



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**ENTRENAMIENTO BASADO EN EL
MODELO DE PERIODIZACIÓN “DAY
TO DAY” EN CORREDORES
AMATEURS**

Alumno: María Ruz Ordóñez

Tutor académico: Alejandro Javaloyes Torres

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2021 -2022

Contenido

Resumen.....	3
1. CONTEXTUALIZACIÓN	4
2. MÉTODO.....	6
2.1 Participantes.....	6
2.2 Diseño.....	6
2.3 Metodología y procedimiento.....	6
2.3.1. Entrenamiento VFC.....	6
2.3.2. Velocidad aeróbica máxima (VAM) y tiempo 3000m.....	8
2.3.3. Mediciones VFC	8
3. RESULTADOS	9
4. DISCUSIÓN.....	11
5. CONCLUSIONES	12
6. BIBLIOGRAFÍA	13



Resumen

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing, elit rutrum vitae elementum nulla, volutpat at torquent pharetra iaculis. Turpis praesent quam purus platea torquent morbi velit auctor habitant litora, dignissim ridiculus dapibus integer sociosqu pharetra augue varius enim cubilia, sapien magna himenaeos faucibus penatibus id nam aliquam conubia. Penatibus nec pharetra iaculis accumsan interdum integer platea, est nulla facilisis rhoncus mattis conubia praesent dui, arcu lobortis magna morbi ridiculus montes.



1. CONTEXTUALIZACIÓN

La carrera a pie se ha convertido en una actividad deportiva inmensamente popular, con millones de corredores recreativos que compiten en distancias variables, desde 5km hasta carreras de maratón, en todo el mundo. A pesar de su popularidad, no existe un consenso sobre su práctica para que corredores recreativos entrenen de manera efectiva y alcancen sus objetivos individuales y mejoren el rendimiento físico por la dificultad del tiempo disponible para el entrenamiento y las características físicas, psicológicas y fisiológicas de los corredores (Boullosa et al. 2020).

La monitorización de la carga de entrenamiento en el deporte es esencial para determinar las respuestas individuales generadas por el programa de entrenamiento (Bourdon et al. 2017). Una recuperación incompleta puede desencadenar efectos secundarios relacionados con la acumulación del estrés proveniente de diversas fuentes fisiológicas, conductuales, afectivas, cognitivas, sociales y ambientales (Thayer et al. 2012). La carga de entrenamiento o estímulo en el deporte se define mediante la combinación de tres variables del entrenamiento, como son el volumen, la intensidad y la frecuencia que provocan una respuesta adaptativa en el organismo del deportista, la cual debería repercutir de manera directa sobre el rendimiento deportivo (Mujika 2017). Es por ello que cuantificar de manera adecuada cada uno de estos tres componentes del entrenamiento con el fin de optimizar las adaptaciones del deportista y por consiguiente su rendimiento (Mujika 2017). Para el control de la carga de entrenamiento en los deportistas se distingue entre la carga administrada o la carga de entrenamiento externa (Bourdon et al. 2017) y la forma en que cada sujeto asimila y responde a lo administrado conocido como carga de entrenamiento interna (Sobolewski 2020). Los programas de entrenamiento requieren un estímulo de entrenamiento acuerdo al estado físico del individuo y períodos de recuperación adecuados (Buchheit et al. 2010). La pérdida del equilibrio ante el estímulo puede provocar una disminución en la capacidad de rendimiento debido al desarrollo de fatiga crónica y sobreentrenamiento no funcional (Buchheit et al. 2010). La distribución diaria de la intensidad del entrenamiento puede ser una variable crucial para equilibrar los efectos positivos y negativos del estrés adaptativo para que el desarrollo del proceso de entrenamiento se logre sin estancamiento en el rendimiento del deportista (Seiler, Haugen, and Kuffel 2007).

La existencia de marcadores como la VFC permite conocer la respuesta de nuestro sistema nervioso autónomo ante el estrés o estímulo del entrenamiento actuando como mediador de procesos fisiológicos y psicológicos (Thayer et al. 2012). La variabilidad de la frecuencia cardíaca se define como la variación en el tiempo que transcurre en milésimas de segundos entre los intervalos R y R. Es una técnica de análisis no invasiva y accesible para monitorizar el entrenamiento en corredores recreativos (Boullosa et al. 2021) y deportistas de élite (Plews et al. 2013). La VFC es utilizada para evaluar el estado del sistema nervioso autónomo (SNA), (Altuve 2017) y es responsable de regular nuestra actividad cardíaca (Acharya et al. 2006).

La actividad del SNA se basa en un equilibrio entre el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso parasimpático (SNP) (Rodas et al. n.d.). El aumento o la disminución de la VFC están relacionados con la respuesta simpática y parasimpática (Veloza et al. 2019).

