicos.

RESULTADOS

En las tablas 1 y 2 se presenta la estadística descriptiva de toda la población de atletas, diferenciados según sexo. En la tabla 1 se presentan los valores de media, desviación estándar y coeficiente de variación (CV), y en la tabla 2 los percentiles de las variables de HRV.

Tabla 1: Valores medios, desviación estándar y el coeficiente de variación (CV) según sexo.

	Hombres			Mujeres		
	Media	DS	CV	Media	DS	CV
Media RR	1147,6	175,3	15%	1144,9	254,8	15%
RMSSD	72,4	40,3	43%	89,9	53,9	38%
LnRMSSD	4,2	0,5	11%	4,3	0,6	10%
SD1	51,4	28,6	43%	63,8	38,2	38%
SD2	138,0	60,8	34%	145,8	85,8	39%
SS	8,5	3,6	41%	9,1	5,1	35%
LnSS	2,1	0,4	16%	2,1	0,5	16%
Ratio-S/PS	0,25	0,25	87%	0,24	0,30	98%

RMSSD: raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos. LnRMSSD: logaritmo neperiano de la RMSSD; 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; CV: coeficiente de variación. DE: desviación estándar.

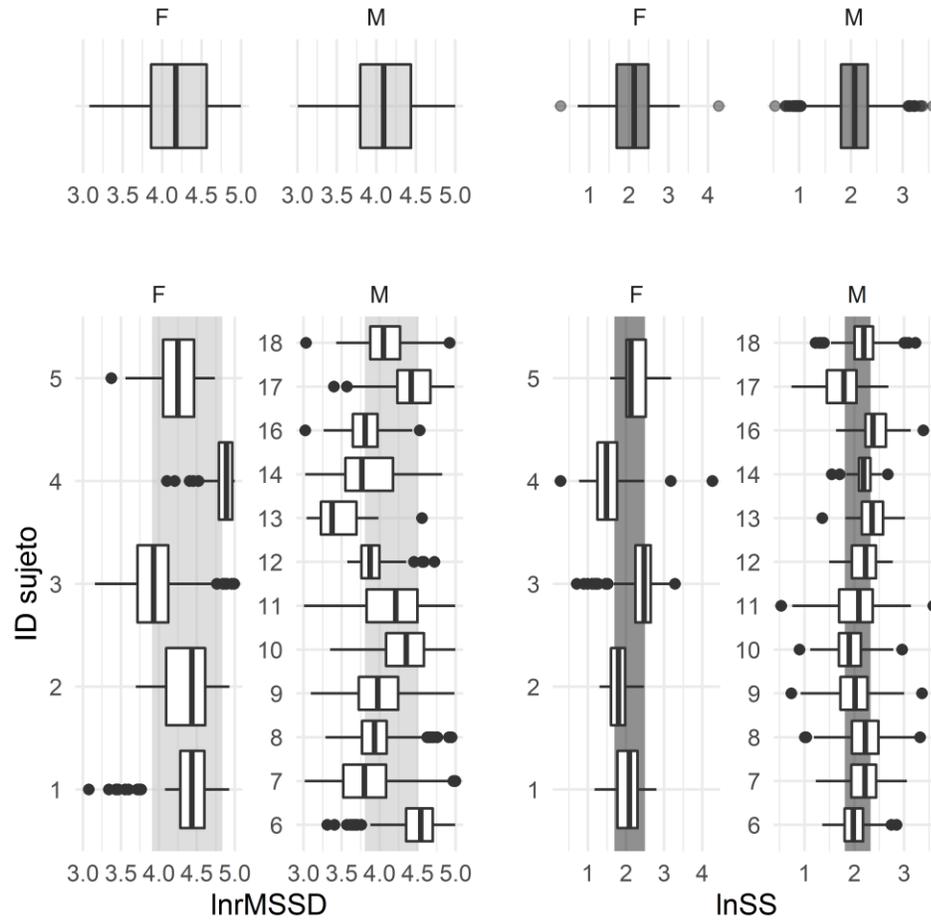
Tabla 2: Percentiles de las variables de HRV diferenciados según sexo.

