

TRABAJO FINAL DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad física y
el deporte



ENTRENAMIENTO BASADO EN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA. Una revisión bibliográfica

Alumno: Francisco Javier Martínez
Barrios

Tutor académico: Manuel Mateo March

Curso académico: 2023-2024

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA).....	5
2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	5
2.2 ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA.....	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO).....	7
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS.....	7
3.2 RESULTADOS.....	9
4. DISCUSIÓN.....	11
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	13
6. BIBLIOGRAFÍA	14
7. ANEXOS.....	16



1. CONTEXTUALIZACIÓN

La adecuada prescripción de la carga de entrenamiento es fundamental para alcanzar un desempeño óptimo en el ámbito deportivo, y se fundamenta en la apropiada manipulación de variables clave del programa de entrenamiento, tales como el volumen, la intensidad y la frecuencia. La dosificación precisa del entrenamiento promueve adaptaciones fisiológicas favorables, mientras que simultáneamente mitiga el riesgo de lesiones y el desarrollo del síndrome de sobreentrenamiento (Bourdon et al. 2017). Por consiguiente, la aplicación de estrategias de periodización y el control riguroso de la carga de entrenamiento constituyen elementos esenciales para propiciar las adecuadas respuestas fisiológicas y, en última instancia, optimizar el rendimiento deportivo.

Generalmente, esta prescripción de la carga de entrenamiento se basa en un programa predeterminado que se trabaja desde que un atleta tiene que alcanzar su punto máximo en cierto evento deportivo. Dentro de la periodización del entrenamiento, tenemos varias estrategias o enfoques. La periodización por bloques (BP), se ha convertido en uno de los métodos más usados para estructurar las cargas de entrenamiento, consiste en ciclos de entrenamientos de cargas concentradas que inciden en unas capacidades mínimas, para maximizar el desarrollo y evitar un incremento excesivo de la fatiga (Issurin et al., 2008). El método basado en la periodización en bloques se ha utilizado en múltiples deportes individuales, desde ciclismo, kayak y esquí de fondo, y la bibliografía defiende un mayor rendimiento en comparación con los tipos de periodización individual.

En kayak y esquí de fondo (Pallares et al., 2010; Breil et al., 2010), observaron una mayor efectividad de la periodización en bloques (BP) que la periodización tradicional (TP), debido a un mayor incremento en las variables de rendimiento y de condición física. En ciclistas (Rønnestad et al., 2012), muestra un mayor aumento del VO₂máx, también un mayor incremento de la PAM (potencia aeróbica máxima), una mayor producción de potencia a 2 mmol/L de lactato y un mayor rendimiento en la contrarreloj de 40 minutos en el grupo guiado por la periodización en bloques sobre el grupo de entrenamiento basado en la periodización tradicional.

Sin embargo, la mayor parte de la investigación muestra que los programas de entrenamiento tradicionales muestran una gran variación interpersonal, mostrando resultados muy heterogéneos, sujetos que mejoran más que otros, algunos que no responden y algunos sujetos que incluso disminuyen el rendimiento (Bouchard et al., 2001). Estas diferencias individuales pueden ser debidas a múltiples factores, tanto internos o externos, como son: edad, genética (un 50%), sexo, intensidad, nivel de entrenamiento basal, volumen y métodos de prescripción (Meyler et al., 2021).

Con el aumento y crecimiento de nuevas tecnologías y tendencias, se han visto aumentadas las posibilidades de monitorizar la carga a los atletas de manera objetiva, dando la oportunidad de individualizar y adaptar los programas de entrenamiento para una mayor efectividad de estos métodos y conseguir una mayor homogeneidad en la respuesta. Una de las nuevas herramientas que es muy prometedora para el seguimiento y ajuste del entrenamiento es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV). Se ha demostrado su validez y fiabilidad para medir el estado del sistema nervioso autónomo y la regulación autónoma cardíaca (European heart journal., 1996) sin ser una práctica invasiva, lo cual puede reflejar una adaptación positiva o negativa a los programas de entrenamiento y la fatiga inducida por el exceso de entrenamiento. Los aumentos en las variables fisiológicas como: HRR post- ejercicio, aceleración de la FC y los índices vagales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), indican una adaptación positiva del entrenamiento, lo cual incide positivamente en el rendimiento (Bellenguer et al., 2016). Esto nos muestra la importancia y la utilidad de monitorizar individualmente mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), ya que es un gran

indicador útil del estado de entrenamiento y recuperación y una herramienta válida para prescribir el entrenamiento y controlar el nivel de fatiga (Vesterinen et al., 2011).

El avance en la tecnología permite mediciones más cortas (mayor rapidez) y más accesibles, desde aplicaciones móviles. La aplicación Ithlete para teléfonos es una herramienta válida y fiable (alta correlación respecto al electrocardiograma), para recoger datos de la HRV en plazos ultracortos, identificar los cambios con precisión y es muy fácil de usar sin requerir personal cualificado (Flatt et al., 2013), lo cual es una herramienta potencialmente útil para la evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en entornos de investigación, que permite su medición diaria y con ello tomar decisiones en función de sus valores (modelo day-to-day), permitiendo su uso para prescribir el entrenamiento en deportes individuales y cíclicos. No es la única aplicación validada, HRV4Training, con una gran correlación entre la frecuencia cardiaca, HRV y carga de entrenamiento independientemente del género y grupo de edad (Altini et al., 2016). Respecto a un electrocardiograma, Weltory y Elite HRV no mostraron diferencias ni en posición supina ni sentada, con unos niveles de correlación muy fuertes, siendo válidas para monitorear la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante mediciones de longitud corta y ultracorta en atletas de resistencia de élite (Moya et al., 2022).