El SNP participa en la regulación del aparato cardiovascular, gestión del reflejo barorreceptor y la liberación de acetilcolina en el nodo sinusal mediada por el nervio vago. La acción de los barorreceptores produce una disminución en la frecuencia cardíaca (FC) que provoca o mantiene el estado de reposo tras un estímulo estresante y el SNS se encarga de aumentar la FC tras la liberación de adrenalina y noradrenalina en el torrente sanguíneo, con el fin de preparar al organismo ante una situación de estrés físico y/o psicológico (Canaria et al. 2018). Los efectos

de las dos divisiones son complementarios, con actividad en los nervios simpáticos que excitan el corazón (aumentan la frecuencia cardíaca), contraen los vasos sanguíneos, y los nervios parasimpáticos inducen la respuesta opuesta (Aubert, Seps, and Beckers 2003). Los cambios en la actividad cardíaca usan componentes de frecuencia: baja frecuencia (LF) 0.041-0.150 Hz, que refleja modulaciones en el SNS y SNP, y alta frecuencia (HF) 0.15-0.40 Hz, que refleja exclusivamente al SNP. Los componentes de frecuencia HF han sido considerados como el principal responsable de la actividad eferente parasimpática y muestran que, durante la recuperación, la actividad parasimpática disminuye progresivamente (Rosales-Soto et al. 2016). Estas medidas pueden ser usadas para ajustar la carga de entrenamiento en el día a día e informar tanto de las adaptaciones positivas como negativas al entrenamiento aeróbico (Buchheit 2014), además de aportar información sobre los estados de estrés físico y psíquico del entrenamiento, o a la competición, siendo un buen marcador predictivo de estados de sobreentrenamiento (Rodas et al. n.d.). Uno de los objetivos de la evaluación diaria de la VFC, trata de modificar los factores prescriptivos del ejercicio diario (Kiviniemi et al. 2007).

Para evaluar o registrar la variabilidad de la frecuencia cardíaca se utilizan distintos métodos; como el electrocardiograma de 24 horas (Veloza et al. 2019) o mediante aparatos portátiles haciendo uso de una banda de pecho (Plews, Scott, et al. 2017). Se han empleado diversos softwares en mediciones de variabilidad de la frecuencia cardíaca con el uso del teléfono inteligente como "HRV4Training" mediante la fotopletiografía (PPG), una técnica no invasiva para rastrear datos de frecuencia cardíaca usando la cámara del teléfono (Altini, Hoof, and Amft 2017) y monitorizar el flujo de sangre usando la luz del flash para realizar la medición inmediatamente después de despertarse para limitar el efecto de otros factores estresantes. La PPG ha sido validada para proporcionar estimaciones fiables de VFC (Lee et al. 2012).

Como función de VFC se usa el rMSSD ya que ha demostrado ser un marcador que informa de la influencia del Sistema Nervioso Parasimpático (SNP) sobre el sistema cardiovascular. Se asocia directamente a la variabilidad a corto plazo (Rodas et al. n.d.) y se utiliza para determinar el estrés fisiológico debido a la carga de entrenamiento. El rMSSD se calcula como el cuadrado de la raíz media de la unión de los intervalos R-R adyacentes (Malik et al. 1996).

La respuesta aguda al ejercicio intenso y agudo reduce durante 24-48h los índices (rMSSD) relacionados con la actividad vagal (Stanley, Peake, and Buchheit 2013). Estos índices tienen relación entre los entrenamientos intensos y las reducciones en la VFC al día siguiente (Altini and Amft 2016). Al considerar la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre los diferentes bloques de entrenamiento, las cargas bajas-moderadas se asocian con un incremento de los índices de VFC relacionados con la actividad vagal, mientras que las cargas altas lo hacen de forma inversa (Garet 2002).

Las adaptaciones óptimas en el entrenamiento de resistencia tratan de encontrar el estímulo más eficiente para optimizar la prescripción de entrenamiento, como la variabilidad en las respuestas fisiológicas al entrenamiento estandarizado relacionado con el equilibrio entre la actividad parasimpática y simpática, facilitando la adaptación de las cargas de entrenamiento a cada deportista para la optimización del rendimiento (Aubert et al. 2003). Individuos a quienes se les prescribieron sesiones de HIT en función de la VFC mostraron mayores mejoras en el VO máx. En el rendimiento entre individuos sanos en comparación con individuos que entrenaron según un programa de entrenamiento predefinido tradicional (Kiviniemi et al. 2010).

Un mismo programa de entrenamiento de resistencia basado en la literatura, recomendaciones generales y experiencia del entrenador no sería óptimo para todos los deportistas a pesar de tener entrenamientos similares (Ville Vesterinen et al. 2016). Los programas de entrenamiento individualizados han garantizado obtener mejores beneficios en el entrenamiento físico para sujetos que son susceptibles de generar una respuesta deficiente al entrenamiento a través de programas estándar (Kiviniemi et al. 2007). (Carrasco-Poyatos et al. 2022) determinó el efecto

de dos métodos de entrenamiento (tradicional y VFC) en el rendimiento y observó un aumento significativo de la velocidad máxima en el grupo de VFC. Además, se obtuvieron mayores mejoras a nivel cardiorespiratorio y rendimiento en carrera que un programa predeterminado con la misma carga de entrenamiento (Kiviniemi et al. 2010). (Javaloyes et al. 2019) muestra que la prescripción de moderada y alta intensidad en base a la VFC podría ser más efectiva que la prescripción de entrenamiento tradicional basada en una carga predeterminada.

El entrenamiento day-to-day o periodización día a día se basa en el ajuste de la carga de entrenamiento en función del estado del deportista y su capacidad de recuperación ante la carga de entrenamiento previamente conocida mediante la respuesta del SNA. Una posible aplicación del modelo sería en población deportista amateur, por ello el objetivo de este trabajo es aplicar una periodización day-to-day basada en la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca para la prescripción de la carga de entrenamiento en la preparación de pruebas de fondo en corredores amateurs.