		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
RMSSD	Mujeres	32,6	39,3	49,9	75,1	125,9	160,0	181,9
	Hombres	28,4	33,4	45,0	61,6	90,4	124,0	149,3
LnRMSSD	Mujeres	3,5	3,7	3,9	4,3	4,8	5,1	5,2
	Hombres	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,0
SD1	Mujeres	23,1	27,9	35,4	53,3	89,1	113,6	129,2
	Hombres	20,1	23,6	31,9	43,7	64,0	88,0	105,9
SD2	Mujeres	57,6	66,1	82,5	118,6	183,8	270,6	321,7
	Hombres	66,8	76,3	97,6	126,0	163,7	212,0	253,0
SS	Mujeres	3,1	3,7	5,4	8,4	12,1	15,1	17,4
	Hombres	4,0	4,7	6,1	7,9	10,2	13,1	15,0
LnSS	Mujeres	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,7	2,9
	Hombres	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,7
Ratio-S/PS	Mujeres	0,03	0,03	0,07	0,16	0,32	0,53	0,65
	Hombres	0,04	0,06	0,10	0,18	0,31	0,50	0,69

RMSSD: raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos. LnRMSSD: logaritmo neperiano de la RMSSD; 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.

La figura 1 muestra la distribución de las variables LnRMSSD y LnSS para cada sexo y para cada sujeto. En la caja superior se observan las distribuciones de ambas variables y sexo. En el diagrama de caja, los puntos representan datos atípicos. La franja sombreada representa el rango inter-cuartil de cada variable y sexo, que abarca desde el cuartil 1 (percentil 25) hasta el cuartil 3 (percentil 75).

Figura 1: Distribución de probabilidad de variables LnrMSSD y LnSS según sexo.



La primera y segunda columna muestran las distribuciones de LnrMSSD para mujeres hombres y respectivamente, y la tercera y cuarta columnas muestran las distribuciones de LnSS. El diagrama de caja corresponde al rango entre el cuartil 1 y 3, conocido como IQR, los bigotes de cada caja corresponden a los valores observados hasta 1,5 veces el IQR por sobre el cuartil 3 y por bajo el cuartil 1. Los puntos reflejan los datos que se observan por fuera de este rango, y se denominan datos atípicos.

DISCUSIÓN

La principal contribución de este estudio fue proporcionar datos de percentiles de VFC, tanto en medidas del dominio del tiempo como del gráfico de dispersión de Poincaré, para una población de atletas de UTR con registros basales de 5 minutos en posición decúbito supino.

Es importante destacar que la muestra estuvo integrada por atletas de un mismo equipo deportivo con una planificación del entrenamiento durante un año (3718 registros).

Nuestros datos proceden de registros de 5 minutos en posición decúbito supino al despertar (tabla 1). Dado que la Task Force (Task-Force, 1996) recomienda utilizar la RMSSD como estimación de los componentes de corta duración hemos seleccionado esta variables como una medida de actividad parasimpática y de acuerdo a Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) el SS como un índice de actividad simpática. Si bien la Task Force (Task-Force, 1996) aportó valores de referencia, estos corresponden a pacientes y no pueden utilizarse para valorar a deportistas (Marina Medina et al., 2012). Por ejemplo, el valor de referencia para la RMSSD de 27 ± 12 ms (Task-Force, 1996) en nuestra distribución quedaría por debajo del percentil 5.