La HRV se ha utilizado para prescribir el entrenamiento en ciclismo, corredores y esquí de fondo. En ciclistas, (Javaloyes et al., 2019) mostraron un mayor incremento en el grupo guiado en base a la HRV en la PPO (peak power output), WVT2 (potencia generada en segundo umbral) y en 40TT (minutos contrarreloj) en comparación con un programa de entrenamiento predefinido. En corredores, (Kiviniemi et al., 2007), reportaron grandes beneficios en el entrenamiento guiado por la HRV, aumentando el VO_2 peak (porque no se llegó a la meseta en la prueba incremental), la velocidad de carrera a velocidad de VT (umbral ventilatorio) y una mayor homogeneidad en los resultados mostrados. Los resultados en esquí nórdico con deportistas de élite (Schmitt et al., 2018) defienden el uso de los programas guiados en base a la HRV, ya que los resultados muestran una menor actividad simpática y mitigan la disminución de la actividad parasimpática en comparación con el entrenamiento predefinido.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN

La metodología empleada para la realización de la revisión bibliográfica se ha estructurado en función de las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) con el fin de recoger información acerca del análisis y la eficacia del entrenamiento basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y su comparación con una prescripción tradicional (Modelo por bloques: BP). Se realizó una búsqueda de la literatura desde noviembre de 2023 hasta marzo de 2024, para llevar a cabo esta investigación se buscó información en las siguientes bases de datos: Scopus y PubMed.

2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Respecto a los criterios que se utilizaron para la selección se destacan los siguientes:

- Criterios de inclusión: Respecto al idioma, los artículos debían estar publicados en español y/o inglés. También, eran artículos que incluían en sus estudios intervenciones con un plan de entrenamiento basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, para analizar su efectividad en el rendimiento deportivo.
- Criterios de exclusión: si los artículos eran en un idioma diferente al inglés y español, si no correspondían a los objetivos que se plantean en este trabajo y si solo había un grupo de entrenamiento basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca sin haber un grupo basado en una periodización tradicional para poder evaluar las diferencias.

2.2 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Se llevó a cabo una búsqueda a través de palabras clave en inglés como son "endurance training", "heart rate variability" y "training prescription". Buscamos en dos bases de datos, como cada una es diferente, en la tabla se muestra las estrategias de búsqueda en cada una:

Tabla 1. Estrategias de búsqueda empleadas.

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA
Pubmed	Endurance training, heart rate variability, training prescription.
Scopus	" Endurance training" AND "heart rate variability" AND "training prescription"

Para la primera búsqueda se dieron diferentes resultados dependiendo de la base de datos utilizada, quedando así los resultados:

- En Pubmed, se encontraron 46 resultados.
- En Scopus, se mostraron 42 resultados.

Finalmente, tras realizar una síntesis y recopilación de las dos bases de datos, lo primero que se mostró tras la búsqueda con las palabras clave fueron 88 resultados, los cuales en la primera etapa donde se eliminaron los duplicados, fueron descartados 24. En la segunda etapa, 48 resultados fueron eliminados ya que no cumplían los criterios de inclusión. Por último, en la tercera etapa, 7 resultados fueron descartados, quedando finalmente 9 artículos para la selección.

El procedimiento seguido para la búsqueda, la selección y el cribado de los resultados se muestra en la figura 1, donde se pueden ver y diferenciar las tres etapas:

1. Eliminar duplicados.
2. Eliminar por lectura del título y resumen.
3. Eliminar por lectura del texto completo.

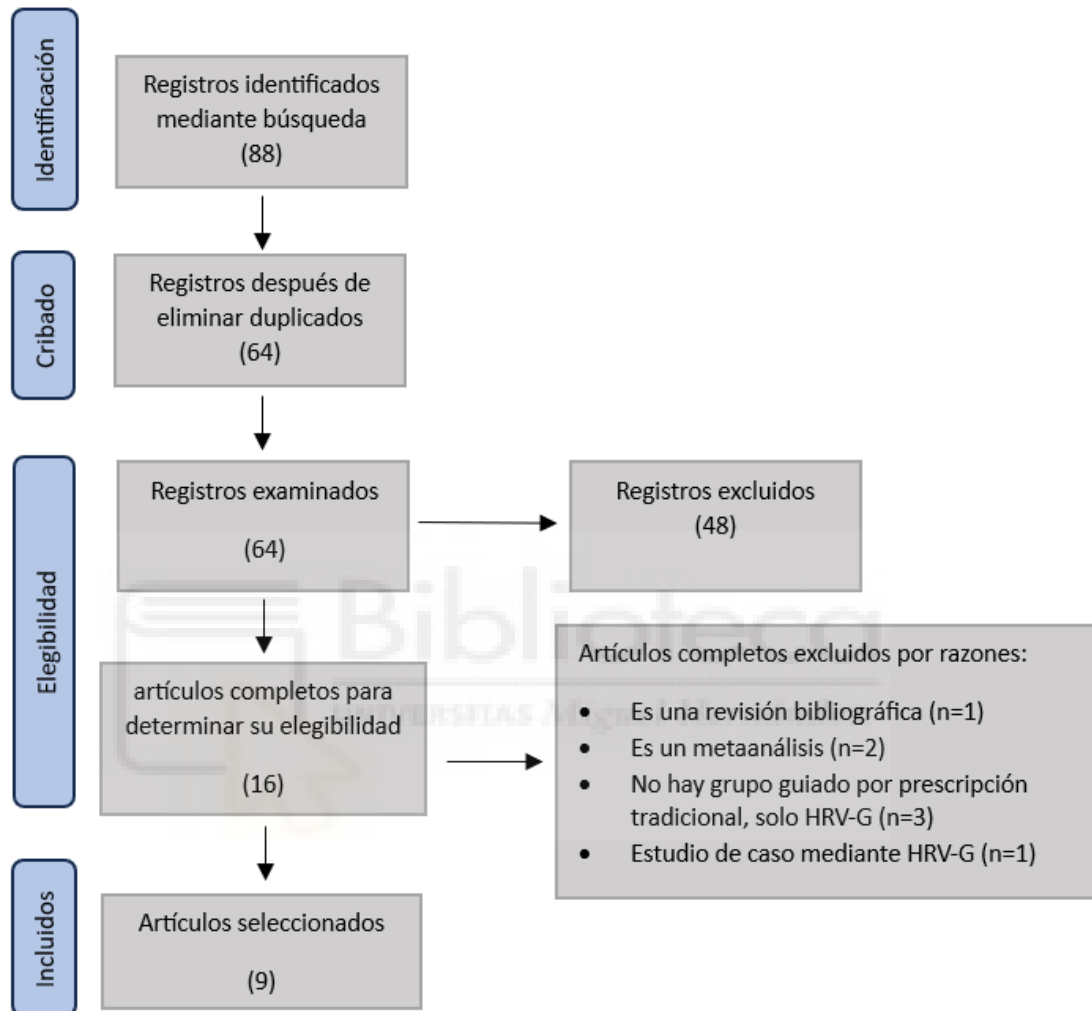


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (Desarrollo).

