

TRABAJO FINAL DE GRADO



# **USO DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA PARA GUIAR EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

Alumno: Pau Tena Piñana

Tutor Académico: Alejandro Javaloyes Torres.

Curso Académico: 2024 – 2025

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	Página 3
2. METODOLOGÍA .....	Página 5
3. RESULTADOS .....	Página 7
4. DISCUSIÓN .....	Página 13
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....	Página 15
6. BIBLIOGRAFÍA .....	Página 17



## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal dentro del deporte de rendimiento es conseguir el mejor estado de forma posible en una fecha exacta. Para poder conseguir esta condición física óptima, hay que manipular las variables de entrenamiento de una forma precisa para evitar consecuencias negativas (Nuutila et al., 2022).

Manipular incorrectamente la carga de entrenamiento puede conllevar a distintos resultados, como las lesiones, la disminución del rendimiento físico o incluso problemas de salud a largo plazo, tanto físicos como mentales. (Nuutila et al., 2022; DeBlauw et al., 2021)

Para saber si la carga total está siendo insuficiente, correcta o excesiva, se han validado distintos métodos a lo largo de la historia. La creatina quinasa (CK) en sangre es uno de los más utilizados como indicador objetivo de daño muscular derivado de entrenamientos intensos, así como la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, siendo válida tanto en deportistas recreativos como en atletas de alto rendimiento (DeBlauw et al., 2021).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) es un indicador fisiológico que refleja cómo interactúa el sistema nervioso autónomo con la carga de entrenamiento, entre otros factores (Lundstrom et al., 2023 ). La HRV se define como las fluctuaciones en el tiempo entre el lapso de los latidos del corazón (Lundstrom et al., 2023). Estas variaciones reflejan directamente información sobre el sistema nervioso autónomo (SNA). Este sistema se compone por dos ramas: El sistema parasimpático, predominante en momentos de reposo y recuperación, y el sistema simpático, encargado de activar respuestas rápidas y automáticas ante situaciones de estrés o peligro (Lundstrom et al., 2023). Estos dos sistemas, pueden aumentar su activación o disminuirla por situaciones de estrés continuas durante el tiempo, una de estas situaciones de estrés es el deporte (Schmitt et al., 2017 ).

El entrenamiento sin la recuperación suficiente provoca un aumento de la activación del sistema nervioso simpático junto a una disminución del sistema nervioso parasimpático. (Lundstrom et al., 2023) Al igual que, recuperaciones completas junto a entrenamiento

insuficiente provocan un aumento de la activación sistema nervioso parasimpático y una disminución de la activación del sistema nervioso simpático. (DeBlauw et al., 2021).

Las mediciones de HRV permiten evaluar el equilibrio entre los sistemas simpático y parasimpático del sistema nervioso autónomo (SNA) (Lundstrom et al., 2023).

, ofreciendo información sobre el grado de recuperación y adaptación del deportista. Esto facilita ajustar la carga de entrenamiento para optimizar el rendimiento y evitar tanto el sobre entrenamiento como el subentrenamiento (Nuutila et al., 2022; Lundstrom et al., 2023).

Además de su aplicación en la prevención de la fatiga y la mejora del rendimiento en deportes de resistencia, como el ciclismo y la carrera, la popularización de dispositivos accesibles y económicos ha permitido su uso diario en contextos tanto recreativos como de élite (DeBlauw et al., 2021; Javaloyes et al., 2019).

El HRV se ha consolidado como un prometedor indicador fisiológico para evaluar la fatiga y la respuesta al entrenamiento (Nuutila et al., 2022) . El desarrollo de dispositivos portátiles y accesibles ha favorecido su implementación en la monitorización de la carga de entrenamiento, especialmente en deportes de resistencia. Al reflejar el equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo (SNA), la HRV facilita la identificación de estados de fatiga y recuperación, lo que resulta fundamental para optimizar el rendimiento deportivo y prevenir situaciones de sobreentrenamiento (Nuutila et al., 2022; DeBlauw et al., 2021).

Por ello, resulta fundamental revisar y comparar los métodos de análisis existentes en relación con otros marcadores tradicionales de carga interna, como la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) o los niveles de creatina quinasa (CK) en sangre, para validar su utilidad en el contexto del entrenamiento en deportes de resistencia (Nuutila et al., 2022; DeBlauw et al., 2021).