2. MÉTODO

2.1 Participantes

Tres corredores amateurs (26.5 ± 9.7 años) del Club Atletismo Montilla (Córdoba) participaron en la intervención. Presentaban una experiencia media corriendo de 6 ± 2.8 años y no han seguido ningún plan de entrenamiento previamente individualizado.

2.2 Diseño

El protocolo del trabajo fue dividido en dos periodos: periodo base y periodo de entrenamiento. El periodo base tuvo una extensión de dos semanas fue utilizado como periodo de estandarización y recogida de medidas previas de VFC con el fin de establecer una línea basal de 7 días promediados a partir de los valores individuales de los deportistas. Durante las siguientes 6 semanas, se asignó un programa de entrenamiento en base a los valores tomados en el registro matutino de HRV4training. El objetivo competitivo de la muestra fue la preparación de la prueba popular "Cross de la Batalla de Munda, 18km".

2.3 Metodología y procedimiento

2.3.1. Entrenamiento VFC

Los corredores mantuvieron el mismo volumen semanal de entrenamiento durante los dos periodos (base y entrenamiento). En las semanas de evaluación, no se les permitió realizar ejercicio físico de alta intensidad el día anterior ni durante el día de las pruebas. El periodo base siguió un modelo de periodización de dos semanas seguidas con la misma intensidad de entrenamiento y sirvió como un periodo preparatorio para familiarizarse con las sesiones de entrenamiento y sus intensidades (Tabla 1). Tras el periodo base, el entrenamiento estuvo guiado por la VFC según el estado del sistema nervioso autónomo de los deportistas (Manfred 1998) mediante el algoritmo de toma de decisiones basado en (Kiviniemi et al. 2007) y utilizado por (Javaloyes et al., 2019; 2020) (Figura 1), en el que la periodización del entrenamiento incluía 2 semanas en las que aproximadamente el 50% fueron sesiones de entrenamiento de baja

intensidad (<65% vVO2max), el otro 50% de alta intensidad (≥75-85% vVO2max) y HIIT (>90-95% vVO2max) seguido de una semana de recuperación (2:1). Las sesiones de alta intensidad y HIIT tenían un calentamiento previo y vuelta a la calma de 10-20 minutos.

Este algoritmo basado en la metodología de periodización día a día permitía prescribir la carga de entrenamiento de acuerdo con el estado individual del deportista, la respuesta a dicha carga y la adaptación al entrenamiento previo (Javaloyes et al. 2019). Se estableció una línea basal inicial (SWC). Cuando LnrMSSD7day-roll-avg estaba dentro del SWC, se realizaban sesiones de alta intensidad y HIIT. Si LnrMSSD7day-roll-avg se encontraba fuera del SWC, los deportistas entrenaron solo a baja intensidad o descanso. Cuando LnrMSSD7day-roll-avg retornaba a valores medios de SWC, volvieron a realizar sesiones de alta intensidad y HIIT hasta que LnrMSSD7day-roll-avg quedase fuera del SWC (Figura 2).

La prescripción del entrenamiento se basó en la evaluación (semana 1) de la velocidad aeróbica máxima (VAM) de carrera según un test incremental máximo en campo para determinar la velocidad al VO2max (vVO2max) siendo un predictor del rendimiento en resistencia (Bosquet, Léger, and Legros n.d.). Los tres corredores realizaron la prueba de carrera de 3000 m en una pista de 400 m (semana 1 y 10) y se obtuvo el tiempo y la velocidad media de carrera. Se dejó al menos un día de descanso entre la prueba VAM y la prueba de carrera de 3000 m.

Semana	Prueba	Alta intensidad	HIIT	Baja intensidad
1	VAM; 3000m			
2		30 min a 75-85%		2 sesiones de 50 min <65%
3			6 x 2' 30" min 90-95% / 1'45" min rec <65%	2 sesiones de 50 min <65%
4		30 min a 75-85%	4 x 4 min 90-95% / 2'15" min rec <65%	2 sesiones de 40 min <65%
5		35 min a 75-85%	4 x 5 min 90-95% / 2'30" min rec <65%	2 sesiones entre 30 y 60 min ≤65%
6		40 min a 75-85%		2 sesiones de 50 min <65%
7	Cross Batalla de Munda 18km		6 x 2' 30" min 90-95% / 2 min rec <65%	2 sesiones entre 30 y 50 min ≤65%
8		30 min a 75-85%	4 x 4 min 90-95% / 3 min rec <65%	2 sesiones entre 40 y 50 min <65%
9			6x 3 min 90-95% / 2 min rec <65%	2 sesiones entre 50 y 60 min <65%
10	3000m			

Tabla 1. Periodización y distribución del entrenamiento

Las intensidades de entrenamiento se expresan como porcentaje de la velocidad al consumo máximo de oxígeno (vVO2max).

3. RESULTADOS

El promedio de horas de entrenamiento semanal durante el periodo de 8 semanas fue de 2 h, 48 min \pm 28 min y un total de 33 \pm 7,5 km de carrera a pie.

El tiempo empleado a alta intensidad (≥ 75 -85% vVO₂max) fue de 12 h, 40 min y 53 s y a baja intensidad (≤ 65 % vVO₂max) 49 h, 37 min y 28 s. El primer corredor realizó un total de 3h, 52 min y 19 s de alta intensidad y 14h, 43 min y 12 s de baja intensidad, el segundo completó 4h, 24 min y 34 s de alta intensidad y 17h, 47 min y 42 s a baja intensidad y el tercer deportista hizo 4h, 24 min a alta intensidad y 17h, 6 min y 34 s a baja intensidad.