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

Este trabajo se llevó a cabo con un total de 9 artículos, que se detallan a continuación en la Tabla 1. Los estudios revisados presentan tamaños muestrales que oscilan entre 17 y 40 participantes. En cuanto al género, la mayoría de los estudios incluyen únicamente participantes masculinos, (Da Silva et al., 2019) es la excepción, con un grupo exclusivamente femenino. Otros estudios incluyen participantes de ambos sexos (Vesterinen et al., 2016; Kiviniemi et al., 2010; Schmitt et al., 2018). Respecto a la disciplina deportiva, la mayoría de los estudios se centran en corredores, excepto (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019) que se centran en ciclistas, y (Schmitt et al., 2018) que se centra en profesionales de ski nórdico. La edad de los participantes oscila entre 20,5 y los 44,5 años en todos los estudios, sin incluir menores de edad. La duración de los estudios es de 8 semanas salvo (Da Silva, et al., 2019) con una duración de 11 semanas, (Kiviniemi et al., 2007) con una duración de 4 semanas y (Schmitt et al., 2018) con una duración de 15 días.

En cuanto a la organización de los grupos, en todos los artículos, los sujetos se distribuyeron en dos grupos: uno compuesto por individuos cuyo entrenamiento estaba guiado por la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y otro grupo con una periodización tradicional (predeterminada). Sin embargo, en el estudio de Kiviniemi et al. (2007), los sujetos se dividieron en tres grupos, añadiendo un grupo de control. En el estudio de Kiviniemi et al. (2010), los sujetos también se dividieron en tres grupos: dos grupos basados en la HRV, donde el grupo 1 (HRV-G) estaba compuesto por 50% hombres y 50% mujeres, y el grupo 2 (HRV-G) por 100% hombres, mientras que el tercer grupo seguía una periodización tradicional (PT). El artículo de Schmitt et al. (2018) modificó la composición de los grupos de la siguiente manera: el primer grupo consistía en individuos que seguían un entrenamiento basado en la HRV (HRV-G) en hipoxia, el segundo grupo seguía una periodización tradicional (PT) con hipoxia durante el sueño (reducción del suministro de oxígeno), y el tercer grupo también seguía una periodización tradicional (PT) pero con normoxia (niveles adecuados de oxígeno) durante el sueño.

En cuanto a la medición de los registros de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, todos los registros se realizaron por la mañana al despertarse, salvo (Nutilla et al., 2017) el cual también incluyó un registro nocturno, no diario sino cada dos días. En cuanto los registros al despertar, todas las mediciones se toman con la vejiga vacía. En cuanto al tiempo y la posición de la medición, los artículos difieren mucho entre unos y otros. (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019) realiza mediciones de 90 segundos, cuyos últimos 60 segundos son los utilizados y se realiza en posición supina, en el estudio de (Vesterinen et al., 2016) se realizan los registros cuatro minutos en posición supina, (Nutilla et al., 2017) realiza mediciones al despertar de tres minutos y en posición supina, mientras que las nocturnas se realizan las cuatro horas y media justo después de empezar a dormir. Los registros de (Da Silva et al., 2019; Kiviniemi et al., 2010) se ejecutan mediante dos minutos sentados y tres minutos en bipedestación (solo se usan estos últimos ya que en esta posición se evita una posible saturación del HRV). Al igual que los anteriores, las mediciones de (Kiviniemi et al., 2007) se efectúan en dos posiciones, primero sentado y luego en bipedestación, pero en este caso son de cinco minutos cada una, al igual que en (Schmitt et al., 2018) en el que los registros son de ocho minutos en posición supina y siete en bipedestación.

Por último en cuanto a los protocolos de toma de decisión de los grupos basados en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la mayoría de artículos (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019; Vesterinen et al., 2016; Carrasco et al., 2022) muestran un protocolo indicado en la figura 2, este se basa en realizar un periodo basal y obtener el SWC de rMSSD7D (figura 2, área subrayada en gris), si en las mediciones la rMSSD diaria está fuera de ese área, se

reduce la intensidad o descanso. (Kiviniemi et al.,2007; Schmitt et al.,2018) muestran el mismo protocolo, pero usando como valor de referencia los valores de potencia de alta frecuencia (HF). (Kiviniemi et al.,2010) realizó el estudio con un protocolo en el que se usan los valores SD1, cuando aumentaban, se aumenta la carga de entrenamiento, si bajaba el valor de SD1, disminuye la carga, y si el valor SD1 disminuye dos días consecutivos, reposo o descanso.

Sin embargo, el protocolo usado por (Nutilla et al.,2017) muestra que, tras terminar un bloque predeterminado, se realiza LIT (low intensity training) hasta que el promedio de tres días de HRV fuera mayor que el valor de referencia, es decir, los bloques de entrenamiento estaban pre programados pero el paso entre uno y otro se basa en el análisis de la HRV.

El protocolo usado por (Da Silva et al.,2019), anuncia que se calcula hasta con diez valores la media y la desviación estándar, con referencia a esto, para realizar una sesión HIIT (alta intensidad), el valor rMSSD diario debe ser superior una desviación estándar de la media de los datos. En cambio, se considera que la actividad parasimpática está atenuada cuando el valor de rMSSD es menor a una desviación estándar de la media de las medidas anteriores, y se prescribe un MICT (entrenamiento de baja intensidad).

Tabla 2. Estudios seleccionados y sus características.