## **METODOLOGÍA**

### **Criterios de elegibilidad**

Los artículos elegidos para esta revisión sistemática tenían que cumplir las siguientes características:

- 1- El idioma fuera inglés.
- 2- Que no esté enfocado en un ámbito sanitario.
- 3- Qué los deportes sean de resistencia.
- 4- Los deportistas estén entrenados
- 5- Se utilice el HRV para guiar el entrenamiento

### **Fuentes de información**

Los artículos científicos fueron extraídos de las bases de datos de PubMed y Scopus en Noviembre de 2024.

La búsqueda realizada en ambas bases de datos fue la siguiente:

*("Endurance") AND ("Heart Rate Variability" OR "HRV") AND ("Guidance" OR "Load")*

### **Estrategias de búsqueda**

La búsqueda se realizó en el motor de búsqueda Safari. Para que la búsqueda sea más precisa se utilizó varios filtros:

- 1- Artículos publicados a partir de 2017.
- 2- Artículos centrados en humanos.
- 3- Búsqueda exenta de meta-análisis y revisiones sistemáticas.

### **Proceso de selección de artículos**

A la hora de elegir los estudios, se comenzó por revisar los títulos de los artículos disponibles en las bases de datos relacionados con la variabilidad de la frecuencia cardíaca y su aplicación en la evaluación de la condición física. En los casos donde surgieron dudas sobre su relevancia, se consultaron los abstract para decidir si debían incluirse o descartarse.

Más tarde, se añadió 2 artículos más encontrados en las referencias bibliográficas de los artículos previamente seleccionados.

## Resultados. Diagrama de flujo.

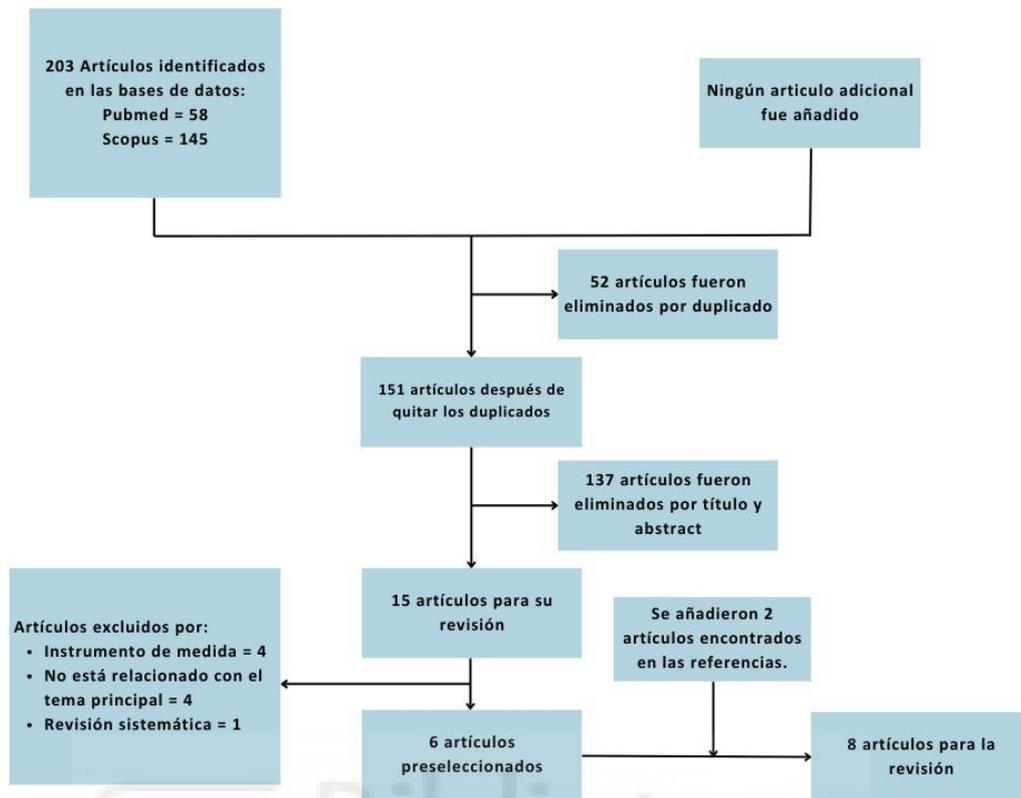
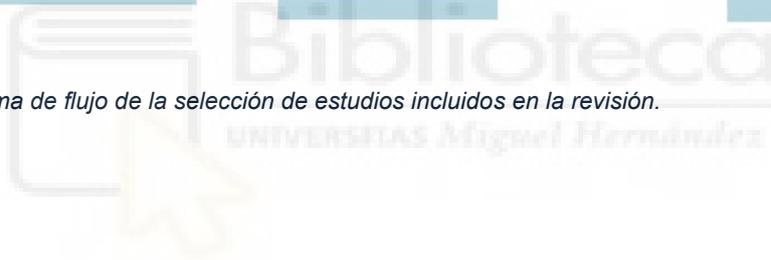


Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de estudios incluidos en la revisión.



## RESULTADOS

Tabla 1. Características de algunos estudios incluidos en la revisión.

ESTUDIOS	MUESTRA	DURACIÓN DE LA INTERVENCIÓN	MÉTODO (PROTOCOLO)	VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE RENDIMIENTO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
(Nuutila et al., 2022)	40 corredores recreativos entrenados en resistencia, 20 hombres y 20 mujeres, con una distribución equitativa en los grupos de entrenamiento predefinido (PD) e individualizado (IND).	3 semanas de periodo preparatorio, seguidas de 6 semanas de entrenamiento de volumen (VOL) y 6 semanas de entrenamiento de intervalos (INT).	<b>Grupo PD:</b> Entrenamiento con un programa predefinido, basado en zonas de intensidad según el umbral de lactato. <b>Grupo IND:</b> Ajustes del entrenamiento basados en HRV nocturno, recuperación percibida e índice de frecuencia cardíaca-velocidad.	VO <sub>2</sub> máx., velocidad máxima en cinta (vMax), tiempos en 10 km, velocidad en los umbrales de lactato 1 y 2 (vLT1 y vLT2), índice HR-velocidad (HR-RS index), marcadores hormonales (testosterona libre, cortisol) y actividad de creatina quinasa.	Cinta de correr, medidores de consumo de oxígeno, monitores de frecuencia cardíaca Polar Vantage V2, análisis de lactato en sangre, bioimpedancia para composición corporal, test de salto contra movimiento (CMJ), cuestionarios de percepción subjetiva de recuperación y fatiga.	Ambos grupos mejoraron significativamente su rendimiento en la cinta y en la prueba de 10 km. El grupo IND mostró una mejora mayor en el tiempo de 10 km (-6.2% vs. -2.9% en el grupo PD) y una mayor proporción de respondedores altos (50% vs. 29% en vMax y 81% vs. 23% en 10 km). El modelo individualizado aumentó la probabilidad de adaptaciones positivas al entrenamiento y disminuyó la incidencia de respuestas bajas.

<p><b>(Schmitt et al., 2017 )</b></p>	<p>24 esquiadores nórdicos de élite: 19 hombres (23.3 ± 3.6 años), 5 mujeres (22.8 ± 4.1 años)</p>	<p>15 días de entrenamiento en modalidad LHTL (Live High-Train Low).</p>	<p><b>H-HRV (n=9):</b> Entrenamiento diario ajustado según HRV, con exposición a hipoxia normobárica simulada (2700 m, FiO<sub>2</sub>=15%). <b>H (n=9):</b> Entrenamiento predefinido con la misma exposición a hipoxia normobárica. <b>N (n=6):</b> Entrenamiento predefinido en normoxia.</p>	<p>VO<sub>2</sub>máx, Consumo de oxígeno en el segundo umbral ventilatorio (VO<sub>2</sub>VT<sub>2</sub>), Saturación periférica de oxígeno (SpO<sub>2</sub>), Frecuencia cardíaca (HR), Potencia de alta frecuencia (HF) y baja frecuencia (LF) en HRV, Adaptaciones hematológicas (hemoglobina, hematocrito).</p>	<p>Análisis de gases respiratorios (Ultima Cardio 2®), monitor de HRV (Ambit3 Peak, Suunto®), oximetría nocturna (Wristox 3150® con sensor 8000SM-WO), esquís y bastones personales para los roller-ski tests.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento significativo en H-HRV (+3.8%, p&lt;0.05) y H (+3.0%, p=0.08), pero no en N (+0.9%, p=0.7). • H mostró mayor predominio simpático (aumento de LFnu y HR, reducción de HFnu), mientras que H-HRV mantuvo mayor equilibrio autonómico.</li> <li>• El ajuste diario de la carga basado en HRV en el grupo H-HRV optimizó las adaptaciones autonómicas, mejoró el rendimiento y redujo el riesgo de sobreentrenamiento, confirmando la efectividad de LHTL incluso en atletas de elite.</li> </ul>
---------------------------------------	--	--	--	---	--	--