3.1 Cambios en el rendimiento

El rendimiento de carrera se midió a través de la prueba de 3000m y se obtuvo un tiempo medio de 11:56 minutos \pm 57 segundos. Los tres corredores mejoraron su tiempo en la prueba del pre al post entrenamiento (Tabla 2). El rendimiento de los deportistas en 3000m mejoró un 2.06% en comparación al primer test del periodo base y el tiempo (-15.20 s) tras la intervención.

Variables	Deportista 1			Deportista 2			Deportista 3		
	PRE	POST	% dif	PRE	POST	% dif	PRE	POST	% dif
vVO ₂ max (km/h)	15,6			15,7			18,1		
Tiempo 3000m (min:s)	13:22	12:54	-3,49%	12:22	12:18	-0,54%	10:52	10:38	-2,15%

Tabla 2. Cambios individuales en el rendimiento en carrera después de 8 semanas de entrenamiento guiado por VFC

3.2 Registros de HRV y cambios en la actividad parasimpática de los deportistas

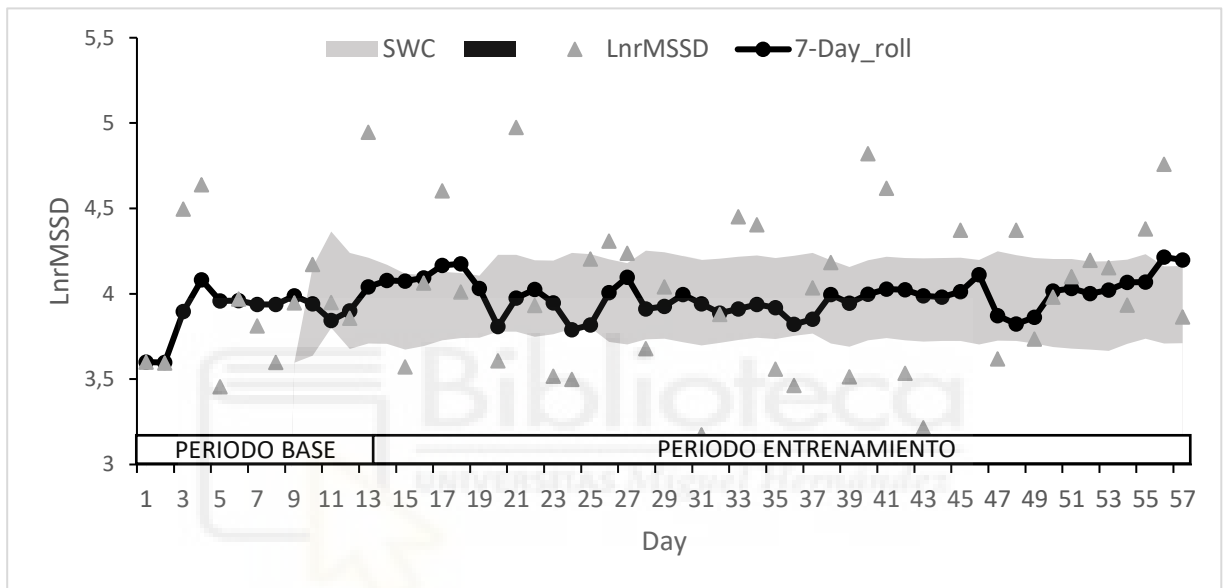
La carga de entrenamiento durante la intervención no se mantuvo en los dos periodos por igual, el periodo de base incluía 1 sesión de alta intensidad a la semana y el periodo de entrenamiento 2 sesiones de alta intensidad por semana, un total de 12 sesiones a alta intensidad en ambos periodos.

En general los valores de VFC de los corredores se mantuvieron a lo largo de la intervención dentro del SWC, lo que puede indicar que los deportistas han “hecho frente” a la carga de entrenamiento aplicada y presentan adaptaciones positivas (Plews et al. 2013). La Figura 2 representa tres ejemplos de individualización basada en VFC en la prescripción de entrenamiento. Los valores de VFC del deportista 1 se encontraron dentro del SWC durante toda la intervención, adaptándose a la cantidad de alta y baja intensidad prescrita. Completó 9 sesiones a alta intensidad en el periodo de entrenamiento. Previo a la prueba de 3000m tuvo un aumento de la actividad parasimpática que mostró un mejor resultado en el tiempo a diferencia de los demás corredores.