Referencia/ año	Grupos	Duración de la intervención	Tipos de atletas	Protocolo HRV
(Javaloyes et al., 2020)	HRV-G; n=7; ♂. BP; n=8; ♂.	8 semanas.	Ciclistas con al menos dos años de entrenamiento.	SWC de rMSSD7D: si rMSSD está fuera, baja intensidad o descanso.
(Javaloyes et al., 2019)	HRV-G; n=9; ♂. BP; n=8; ♂.	8 semanas	Ciclistas bien entrenados.	SWC de rMSSD7D: si rMSSD está fuera, baja intensidad o descanso.
(Nutilla et al., 2017)	HRV-G; n=13; ♂. PD; n=11; ♂.	8 semanas.	Entrenados recreativamente, ejercicio con regularidad.	rMSSD 3 valores > valor de referencia para cambiar de bloque predeterminado.
(Da silva et al., 2019)	HRV-G; n=15;♀ . BP; n=15;♀ .	11 semanas	No entrenadas	Si rMSSD < 1SD; MICT (low intensity) Si rMSSD >1SD, HIIT.
(Kiviniemi et al., 2007)	HRV-G; n=9; ♂. PT; n=8; ♂. CG; n=9; ♂	4 semanas.	Corredores recreativos.	Si > HF (potencia de alta frecuencia); HIIT Si < HF; baja intensidad.
(Kiviniemi et al., 2010)	HRV-G-I; n=14;♂/♀ HRV-G-II; n=10;♀ PT; n=14;♂ .	8 semanas.	Sujetos activos.	Si SD1>; Aumenta intensidad. Si SD1<; Baja la intensidad. Si SD1< 2 días; Reposo.
(Vesterinen et al., 2016)	HRV-G; n=13; ♂. PT; n=18; ♂.	8 semanas.	Corredores recreativos.	SWC de rMSSD7D: si rMSSD está fuera, baja intensidad o descanso.
(Carrasco et al., 2022)	HRV-G; n=6; ♂. TRAD; n=6; ♂.	8 semanas.	Corredores de resistencia profesionales.	SWC de rMSSD7D: si rMSSD está fuera, baja intensidad o descanso.

(Schmitt et al., 2018)	HRV-G; n=9; (7♂,2♀). PT (Hipoxia al dormir); n=9; (6♂,3♀). PT (Normoxia); n=6; (5♂,1♀).	15 días.	Élites de ski nórdico.	Si Hf aumenta, se aumenta TL. Si < HF un 30%, baja TL Si < HF dos días consecutivos, descanso.
-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.2. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS.

A continuación, se exponen los resultados de los diferentes estudios según las variables analizadas en cada uno de ellos.

El primer estudio (Javaloyes et al., 2020), tras un período de entrenamiento de 8 semanas, se reevaluaron las variables PPO, WVT1, WVT2, 40'TT y VO2max. Los resultados (Figura 3) evidenciaron una mejora "posiblemente beneficiosa" en el consumo máximo de oxígeno (VO2max) para ambos grupos. En cuanto a la PPO, solo se observó una mejora en el grupo guiado por la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV-G), sin cambios en el grupo de entrenamiento guiado por una prescripción predeterminada (BP). La potencia a umbral ventilatorio 2 (WVT2) mejoró en ambos grupos, mientras que la potencia a umbral ventilatorio 1 (WVT1) únicamente aumentó en el grupo HRV-G, siendo el cambio en el grupo BP estadísticamente "poco claro". En lo que respecta al rendimiento en la prueba de 40'TT, este solo mejoró para el grupo HRV-G, mostrando "probables efectos beneficiosos" estadísticamente, mientras que para el grupo BP se señalaron "efectos posiblemente triviales".

En el artículo de (Javaloyes et al., 2019), ambos grupos experimentaron la misma prescripción de entrenamiento, sin diferencias estadísticamente significativas en el volumen o la distribución de la intensidad. El grupo guiado por la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV-G) mostró una mejora estadísticamente significativa ("posiblemente beneficiosa") en la potencia máxima de salida (PPO) en comparación con el grupo tradicional (TRAD) ("poco claro"). En cuanto a la potencia en el umbral ventilatorio 2 (WVT2), el grupo HRV-G exhibió un mayor aumento en el rendimiento de esta variable que el grupo TRAD ("muy probablemente beneficioso" vs. "probablemente beneficioso"). Adicionalmente, se observó una mejora en la potencia en el umbral ventilatorio 1 (WVT1) para el grupo guiado por HRV ("posiblemente beneficioso") en comparación con el grupo TRAD ("no claro"). En la prueba de 40'TT, el grupo HRV-G nuevamente reflejó mayores mejoras que el grupo TRAD ("muy posiblemente beneficioso" vs. "posiblemente beneficioso"). Respecto al consumo de oxígeno, no se encontraron diferencias significativas entre grupos ni mejoras entre pre y post.

Los resultados obtenidos por (Nutilla et al., 2017) no muestran datos estadísticamente diferentes en la cantidad de entrenamiento ni en la distribución de la intensidad durante periodos de control y entrenamiento. El consumo de oxígeno se ve aumentado en ambos grupos, tanto para el guiado por la HRV como para el guiado por una prescripción por bloques, con un p valor asociado de (HRV-G $p < 0,001$; PD $p < 0,001$), pero con una diferencia significativa entre los dos grupos en torno al aumento relativo del VO2Máx (ES=0,95; $p = 0,033$). Tanto el umbral anaeróbico y el aeróbico (LT2; LT1) se ven aumentados tras el periodo de entrenamiento con unos valores para LT2 de (HRV-G $p < 0,001$; PD $p = 0,050$) y para LT1 de (HRV-G $p = 0,021$; PD $p = 0,027$). El rendimiento en los 3000 metros, mejoró significativamente en ambos grupos al igual que la frecuencia cardíaca nocturna, reducida en ambos grupos (HRV-G $p = 0,004$; PD $p = 0,008$). En relación al RMSSD, solo en el grupo guiado por la HRV se ve un aumento en este valor tras el periodo de entrenamiento, mientras que en el grupo PD no.