<p><b>(Javaloyes et al., 2019 )</b></p>	<p>17 ciclistas masculinos entrenados (38.4 ± 6.6 años).</p>	<p>12 semanas divididas en: 4 semanas de entrenamiento base y 8 semanas de intervención.</p>	<p><b>HRV-G (n=9):</b> Entrenamiento guiado por variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV). <b>TRAD (n=8):</b> Entrenamiento basado en periodización tradicional.</p>	<p>VO<sub>2</sub>máx, potencia picó (PPO), potencia en VT1 (WVT1), potencia en VT2 (WVT2), rendimiento en 40' contrarreloj.</p>	<p>Cicloergómetro Wahoo KICKR Power Trainer para las pruebas, monitor de frecuencia cardíaca Polar H7 para mediciones HRV y análisis de gases con MasterScreen CPX.</p>	<p><b>HRV-G:</b> PPO: +5.1% (p=0.024), WVT2: +13.9% (p=0.004), 40TT: +7.3% (p=0.005), VO<sub>2</sub>máx y WVT1 sin cambios significativos. <b>TRAD:</b> Sin mejoras significativas en ninguna variable.  El entrenamiento guiado por HRV permitió una mayor mejora en el rendimiento que la periodización tradicional, especialmente en potencia pico, WVT2 y rendimiento en 40TT.</p>
---	--	--	--	---	---	--

<p><b>(DeBlauw et al., 2021)</b></p>	<p>55 adultos recreativamente activos (35 hombres, 20 mujeres).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HRV-G:</b> 26 participantes (edad: 23.7 ± 4.5 años).</li> <li>• <b>Predeterminados:</b> 29 participantes (edad: 24.1 ± 4.1 años).</li> </ul>	<p>11 semanas: 2 semanas de medición HRV inicial, 6 semanas de entrenamiento (5 días/semana) y 3 semanas de pruebas pre y post-intervención.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Semanas 1-2:</b> Medición inicial de HRV y randomización.</li> <li>• <b>Semanas 3, 7 y 11:</b> Pruebas de VO<sub>2</sub>máx, composición corporal, fuerza y capacidad de trabajo. Estas pruebas se realizaron antes (pre) y después (post) de los bloques de entrenamiento, ocupando aproximadamente una semana cada vez.</li> <li>• <b>Semanas 4-6 y 8-10:</b> Entrenamiento efectivo con HRV modulado o predeterminado.</li> </ul>	<p><b>Grupos:</b>  <b>HRV-G:</b> Modulación diaria de intensidad y volumen según HRV (LnRMSSD7day).  <b>Predeterminado:</b> Intensidad y volumen predefinidos sin ajustes.</p> <p><b>Evaluaciones:</b>  Composición corporal (DEXA y bioimpedancia).  VO<sub>2</sub>máx (prótcólo Bruce).  Capacidad de trabajo (AMRAP de 10 min: 12 goblet squats, 12 burpees, 24 calorías en remo).  Fuerza máxima (pruebas 1RM: sentadilla trasera, press de hombros, peso muerto).</p>	<p>VO<sub>2</sub>máx, porcentaje de grasa corporal (%BF), masa magra (LM), capacidad de trabajo, 1RM total.</p>	<p>DEXA (Discovery A QDR) y bioimpedancia (Tanita), protocolo Bruce y análisis de gases (ParvoMedics TrueOne 2400) y HRV4Training App para medir HRV (LnRMSSD7day).</p>	<p><b>HRV-G:</b>  Similar mejora en VO<sub>2</sub>máx (2.14%) y capacidad de trabajo (12.21%) en comparación con el grupo predeterminado. Reducción significativa en días de entrenamiento a alta intensidad (-13.56 días, p &lt; 0.001).  <b>Predeterminado:</b>  Mejora similar en fuerza máxima total (12.24%). Mayor reducción en grasa corporal (15.73%).</p> <p><b>Conclusión:</b>  La modulación basada en HRV permite lograr mejoras similares a las de entrenamiento predeterminado con menor esfuerzo (días de alta intensidad). Se demuestra que HRV es una herramienta efectiva para personalizar entrenamientos funcionales de alta intensidad.</p>
--------------------------------------	--	---	--	---	---	--