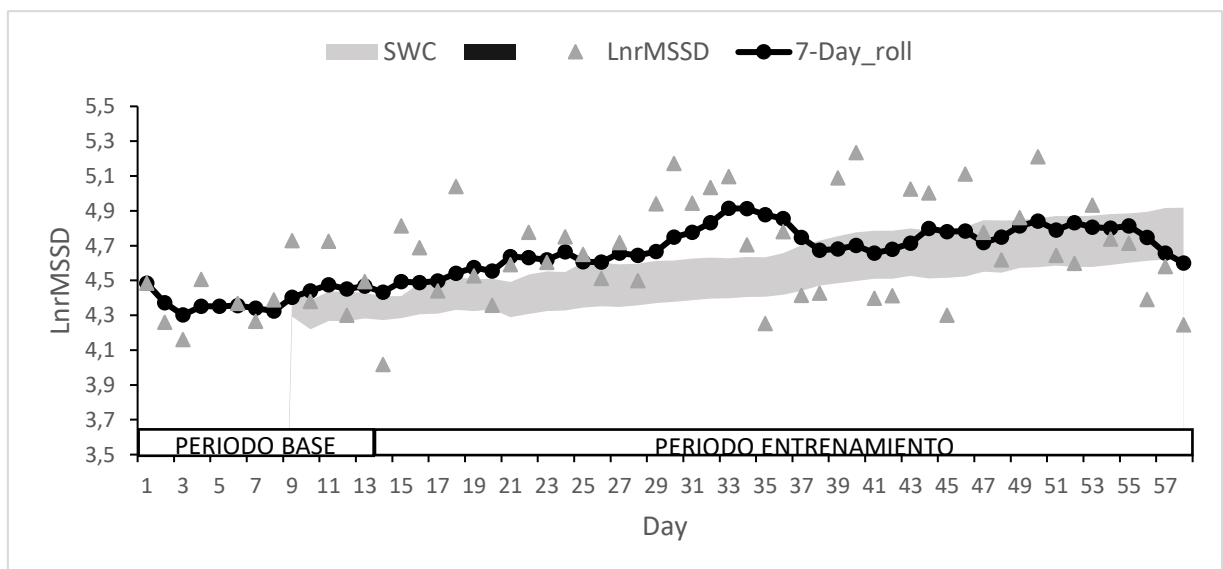
Los datos Ln rMSSD (promedio) incluso superaron el SWC (deportista 2) las semanas previas a la prueba de 18km del día 42 antes de que sus valores disminuyeran a niveles ligeramente más bajos (generalmente dentro del SWC) después de la carrera. El deportista 2 realizó también alta

intensidad, pero un total de 7 sesiones completadas en el periodo de entrenamiento y 9 en ambos periodos. Sin embargo, la respuesta a la alta intensidad fue buena. Sus valores de VFC fueron disminuyendo a medida que se acercaba la valoración de la prueba de 3000. Una posible explicación de la disminución de la VFC en los días anteriores a una valoración o competición podría deberse al estrés previo. Sin embargo, no se ha demostrado que los cambios en la actividad parasimpática estén asociados con una posible ansiedad previa a la competición, y los valores de VFC (Parisi, Salvo, and Norbiato n.d.).

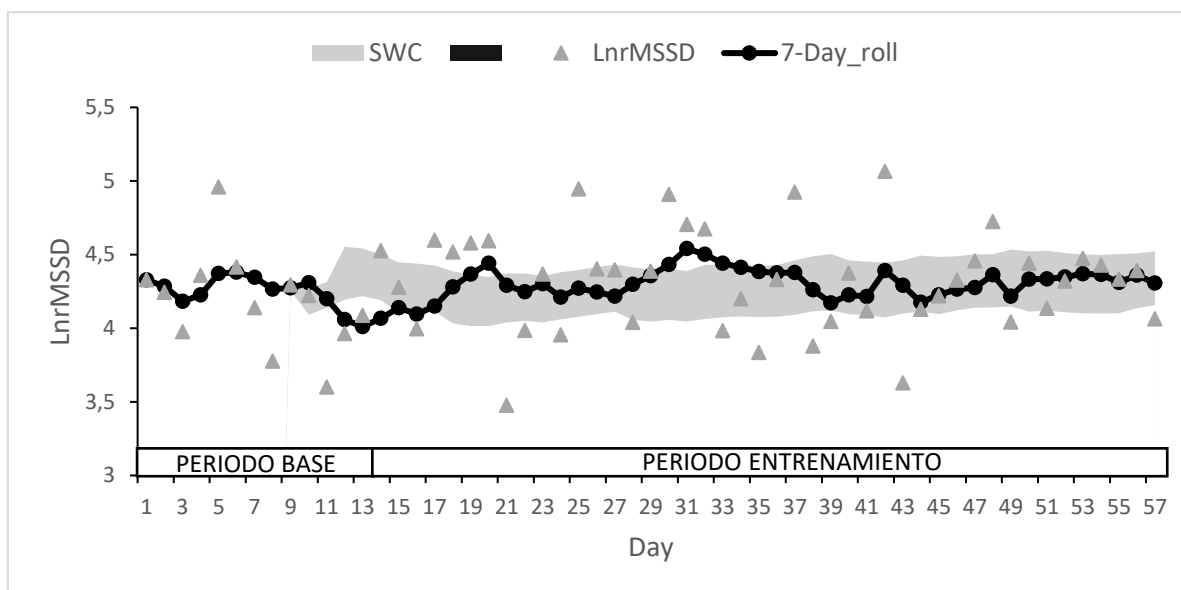
En cambio, el deportista 3 (Figura 2) realizó en los dos periodos un total de 11 sesiones a alta intensidad. En el periodo base, sus valores de VFC estaban por debajo del SWC que podría estar asociado al estrés laboral. En consecuencia, el periodo de entrenamiento comenzó con baja intensidad hasta que sus valores volvieron al SWC.



Deportista 1



Deportista 2



Deportista 3

Figura 2. Respuestas individuales de la VFC de los corredores durante la intervención. (SWC) Línea basal. (LnrMSSD) Logaritmo neperiano de la raíz cuadrada de la diferencia entre intervalos R-R. (LnrMSSD_{7day-roll-avg}) Promedio de 7 días del logaritmo neperiano de la raíz cuadrada de la diferencia entre intervalos R-R.

4. DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue aplicar un modelo de periodización guiada por la VFC para la prescripción de la carga de entrenamiento, determinando su efecto sobre el rendimiento en corredores de fondo de nivel amateur evaluados a partir de pruebas de campo.

La mayor parte de los trabajos que relacionan la variabilidad de la frecuencia cardiaca con el entrenamiento, realizan un uso habitual del LnrMSSD registrado en un promedio de 7 días con el objetivo de relacionarlo con la carga de entrenamiento diaria y conocer el impacto de esta sobre el estado del deportista (Javaloyes et al. 2019; Plews et al. 2012; Plews, Laursen, and Buchheit 2017).

Los principales resultados fueron una mejora en el rendimiento de la carrera de 3000 m en el grupo a través de los índices derivados de la VFC en corredores moderadamente entrenados al realizar sesiones de alta y baja intensidad. Los corredores mostraron una mejora del 2.06 % en el tiempo de la prueba de 3000 m después de 8 semanas de entrenamiento en función del estado de regulación del sistema nervioso autónomo (Tabla 2). Dos corredores respondieron mejor ante una gran cantidad de baja y alta intensidad prescrita, mientras que otro corredor obtuvo buena respuesta a una dosis más pequeña de sesiones de alta intensidad. Esto podría explicarse según el estudio de (V. Vesterinen et al. 2016), mostró que algunos individuos respondieron mejor a baja intensidad y otros a alta intensidad. Se destaca que las personas con una actividad vagal más baja y un historial de entrenamiento menor logran una mayor adaptación al entrenamiento de baja intensidad independientemente de la edad y el nivel de condición física inicial a diferencia de las personas con mayor actividad vagal que podrían tener

una mejor capacidad para hacer frente a una mayor intensidad y carga de entrenamiento para lograr una mayor adaptación al entrenamiento. También parece que la recuperación de la VFC de los individuos y la capacidad para hacer frente a un entrenamiento vigoroso son diferentes. El deportista 1 en el periodo de entrenamiento realizó 9 sesiones de alta intensidad a diferencia del deportista 2 que completó 7 sesiones y entrenó solo a baja intensidad durante la última semana de intervención porque sus valores de RMSSD fueron disminuyendo, incluso en los últimos días se encontraron por debajo del SWC (Figura 2).

Por otro lado, las mediciones de VFC pueden ayudar a determinar el momento de las sesiones de entrenamiento intensivo en función del estado de la regulación del sistema nervioso autónomo (Kiviniemi et al. 2007). Por ejemplo, en el periodo base del deportista 3 se obtuvieron valores de VFC por debajo del SWC, por lo que el periodo de entrenamiento comenzó con baja intensidad hasta que sus valores volvieran al SWC. Se podría suponer que la alta intensidad predefinida en ese estado de estrés no daría como resultado un entrenamiento óptimo; por lo tanto, se recomendaría baja intensidad para mejorar el proceso de recuperación (Figura 1).

El entrenamiento guiado por VFC proporciona una herramienta práctica para adaptar mejor la prescripción del entrenamiento en corredores de fondo, aumentando la importancia de la periodización del entrenamiento día a día.

5. CONCLUSIONES

El uso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca como base de la periodización día a día se ha convertido en una nueva metodología de entrenamiento altamente empleada en deportes de resistencia. La utilidad de la VFC en el control del entrenamiento dispone de una metodología fiable y sencilla de manejar e interpretar por la mayor parte de los entrenadores y deportistas permitiendo conocer el estado de fatiga del deportista de forma objetiva y adaptar las sesiones de entrenamiento según los valores obtenidos.

De esta forma, concluimos que el uso de la VFC como medio de monitorización del entrenamiento podría ser una herramienta útil para mejorar la resistencia y el rendimiento de carrera en un determinado período de tiempo en deportistas entrenados, con el fin de optimizar el tiempo de las sesiones a alta/baja intensidad. Especialmente podría recomendarse a deportistas recreativos prestando atención a las necesidades individuales de cada uno.

Estos resultados tienen implicaciones prácticas importantes y sugieren que el uso del dispositivo HRV4Training permite recopilar directamente datos de recuperación diarios y controlar otros factores que influyen en la recuperación del estrés sin comprometer la validez de los datos. Las mediciones de VFC pueden optimizar los ajustes realizados en la planificación del proceso de entrenamiento, adaptando la individualización del entrenamiento para maximizar el trabajo de los corredores de fondo.