En la literatura hemos encontrado tres estudios, con diferentes metodologías en la adquisición de datos, que han comunicado valores de referencia en distintas poblaciones. Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) estudiaron una muestra de 200 sujetos universitarios de 18 a 24 años deportistas y no deportistas con registros de 30 minutos. En su estudio, los hombres, deportistas y no deportistas, presentan valores de RMSSD de 63 ms y 44 ms respectivamente en el percentil p50. Para las mujeres los valores fueron de 80 ms en las deportistas y 41ms para las no deportistas. Por otra parte, Sammito y Böckelmann (Sammito & Böckelmann, 2016) utilizaron registros de 24 horas para hombres y mujeres entre 30 y 40 años y sus valores medios de RMSSD fueron 40 ms y 36 ms respectivamente.

El único estudio que hemos encontrado que aportó percentiles durante una temporada completa con registros de 5 minutos en futbolistas profesionales de élite (Naranjo et al., 2015), comunica valores de RMSSD de 85 ms en el percentil 50.

En nuestro estudio (tabla 2) observamos para la RMSSD valores de 61 ms y 75 ms en hombres y mujeres respectivamente para el mismo percentil, datos que se encuentran muy próximos a los reportados por Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) para deportistas universitarios.

En cuanto a la metodología, nuestro estudio está en línea con el de Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) al ser registros cortos antes del entrenamiento. No obstante, Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) solamente valoró una medida semanal y no fueron en condiciones basales al despertar. Aparte de esta diferencia de condición (basal o no basal) entre ambos estudios, creemos que las diferencias en los datos entre nuestros corredores masculinos y los futbolistas de Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) se deberían al tipo de población, disciplina deportiva y edades de los sujetos.

En la literatura se han comunicado estudios que han reportado que cuanto más entrenados están los sujetos más elevada es la RMSSD en condiciones basales (Proietti et al., 2017), esto es lo que podríamos deducir al ver nuestros registros de mujeres deportistas en el p50 (RMSSD=75 ms) y compararlos con los datos de Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) en mujeres no entrenadas (RMSSD=41 ms) y de Sammito y col. (Sammito & Böckelmann, 2016) para el grupo de edad de

30 a 40 años (RMSSD=36 ms). A pesar de lo anterior, no hemos encontrado en la literatura otros estudios que hayan comunicado valores de referencia utilizando percentiles en mujeres de UTR para contrastar nuestros datos. Nuestra distribución de percentiles para la RMSSD estaría indicando que registros inferiores a 28 ms en hombres y 32 ms en mujeres no serían normales en mediciones basales para un atleta de UTR.

En un gráfico de dispersión de Poincaré el aumento del SD1 significa un aumento en la actividad parasimpática, mientras que un aumento del SD2 significa una disminución de la actividad simpática (Naranjo et al., 2015; Tulppo et al., 1996). Nuestros valores del p50 en hombres para el SD1 (43 ms) fueron menores que los de Naranjo y col. (60 ms) (Naranjo et al., 2015), mayores que los de Sammito y col. (26 ms) (Sammito & Böckelmann, 2016) y similares a los de los sujetos deportistas de Medina y col. (47 ms) (Marina Medina et al., 2012). Las mujeres, igualmente, presentaron valores de SD1 (53 ms) superiores a Sammito y col. (29 ms) (Sammito & Böckelmann, 2016) y similares a los de Medina y col. (58ms) (Marina Medina et al., 2012).

Para el SD2 siguiendo la metodología de Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) hemos calculado el índice de estrés (SS) como el inverso de SD2 multiplicado por 1000 como un indicador directo de actividad simpática en reposo en sujetos entrenados. Estos autores propusieron una zona de riesgo a partir del percentil 90 y definieron una zona de alarma entre el percentil 75 y 90, lo que equivale a un SS entre 8 y 10 cuyos logaritmos naturales (Ln) serían 2,08 y 2,30. En nuestro caso, si empleamos este mismo criterio, en esta población deportiva se podría establecer un límite de normalidad del SS en 13 para los hombres y 15 para las mujeres (2,6 y 2,7 respectivamente para LnSS), con una zona de alarma entre 10 y 13 (2,3 a 2,6 para LnSS) o entre 12 y 15 (2,5 a 2,7 para LnSS) respectivamente.