Durante el periodo de entrenamiento (Da Silva et al., 2019), ambos grupos experimentaron la misma prescripción de entrenamiento en cuanto a sesiones, carga promedio e intensidad de HIIT, salvo en la cantidad de entrenamiento de intensidad moderada con control de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (MICT suave), siendo este menor para el grupo HRV-G en aproximadamente 3 sesiones... El rendimiento en la prueba de 5 kilómetros mejoró en ambos grupos, el grupo control (BP) mostró una mejora moderada, mientras en el grupo HRV-G hubo una mejora “grande” (BP $-14,0 \pm 4,7\%$; $p < 0,001$; ES=moderado); (HRV-G $-17,5 \pm 5,6\%$; $p < 0,001$; ES=grande). En términos prácticos, estas diferencias se traducen en una reducción de $5,0 \pm 2,0$ minutos para el grupo entrenado tradicionalmente respecto a una mejora de entre $6,5 \pm 2,8$ minutos en el HRV-G. La velocidad pico mejoró en ambos grupos, pero sin diferencias significativas entre ambos grupos, siendo un ES= moderado para los dos grupos. Sin embargo, el tiempo límite al que podemos ir a la velocidad límite (tlim at Vpeak) solo aumentó en el HRV-G: (BP $-6,7 \pm 31,2\%$; $p = 0,259$; ES=pequeño); (HRV-G $23,6 \pm 31,9\%$; $p = 0,016$; ES=moderado). Por último, únicamente el grupo guiado por la variabilidad de la frecuencia cardiaca mejoró el rMSSD ((HRV-G $23,3 \pm 27,8\%$; $p = 0,005$; ES=moderado).

Observando los resultados de (Kiviniemi et al., 2007), el grupo tradicional reporta una mejora en la carga máxima (Load máx), consumo máximo de oxígeno pico y la velocidad al umbral ventilatorio (VT) con unos valores asociados de ($p = 0,004$; $p = 0,430$; $p = 0,058$) respectivamente, mientras que en el grupo guiado por la HRV también encontramos mejoras en las mismas variables, con unos valores asociados de ($p < 0,001$; $p = 0,002$; $p = 0,026$ respectivamente). Por lo tanto, encontramos diferencias significativas entre el grupo HRV y el grupo con una metodología tradicional respecto a la mejora de la carga máxima (Load máxima) pero no en las otras dos variables analizadas. El grupo control no mostró diferencias significativas. La potencia de HF en posición de pie, aumentó para los grupos TRA y HRV, pero no para el grupo control ($p = 0,004$; $p = 0,058$; $p = 0,471$).

Los resultados de (Vesterinen et al., 2016) muestran que no hubo diferencias en cuanto al periodo de preparación respecto a tiempo e intensidades. El rendimiento en los 3000 metros, el grupo experimental (guiado por la HRV) mejoró en un $2,7 \pm 2,5 \%$ ($p < 0,001$) y el VO₂ máx en un $2,9 \pm 4,4 \%$ ($p = 0,003$) respecto al grupo tradicional, traducido en una mejora en el grupo experimental ($-14,3 \pm 14,1$ segundos; $p = 0,005$) mientras que en el grupo tradicional no mejora estadísticamente ($-7,8 \pm 19,8$ segundos; $p = 0,111$). Respecto al RSLT1 (velocidad de carrera en el umbral de lactato), solo el grupo experimental mejora, en el grupo tradicional no hay cambios, con una diferencia entre grupos de carácter “moderado”, mientras en que RSLT2, observamos una mejora de ambos grupos (con una pequeña diferencia entre grupos).

Respecto al volumen e intensidad en el artículo de (Carrasco et al., 2022), hay diferencias significativas en el tiempo total, en el tiempo por encima de VT₂, entre umbrales y por debajo de VT₁, en favor del grupo TRAD respecto al HRV-G. A pesar de esto, el consumo máximo de oxígeno muestra una mejora no significativa en HRV-G. El RER (coeficiente respiratorio) sí que estadísticamente se ve mejorado con un ($p = 0,017$) para el grupo TRAD. La velocidad máxima también se ve mejorada en este caso para el grupo guiado por la HRV-G.

Por último, los resultados (Schmitt et al., 2018), muestran que el tiempo con dosis hipóxica fue similar entre el grupo guiado por HRV y el grupo tradicional con hipoxia en el sueño. No se observaron diferencias significativas en la distribución del tiempo dedicado a diferentes zonas de intensidad. En esta investigación, durante los 15 días de entrenamiento LHTL (vivir en hipóxico o alto, y entrenar en normoxia o bajo) fue el único estudio en el que se pasó un cuestionario (QSFMS), y no se encontraron diferencias en las puntuaciones de sobreentrenamiento en ningún momento. Las variables VO₂max y VO₂VT₂ (consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico), se mejoraron en el grupo guiado por la HRV en hipoxia ($+3,8 \pm 3,1\%$, $p < 0,05$ y $+6,7 \pm 6,1$, $p < 0,01$) respectivamente. En el grupo tradicional con hipoxia también se mejora, pero no es significativo estadísticamente ($+3,0 \pm 4,4\%$, $p = 0,08$ y $+6,7$ y $5,0 \pm 5,7\%$,

$p=0,06$) respectivamente. Por último, en el grupo tradicional con normoxia no se producen mejoras. El rendimiento sobre los esquís, mejoró significativamente para el grupo HRV-H y el grupo hipóxico estandarizado ($-2.7 \pm 3.6\%$, $p < 0.05$ vs. $-2.5 \pm 3.5\%$, $p = 0.07$) respectivamente mientras el grupo normóxico no mejoró.

4. DISCUSIÓN

El presente estudio de revisión bibliográfica tiene como objetivo principal analizar y evaluar los efectos del entrenamiento de resistencia basado en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) en el rendimiento deportivo, comparándolo con metodologías de entrenamiento tradicionales. A partir de este análisis se pretende diseñar un programa de entrenamiento específico para deportes de rendimiento basado en los principios de la HRV. Es importante destacar la heterogeneidad de los datos existentes en la literatura sobre este tema, con resultados no siempre coincidentes. Sin embargo, la evidencia disponible sugiere que la prescripción de entrenamiento guiada por la HRV puede generar una respuesta más positiva y rápida en la mejora de la condición física y el rendimiento deportivo en comparación con metodologías tradicionales.