Así pues, un modelo de periodización day to day basado en la variabilidad de frecuencia cardíaca resulta de gran ayuda para la prescripción del entrenamiento de resistencia en corredores amateur, especialmente para ajustar el volumen y la intensidad del entrenamiento, para lograr mayores mejoras en su rendimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, U. Rajendra, K. Paul Joseph, N. Kannathal, Choo Min Lim, and Jasjit S. Suri. 2006. "Heart Rate Variability: A Review." *Medical and Biological Engineering and Computing* 44(12):1031–51.
- Altini, Marco, and Oliver Amft. 2016. HRV4Training: Large-Scale Longitudinal Training Load Analysis in Unconstrained Free-Living Settings Using a Smartphone Application.
- Altini, Marco, Chris van Hoof, and Oliver Amft. 2017. Relation Between Estimated Cardiorespiratory Fitness and Running Performance in Free-Living: An Analysis of HRV4Training Data Special Issue "Smartphones and Wearable Sensors for Monitoring Heart Rate and Heart Rate Variability" View Project Bloomlife: Improving Prenatal Health through Longitudinal Physiological Monitoring at Large Scale View Project Relation Between Estimated Cardiorespiratory Fitness and Running Performance in Free-Living: An Analysis of HRV4Training Data.
- Altuve, Miguel Alfonso. 2017. Variabilidad de La Frecuencia Cardíaca: Técnicas Temporales, Frecuenciales y No Lineales Eliminación Del Desplazamiento de La Línea de Base Del ECG View Project Atrial Fibrillation Detection in Short Single Lead ECG Recordings Using Wavelet Transform and Artificial Neural Networks View Project.
- Aubert, André E., Bert Seps, and Frank Beckers. 2003. "Heart Rate Variability in Athletes." *Sports Medicine* 33(12):889–919.
- Bosquet, Laurent, Luc Léger, and Patrick Legros. n.d. Methods to Determine Aerobic Endurance.
- Boullosa, Daniel, Jonathan Esteve-Lanao, Arturo Casado, Leonardo A. Peyré-Tartaruga, Rodrigo Gomes da Rosa, and Juan del Coso. 2020. "Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners." *Sports* 8(3).
- Boullosa, Daniel, André R. Medeiros, Andrew A. Flatt, Michael R. Esco, Fabio Y. Nakamura, and Carl Foster. 2021. "Relationships between Workload, Heart Rate Variability, and Performance in a Recreational Endurance Runner." *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 6(1). doi: 10.3390/jfkm6010030.
- Bourdon, Pitre C., Marco Cardinale, Andrew Murray, Paul Gastin, Michael Kellmann, Matthew C. Varley, Tim J. Gabbett, Aaron J. Coutts, Darren J. Burgess, Warren Gregson, and N. Timothy Cable. 2017. "Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12:161–70. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208.
- Buchheit, Martin. 2014. "Monitoring Training Status with HR Measures: Do All Roads Lead to Rome?" *Frontiers in Physiology* 5 FEB. doi: 10.3389/fphys.2014.00073.
- Buchheit, Martin, A. Chivot, J. Parouty, D. Mercier, H. al Haddad, P. B. Laursen, and S. Ahmaidi. 2010. "Monitoring Endurance Running Performance Using Cardiac Parasympathetic Function." *European Journal of Applied Physiology* 108(6):1153–67. doi: 10.1007/s00421-009-1317-x.
- Canaria, España, Jesús ;. E. Ortigosa, Rafael ;. Reigal, Gabriel Carranque, and Antonio ; Hernández-Mendo. 2018. "Redalyc.VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA:

INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES PRÁCTICAS PARA EL CONTROL DE LOS PROCESOS ADAPTATIVOS EN EL DEPORTE.” 13(1):121–30.

- Carrasco-Poyatos, María, Alberto González-Quílez, Marco Altini, and Antonio Granero-Gallegos. 2022. “Heart Rate Variability-Guided Training in Professional Runners: Effects on Performance and Vagal Modulation.” *Physiology and Behavior* 244. doi: 10.1016/j.physbeh.2021.113654.
- Esco, Michael R., and Andrew A. Flatt. 2014. *Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Indexes at Rest and Post-Exercise in Athletes: Evaluating the Agreement with Accepted Recommendations*. Vol. 13.
- García, G. C., J. D. Secchi, C. R. Arcuri, Argentina San Jorge Rugby Club San Rafael, and Mendoza Argentina. 2014. *Medicina Del Deporte Comparación de Las Velocidades Alcanzadas Entre Dos Test de Campo de Similares Características: VAM-EVAL y UMTT*. Vol. 7.
- Garet, Martin. 2002. “Autonomic Adaptations to Intensive and Overload Training Periods: A Laboratory Study.” doi: 10.1249/01.MSS.0000035993.08625.31.
- Javaloyes, Alejandro, Jose Manuel Sarabia, Robert Patrick Lamberts, and Manuel Moya-Ramon. 2019. “Training Prescription Guided by Heart-Rate Variability in Cycling.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 14(1):23–32. doi: 10.1123/ijsp.2018-0122.
- Kiviniemi, Antti M., Arto J. Hautala, Hannu Kinnunen, Juuso Nissilä, Paula Virtanen, Jaana Karjalainen, and Mikko P. Tulppo. 2010. “Daily Exercise Prescription on the Basis of Hr Variability among Men and Women.” *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42(7):1355–63. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181cd5f39.
- Kiviniemi, Antti M., Arto J. Hautala, Hannu Kinnunen, and Mikko P. Tulppo. 2007. “Endurance Training Guided Individually by Daily Heart Rate Variability Measurements.” *European Journal of Applied Physiology* 101(6):743–51. doi: 10.1007/s00421-007-0552-2.
- Lee, Jinseok, Bersain A. Reyes, David D. McManus, Oscar Mathias, and Ki H. Chon. 2012. “Atrial Fibrillation Detection Using a Smart Phone.” Pp. 1177–80 in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*.
- Malik, Marek, A. John Camm, J. Thomas Bigger, Günter Breithardt, Sergio Cerutti, Richard J. Cohen, Philippe Coumel, Ernest L. Fallen, Harold L. Kennedy, Robert E. Kleiger, Federico Lombardi, Alberto Malliani, Arthur J. Moss, Jeffrey N. Rottman, Georg Schmidt, Peter J. Schwartz, and Donald H. Singer. 1996. “Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use.” *Circulation* 93(5):1043–65. doi: 10.1161/01.cir.93.5.1043.
- Manfred, Lehmann. 1998. *Autonomic Imbalance Hypothesis and Overtraining Syndrome*. Vol. 30.
- Mujika, Iñigo. 2017. “Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12:9–17.
- Pallarés, Jesús G., Víctor Cerezuela-Espejo, Ricardo Morán-Navarro, Alejandro Martínez-Cava, Elena Conesa, and Javier Courel-Ibáñez. 2019. “A New Short Track Test to Estimate the