Aunque el trabajo de Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) no aporta datos de SS por ser anterior a la descripción de esta variable, hemos calculado su valor a partir de los percentiles de SD2, obteniendo para sujetos varones deportistas valores de SS comprendidos entre 4,2 (LnSS=1,4) y 14,5 (LnSS=2,7). Los valores reportados por Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) para SS iban desde 3,7 (LnSS=1,3) a 10,1 (LnSS=2,3).

Nuestros datos presentaron valores de SS entre 4 (LnSS=1,4) y 15 (LnSS=2,7) bastante parecidos a los de Medina y col. (Marina Medina et al., 2012). En el caso de mujeres deportistas, los datos de SS de Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) se encuentran entre 4 y 14,5 (1,4 a 2,7 para el LnSS), mientras que los nuestros están entre 3 y 17,4 (1,1 a 2,9 para el LnSS).

En definitiva, nuestros valores de RMSSD y de SS son bastante próximos a los reportados por Medina y col. (Marina Medina et al., 2012) para deportistas universitarios, aunque con diferencias algo mayores en el caso de las mujeres. Sin embargo, la población de futbolistas de élite reportada por Naranjo y col. (Naranjo

et al., 2015) tiene valores más altos de RMSSD y más bajos de SS que los nuestros, probablemente por su mayor nivel competitivo.

Hay un estudio de caso (Nieto-Jiménez, 2020) que utilizó el LnSS para el seguimiento de una corredora de UTR durante una temporada de 16 semanas y comunicaron valores medios semanales del LnSS por debajo de 2,23, lo que para nuestra distribución de percentiles estaría entre el p50 y p75 y por tanto correspondería a valores en rangos normales sin señales de fatiga o sobreentrenamiento. El valor del SS (y mejor el LnSS) nos indicará si el tono simpático observado en situación basal se encuentra dentro de lo esperable para una recuperación completa o si, por el contrario, muestra alguna alteración secundaria al impacto estresor ocasionado por la carga anterior. Para poder realizar este tipo de seguimiento para el control de las cargas de entrenamiento, es imprescindible poder disponer de valores de referencia para este tipo de disciplina deportiva.

Naranjo y col. (Naranjo et al., 2015) describieron la Ratio S-PS como una herramienta útil para monitorizar los cambios del balance autonómico a partir de variables convencionales de VFC. De forma análoga al SS, establecieron el p90 de la muestra (ratio de 0,3) como límite para considerar que la relación estaba alterada en reposo. En nuestra distribución, este límite se correspondería con valores de 0,50 y 0,53 para hombre y mujeres respectivamente. Una ratio superior a estos valores en reposo indicaría una alteración del equilibrio autonómico por una mayor actividad simpática o a una falta de recuperación de la actividad parasimpática en reposo. Este comportamiento del equilibrio simpático-parasimpático va a depender de las características de la carga realizada (CEE) y por otra parte, de la forma en que cada sujeto asimile y responda a esa carga concreta en un momento determinado (CEI).

Por último, la figura 1 muestra la distribución de probabilidad de los sujetos individuales en el marco del comportamiento observado para el grupo. Esta figura muestra la utilidad que tendrá esta distribución de valores normales cuando se aplique al seguimiento de CE en corredores de UTR (incluso de modalidades similares) analizando diariamente un registro basal de VFC de 5 min de duración. Al tratarse de una técnica no invasiva, fácil de realizar y de una duración que no interfiere la rutina diaria, se convierte en una herramienta a tener muy en cuenta para valorar diariamente el grado de recuperación que presenta el deportista respecto a las cargas anteriores y, al mismo tiempo, conocer en qué condiciones enfrenta una nueva sesión de trabajo.

Una limitación de este estudio podría ser el bajo tamaño muestral, pero al tratarse de un grupo de atletas pertenecientes a un mismo equipo de entrenamiento, se consigue una homogeneidad muy valorable en los sujetos y, por otra parte, al tratarse de un seguimiento de un año, el número total de registros es más que suficiente para que resulte estadísticamente válido.