El denominador común de los deportes de los deportistas de resistencia es un elevado consumo de oxígeno (VO_2 máx) y las variables de rendimiento escogidas de cada deporte en las cuales se basa el rendimiento. Si analizamos los cambios en estas variables, observamos que los grupos basados en una metodología basada en la HRV, muestran una mejora más homogénea en VO_2 máx, PPO, WVT1, WVT2 y rendimiento en TT, sin embargo, las adaptaciones no fueron significativamente mayores que la de los programas tradicionales.

Por este motivo, ambas formas de entrenamiento promueven adaptaciones fisiológicas y mejoras de rendimiento, y mejoras en la mayoría de los parámetros relacionados con este, además algunos factores podrían modular los resultados, como el nivel de condición previa, la intensidad y la cantidad de entrenamiento. Si analizamos lo ocurrido con el consumo máximo de oxígeno, tenemos mejoras en atletas recreativos (Kiviniemi et al., 2007 ; Vesterinen et al., 2016) y entrenados (Javaloyes et al., 2020 ; Schmitt et al., 2018). Sabemos que la capacidad de entrenamiento y aumento de este parámetro está limitada en atletas entrenados, de hecho, el único artículo que no reporta mejoras en el VO_2 máx es (Javaloyes et al., 2019), que utilizó ciclistas entrenados de muestra. Además, la distribución de la intensidad utilizada por (Javaloyes et al., 2019) era piramidal con un 10% a una intensidad mayor de VT2, sin embargo, en otro estudio (Vesterinen et al., 2016), se dedicó mucho más tiempo al entrenamiento por debajo de VT1 y solo menos de un 3% de la intensidad por encima de VT2. Así, parece indicar que el entrenamiento de alta intensidad (zona 3 en el modelo trifásico, es decir, $>VT_2$) es un factor crucial para mejorar esta variable cuánto más nivel tenga el sujeto, es decir, a más nivel, más tiempo necesario a alta intensidad.

En cuanto al rendimiento aeróbico medido mediante una prueba de campo y la potencia o velocidad aeróbica máxima, tenemos que ambos programas, conducen a un aumento similar. Sin embargo, a pesar de ese aumento similar, los grupos basados en la HRV, mostraron una mayor homogeneidad, siendo menos variable y con menos no respondedores que una prescripción tradicional. Por ejemplo, (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019) informaron de una menor variabilidad en torno al rendimiento de contrarreloj de 40 minutos, en el grupo HRV-G solamente un sujeto reportó una bajada de rendimiento mientras que en el grupo basado en una prescripción tradicional se reportaron 3 sujetos con menor rendimiento tras las 8 semanas de entrenamiento. Del mismo modo, (Vesterinen et al., 2016) encontraron que el grupo HRV-G tenía una menor dispersión (-1 a +6) que en el grupo TRAD (-4 a +8) tras el periodo de entrenamiento. Por ello, los sujetos que entrenan mediante el uso de los métodos day-to-day, mediante la HRV, tienen una mayor probabilidad de aumentar su rendimiento aeróbico y

reducir el riesgo de lesión y sobreentrenamiento respecto con los sujetos que siguen una periodización tradicional. Esto puede ser debido, al número de sesiones de entrenamiento de alta intensidad (HIIT) y su localización, por ejemplo, el número de las sesiones de HIIT en (Vesterinen et al., 2016) para el grupo HRV-G, osciló entre 5 y 24 sesiones, mientras que en el grupo TRAD, las cifras se movieron entre 11 y 21 sesiones de calidad. Esto, conduce a que el uso de la HRV-G para gestionar la inclusión de las sesiones HIIT, puede aumentar la efectividad del entrenamiento, con ello disminuir la variación en los resultados antes mencionados y reducir la probabilidad de sufrir lesiones o síndrome de sobreentrenamiento, ya que los entrenamientos de calidad se realizarán en condiciones óptimas de recuperación.

En cuanto al rendimiento (velocidad o potencia) en ambos umbrales, (Vesterinen et al., 2016) muestra en los resultados una mejora de la potencia en el umbral anaeróbico (WVT2) para ambos grupos, con una pequeña diferencia a razón del grupo guiado por la HRV, y solo la mejora de este grupo para la potencia en el primer umbral (WVT1) sin que mejore el grupo TRAD. (Kiviniemi et al., 2007) también muestra mejoras en ambos grupos para el aumento de la velocidad de carrera en el umbral ventilatorio (VT), pero con una pequeña diferencia a favor del grupo HRV-G. De la misma manera, los resultados de (Javaloyes et al., 2019; Javaloyes et al., 2020) respecto a la potencia en el umbral VT2 (WVT2), muestran que el grupo HRV-G mostró un mayor aumento del rendimiento en esta variable que el grupo TRAD (a pesar de mejorar ambos). No solo mejora esta variable, la potencia en el umbral VT1 (WVT1), también se ve mejorada para el grupo guiado por la HRV (“posiblemente beneficioso”) respecto al grupo TRAD (“no claro”). Estos resultados se pueden deber a que gracias la individualización y el ajuste de carga de entrenamiento mediante la HRV-G, se evita el número de no respondedores, aumentando la cantidad de atletas que mejoran su VT1 y VT2. Por lo tanto, la HRV como herramienta de monitorización, permitiría llevar un paso más allá la individualización de la carga, homogeneizando los resultados.

En resumen, los primeros hallazgos de esta revisión, muestran que las adaptaciones conseguidas con ambas metodologías no son significativamente diferentes, y solo se encuentran algunas tendencias. Estos resultados también podrían ser sesgados por la duración del programa, ya que todos los estudios salvo (Da Silva et al., 2019) tienen una duración del programa de entrenamiento menor o igual de 8 semanas, con lo cual esta duración es una variable a destacar. Parece que la duración necesaria para conseguir adaptaciones significativas y mejoras en el rendimiento puede ser menor en el grupo HRV-G respecto al grupo TRAD, debido a la individualización y una mejor disposición de las sesiones de calidad. A su vez, la duración de los estudios es muy reducida para obtener diferencias, por lo tanto, se necesitan estudios y ensayos controlados longitudinales, con programas de mayor duración, para que los resultados sean más concluyentes.