- VO2max and Maximal Aerobic Speed in Well-Trained Runners.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 33(5):1216–21. doi: 10.1519/JSC.0000000000003121.
- Pallarés, Jesús García, and ; Morán-Navarro. n.d. “PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA CARDIORRESPIRATORIA METHODOLOGICAL APPROACH TO THE CARDIORESPIRATORY ENDURANCE TRAINING.” *J Sport Health Res Journal of Sport and Health Research* 2012(2):119–36.
- Parisi, Attilio, Valter di Salvo, and Guido Norbiato. n.d. *The Stress of Competition Dissociates Neural and Cortisol Homeostasis in Elite Athletes.*
- Plews, Daniel J., Paul B. Laursen, and Martin Buchheit. 2017. “Day-to-Day Heart-Rate Variability Recordings in World-Champion Rowers: Appreciating Unique Athlete Characteristics.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12(5):697–703. doi: 10.1123/ijsp.2016-0343.
- Plews, Daniel J., Paul B. Laursen, Andrew E. Kilding, and Martin Buchheit. 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):3729–41. doi: 10.1007/s00421-012-2354-4.
- Plews, Daniel J., Paul B. Laursen, Jamie Stanley, Andrew E. Kilding, and Martin Buchheit. 2013. “Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring.” *Sports Medicine* 43(9):773–81.
- Plews, Daniel J., Ben Scott, Marco Altini, Matt Wood, Andrew E. Kilding, and Paul B. Laursen. 2017. “Comparison of Heart-Rate-Variability Recording with Smartphone Photoplethysmography, Polar H7 Chest Strap, and Electrocardiography.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12(10):1324–28. doi: 10.1123/ijsp.2016-0668.
- Rodas, Gil, Carles Pedret Carballido, Juan Ramos, Lluís Capdevila, Mútua Activa, and Gil Roldas Avda Aristides Maillol. n.d. VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA: CONCEPTO, MEDIDAS Y RELACIÓN CON ASPECTOS CLÍNICOS (I) VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA: CONCEPTO, MEDIDAS Y RELACIÓN CON ASPECTOS CLÍNICOS (I) HEART RATE VARIABILITY: DEFINITION, MEASUREMENT AND CLINICAL RELATION ASPECTS (I) CONCEPTO DE VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA (VFC).
- Rosales-Soto, G., R. Corsini-Pino, M. Monsálves-Álvarez, and R. Yáñez-Sepúlveda. 2016. “Response of the Sympathetic-Parasympathetic Balance of the Heart Rate Variability during a Week of Aerobic Training in Road Cyclists.” *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte* 9(4):143–47. doi: 10.1016/j.ram.2015.07.002.
- Seiler, Stephen, Olav Haugen, and Erin Kuffel. 2007. “Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Intensity and Duration Effects.” *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(8):1366–73. doi: 10.1249/mss.0b013e318060f17d.
- Sobolewski, Eric J. 2020. “The Relationships between Internal and External Load Measures for Division I College Football Practice.” *Sports* 8(12):1–8. doi: 10.3390/sports8120165.
- Stanley, Jamie, Jonathan M. Peake, and Martin Buchheit. 2013. “Consecutive Days of Cold Water Immersion: Effects on Cycling Performance and Heart Rate Variability.” *European Journal of Applied Physiology* 113(2):371–84. doi: 10.1007/s00421-012-2445-2.

- Thayer, Julian F., Fredrik Åhs, Mats Fredrikson, John J. Sollers, and Tor D. Wager. 2012. "A Meta-Analysis of Heart Rate Variability and Neuroimaging Studies: Implications for Heart Rate Variability as a Marker of Stress and Health." *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 36(2):747–56.
- Veloza, L., Camilo Jiménez, Daniel Quiñones, Felipe Polanía, Lida C. Pachón-Valero, and Claudia Y. Rodríguez-Triviño. 2019. "Heart Rate Variability as a Predictive Factor of Cardiovascular Diseases." *Revista Colombiana de Cardiología* 26(4):205–10.
- Vesterinen, V., K. Häkkinen, T. Laine, E. Hynynen, J. Mikkola, and A. Nummela. 2016. "Predictors of Individual Adaptation to High-Volume or High-Intensity Endurance Training in Recreational Endurance Runners." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26(8):885–93. doi: 10.1111/sms.12530.
- Vesterinen, Ville, Ari Nummela, Ida Heikura, Tanja Laine, Esa Hynynen, Javier Botella, and Keijo Häkkinen. 2016. "Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48(7):1347–54. doi: 10.1249/MSS.0000000000000910.