CONCLUSIÓN

Los datos aportados proporcionan valores de referencia de la VFC para atletas de UTR a través de una distribución de percentiles, que pueden ser particularmente útiles cuando la VFC se utiliza para el control de las cargas de entrenamiento para un atleta de resistencia a lo largo de un año de seguimiento. Los registros diarios basales de 5 minutos de duración parecen ser una forma útil para monitorizar el estado de equilibrio simpático-parasimpático antes de abordar las sesiones de entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73.
- 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) H8-H10.
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J., Bourdon, P., Voss, S., Hocking, J., . . . Coutts, A. (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.
- Costa, R. J., Gill, S. K., Hankey, J., Wright, A., & Marczak, S. (2014). Perturbed energy balance and hydration status in ultra-endurance runners during a 24 h ultra-marathon. *British Journal of Nutrition*, 112(3), 428-437.
- 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.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports medicine*, 44, 139–147. doi:10.1007/s40279-014-0253-z
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., . . . Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 45(11), 2061-2071.
- Marina Medina, C., Blanca de la Cruz, T., Alberto Garrido, E., Marco Antonio Garrido, S., & José Naranjo, O. (2012). Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population. *Health*, 2012(Vol. 4 No. 7), 9.
- McGill, R., Tukey, J. W., & Larsen, W. A. (1978). Variations of box plots. *The american statistician*, 32(1), 12-16.
- 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. doi:10.1007/s40279-017-0830-z
- Michael, S., Jay, O., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Higher exercise intensity delays postexercise recovery of impedance-derived cardiac sympathetic activity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(8), 834-840.

- Millet, G. Y., Banfi, J. C., Kerherve, H., Morin, J. B., Vincent, L., Estrade, C., Feasson, L. . (2011). Physiological and biological factors associated with a 24 h treadmill ultra-marathon performance. . *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 21(1), 54-61. . doi:doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01001.x
- 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. *Int J Sports Med*, 36(11), 881-886.
- Nieto-Jiménez, C., Pardos-Mainer, E., Ruso-Álvarez, J. F., & Naranjo-Orellana, J. . (2020). Carga de entrenamiento y VFC en una atleta femenina: Estudio de caso. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(78), 321-333.
- Nieto-Jimenez, C., Ruso-Álvarez, J., Pardos-Mainer, E., Schnettler-Ramírez, M., & Naranjo-Orellana, J. (2020). Basal and post-exercise heart rate variability correlates with training load in endurance athletes. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 13(2), 71-75.
- Nieto-Jimenez, C., Ruso-Álvarez, J., Pardos-Mainer, E., & Naranjo-Orellana, J. . (2020). Heart Rate Variability in the training monitoring of an Ironman runner. A case study. . *Retos*, 37, 339-343.
- Perrotta, A. S., Jeklin, A. T., Hives, B. A., Meanwell, L. E., & Warburton, D. E. (2017). Validity of the elite HRV smartphone application for examining heart rate variability in a field-based setting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(8), 2296-2302.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2014). Heart-rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(6), 1026-1032. doi:10.1123/ijsp.2013-0497
- 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.
- Proietti, R., di Fronso, S., Pereira, L. A., Bortoli, L., Robazza, C., Nakamura, F. Y., & Bertollo, M. (2017). Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1719-1725.
- Sammito, S., & Böckelmann, I. (2016). Reference values for time-and frequency-domain heart rate variability measures. *Heart Rhythm*, 13(6), 1309-1316.
- Sandercock, G., 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.
- Task-Force. (1996). European Society of Cardiology the North American Society of Pacing. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 93.5 1043-1065.
- Tulppo, M. P., Makikallio, T., Takala, T., Seppanen, T., & Huikuri, H. V. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 271(1), H244-H252.
- Zaryski, C., & Smith, D. J. (2005). Training principles and issues for ultra-endurance athletes. *Current sports medicine reports*, 4(3), 165-170.