El protocolo de medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) aplicado en cada estudio incluido en esta revisión es un factor importante a considerar, ya que se han encontrado diferentes variables para evaluarla. Las medidas utilizadas para evaluar la HRV incluyen tres tipos de variables; variables en el dominio del tiempo, como las diferencias sucesivas entre intervalos RR (rMSSD). Esta metodología fue empleada en estudios como los de (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019; Vesterinen et al., 2016; Da Silva et al., 2019; Carrasco et al., 2022). Variables en el dominio de la frecuencia, específicamente la alta frecuencia (HF). Esta medida fue utilizada en los estudios de (Kiviniemi et al., 2007; Schmitt et al., 2018). Y, por último, variables no lineales (SD1). Este enfoque se utilizó en el estudio de (Kiviniemi et al., 2010).

En este caso, (Nutilla et al., 2017), al realizar las mediciones evaluó tanto la frecuencia cardíaca, el rMSSD, baja frecuencia (LH), alta frecuencia (HF) y potencia total (TP).

Además, el tiempo de evaluación de la HRV, osciló entre registros de 90 segundos (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019) hasta 15 minutos (Schmitt et al., 2018). Hasta los 5 minutos de mediciones se usaron para estudiar el intervalo RR-rMSSD, mientras que registros más largos se usaron para una medida no lineal o basada en la frecuencia. También hubo divergencias entre la posición de medición, desde sentados (Da Silva et al., 2019), en posición supina (Javaloyes et al., 2020; Javaloyes et al., 2019; Vesterinen et al., 2016), o alguna combinación de posiciones (Schmitt et al., 2018; Kiviniemi et al., 2007; Kiviniemi et al., 2010). Parece que las mediciones tomadas en posición supina muestran una menor variabilidad, por lo tanto, las diferencias posturales también podrían afectar a los resultados obtenidos.

Si pasamos a las limitaciones, existen varias relacionadas con los estudios y las metodologías usadas debido a : el pequeño número de estudios, la diferente distribución del entrenamiento de intensidad y los programas de entrenamiento, las diferentes metodologías de medición de la HRV, las diferentes poblaciones de los estudios, a modalidad deportiva (correr, esquiar, ciclismo) y la falta de estudios más largos para poder analizar el efecto crónico de ambas metodologías.

En conclusión, las pequeñas diferencias entre ambos programas en favor de la HRV, sugieren que los individuos se puedan beneficiar más de una metodología day-to-day, guiada por la HRV que, de una prescripción tradicional, esto podría ser importante en atletas entrenados y de élite, en los cuales un pequeño cambio en el rendimiento puede suponer un papel clave, pero falta mucha bibliografía para poder afirmar esto.

Finalmente, esta revisión concluye que la metodología basada en la variabilidad de la frecuencia cardíaca produce adaptaciones en el rendimiento, pero no significativamente mayores que un programa tradicional y posiblemente los resultados se vean sesgados por los tipos de metodologías, las características individuales y la pequeña duración de los periodos de entrenamiento, por lo que hacen falta más investigaciones de una forma más longitudinal.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La duración del protocolo de entrenamiento mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca, tiene una duración de 8 semanas al igual que la mayoría de los estudios revisados en este trabajo y los individuos son mayores de edad, de ambos géneros y atletas con más de dos años de experiencia en el entrenamiento. Previo a las semanas de entrenamiento, habrá 2 semanas de familiarización, en las cuales se procederá a la medición y al registro de la VFC, una prueba máxima incremental para la detección de los umbrales y un test de campo de 5000 metros en una pista de atletismo. Durante el periodo de entrenamiento de 8 semanas, en la semana 4, se llevó a cabo una reevaluación y se usó para volver a realizar mediciones al igual que la semana 8, donde se realizaron las últimas mediciones.

Durante el periodo de entrenamiento, las sesiones fueron prescritas de acuerdo a los valores matutinos de HRV siguiendo el esquema de toma de decisiones de la (figura 2). Los corredores, por lo tanto, solo realizaron dos sesiones consecutivas de alta intensidad y no acumularon más de dos sesiones de descanso seguidas. Las sesiones de alta intensidad se realizaron con un periodo de 20 minutos de calentamiento y un periodo de vuelta a la calma también de 20 minutos.

El test incremental tiene como objetivo la detección de umbrales ventilatorios, tanto aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), la velocidad de carrera en esos umbrales y el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) mediante un test incremental de manera escalonada. Como premisas previas al test, los sujetos tendrían que venir descansados para la evaluación (evitando realizar ejercicios intensos el día previo y el día de la evaluación) y sin nada de alimentos, alcohol o cafeína 3 horas antes de la prueba. El protocolo del test consistía en un calentamiento de 10

minutos a una velocidad de carrera cómoda, a un ritmo de 5:00 minutos el kilómetro. La duración de la prueba debe ser entre 8 y 12 minutos, antes de llegar a VT1, deberíamos pasar por 4-5 escalones y entre VT1 y VT2 entre 2 y 4 escalones. La duración de estos escalones debe ser de tres minutos, para dar tiempo a la difusión del lactato muscular a los capilares. La inclinación de la cinta en la que se realiza la prueba debe ser de un 1%.

El test de campo (carrera de 5000 metros) tiene como objetivo la simulación de una competición para contrastar las mejoras analizadas en la ergoexpirometría. El protocolo de este test consiste en un calentamiento de 10 minutos a un ritmo cómodo, con un ritmo inferior al ritmo en VT1. Tras este calentamiento, se realiza movilidad articular y estiramientos balísticos y para finalizar una serie de progresiones. El test se realiza en una pista de atletismo y la finalidad es medir el tiempo que necesitan los sujetos para completar 5 kilómetros. Durante la prueba se animaba al sujeto mediante estímulos verbales y se le proporcionaba feedback auditivo de los tiempos de paso y de ritmo en cada vuelta.

La medición de la HRV, se llevó a cabo todos los días durante las 10 semanas del periodo completo del estudio, las mediciones se realizan todas las mañanas al despertarse, en posición decúbito supino, con la vejiga vacía y con una respiración espontánea. La duración de las mediciones es de 90 segundos, de los cuáles los últimos 60 segundos son los utilizados y la variable a analizar es rMMSD. Las mediciones de la VFC se capturaron con el teléfono/flash sobre la yema del dedo a través de la aplicación para teléfonos inteligentes HRV4Training (Plewset al., 2017)(<http://www.hrv4training.com>). Cada uno de los registros se importaba para analizarlo en un Excel preparado donde determinamos los rangos de trabajo en función de los registros de los últimos 15 días para poder determinar el estado del sujeto.

De los 60 segundos se analizó el rMSSD (raíz cuadrada del valor medio de las sumas de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R consecutivos), normalizando con un logaritmo natural y se calculó una línea basal (SWC) durante las dos semanas previas al entrenamiento. Este valor sirve de referencia para su comparación con el registro diario y con ello, el ajuste del entrenamiento según el estado del deportista. Cada día se comparaba el registro de ese día con el SWC y se ajustaba el entrenamiento siguiendo el diagrama de la figura 2 (Kiviniemi et al., 2007).

Una vez acabada la intervención, se analizarán los datos de las pruebas realizadas (laboratorio y de campo) en los tres momentos distintos que las hemos realizado, pre periodo de entrenamiento, en la semana 4 y por último en la semana 8 y los datos obtenidos en las mediciones diarias de la HRV.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Altini, M., & Amft, O. (2016). HRV4Training: Large-scale longitudinal training load analysis in unconstrained free-living settings using a smartphone application. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2016, 2610–2613. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591265>
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1461–1486. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2>
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6 Suppl), S446–S453. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00013>

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(Suppl 2), S2161–S2170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Breil, F. A., Weber, S. N., Koller, S., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO₂max and performance. *European journal of applied physiology*, *109*(6), 1077–1086. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1455-1>
- Carrasco-Poyatos, M., González-Quílez, A., Altini, M., & Granero-Gallegos, A. (2022). Heart rate variability-guided training in professional runners: Effects on performance and vagal modulation. *Physiology & behavior*, *244*, 113654. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113654>
- Da Silva, D. F., Ferraro, Z. M., Adamo, K. B., & Machado, F. A. (2019). Endurance Running Training Individually Guided by HRV in Untrained Women. *Journal of strength and conditioning research*, *33*(3), 736–746. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002001>
- Flatt, A. A., & Esco, M. R. (2013). Validity of the ithlete™ Smart Phone Application for Determining Ultra-Short-Term Heart Rate Variability. *Journal of human kinetics*, *39*, 85–92. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0071>
- García-Pallarés, J., García-Fernández, M., Sánchez-Medina, L., & Izquierdo, M. (2010). Performance changes in world-class kayakers following two different training periodization models. *European journal of applied physiology*, *110*(1), 99–107. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1484-9>
- Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). *European heart journal*, *17*(3), 354–381.
- Issurin V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *48*(1), 65–75.
- Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., & Moya-Ramon, M. (2019). Training Prescription Guided by Heart-Rate Variability in Cycling. *International journal of sports physiology and performance*, *14*(1), 23–32. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0122>
- Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., Plews, D., & Moya-Ramon, M. (2020). Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(6), 1511–1518. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003337>
- 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*(6), 743–751. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., Nissilä, J., Virtanen, P., Karjalainen, J., & Tulppo, M. P. (2010). Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Medicine and science in sports and exercise*, *42*(7), 1355–1363. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181cd5f39>
- Meyler, S., Bottoms, L., & Muniz-Pumares, D. (2021). Biological and methodological factors affecting VO₂max response variability to endurance training and the influence of exercise intensity prescription. *Experimental physiology*, *106*(7), 1410–1424. <https://doi.org/10.1113/EP089565+>
- Moya-Ramon, M., Mateo-March, M., Peña-González, I., Zabala, M., & Javaloyes, A. (2022). Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during

short and ultra-short measurements in elite athletes. *Computer methods and programs in biomedicine*, 217, 106696. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106696>

Nuuttila, O. P., Nikander, A., Polomoshnov, D., Laukkanen, J. A., & Häkkinen, K. (2017). Effects of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. *International journal of sports medicine*, 38(12), 909–920. <https://doi.org/10.1055/s-0043-115122>

Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (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), 1324–1328. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0668>

Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Ellefsen, S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 34–42. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01485.x>

Schmitt, L., Willis, S. J., Fardel, A., Coulmy, N., & Millet, G. P. (2018). Live high-train low guided by daily heart rate variability in elite Nordic-skiers. *European journal of applied physiology*, 118(2), 419–428. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3784-9>

Vesterinen, V., Häkkinen, K., Hynynen, E., Mikkola, J., Hokka, L., & Nummela, A. (2013). Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), 171–180. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01365.x>

Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J., & Häkkinen, K. (2016). Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(7), 1347–1354. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000910>

7. ANEXOS

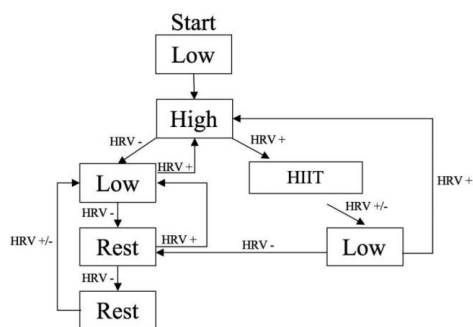
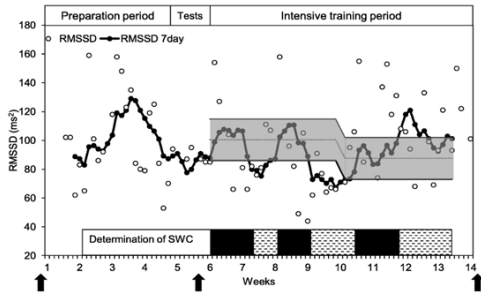


Figura 2. Diagrama del esquema de la toma de decisiones en el grupo guiado mediante la HRV.



Ejemplo de programación de sesiones de intensidad moderada y alta en el EXP guiado por HRV. El área gris indica el SWC de RMSSD. El área negra indica el momento de MOD y HIT. El área de la línea discontinua indica el momento de la LIT. Las flechas representan el momento de las pruebas en ejecución.

Figura 3. Diagrama del esquema de la toma de decisiones en el grupo guiado mediante la HRV.