<p><b>(Javaloyes et al., 2020)</b></p>	<p>15 ciclistas masculinos entrenados (7 en el grupo HRV y 8 en Bloques Periodizados) •  <b>HRV:</b> Edad 28.1 ± 13.2 años.  <b>BP:</b> Edad 30.8 ± 10.5 años.</p>	<p>8 semanas de entrenamiento dividido en periodos de base (2 semanas) y período de intervención (6 semanas).</p>	<p><b>Grupos de entrenamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HRV:</b> Entrenamiento ajustado diariamente según valores de HRV matutina</li> <li>• <b>BP:</b> Bloques de entrenamiento predefinidos con alta intensidad (&gt;VT2) y baja intensidad (&lt;VT1).</li> </ul> <p><b>Evaluaciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Test incremental para VO<sub>2</sub>máx, WVT1 y WVT2.</li> <li>2. Contrarreloj simulada de 40 minutos (40 TT).</li> </ol>	<p>VO<sub>2</sub>máx, potencia picó (PPO), potencia a umbrales ventilatorios (WVT1, WVT2), rendimiento en 40' contrarreloj.</p>	<p>Cicloergómetro  Wahoo KICKR Power Trainer, análisis de gases con MasterScreen CPX y medición de HRV con HRV4Training App.</p>	<p><b>HRV-G:</b> Mejora significativa en: VO<sub>2</sub>máx (+3%), PPO (+7%), WVT2 (+17%), WVT1 (+26%), y rendimiento en 40 TT (+6%).  <b>BP:</b> Mejora significativa únicamente en WVT2 (+12%).</p> <p><b>Comparativa:</b> HRV-G mostró mayores mejoras en rendimiento global debido a ajustes diarios basados en HRV. El método HRV-G permite individualizar el entrenamiento en condiciones óptimas para maximizar adaptaciones y minimizar fatiga.</p>
--	--	---	--	---	--	---

<p><b>(Carrasco-Poyatos et al., 2020)</b></p>	<p>Atletas de resistencia de alto nivel, federados en la Real Federación Española de Atletismo.</p>	<p>12 semanas: 4 semanas de preparación y 8 semanas de entrenamiento.</p>	<p><b>Grupo HRV-G:</b> Entrenamiento ajustado diariamente en función de la HRV matutina. <b>Grupo TRAD-G:</b> Entrenamiento predefinido con sesiones de baja, media y alta intensidad.</p>	<p>VO2max, velocidad máxima en cinta, frecuencia cardíaca máxima, cociente de intercambio respiratorio, umbrales ventilatorios (VT1 y VT2), lactato y RPE en test de 3000m.</p>	<p>Test incremental en cinta, test de 3000m en pista, HRV medida con HRV4Training, análisis de lactato en sangre, cuestionario de percepción subjetiva del esfuerzo.</p>	<p>Se espera que el grupo HRV-G obtenga mejores resultados en VO2max y rendimiento en comparación con TRADG, sugiriendo que un control basado en la HRV puede optimizar el entrenamiento y reducir el riesgo de sobreentrenamiento.</p>
<p><b>(Carrasco-Poyatos et al., 2022)</b></p>	<p>12 corredores de resistencia profesionales (6 en grupo HRV, 6 en grupo tradicional).</p>	<p>4 semanas de preparación + 8 semanas de intervención.</p>	<p><b>Grupo HRV-G:</b> entrenamiento basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) diaria. <b>Grupo Tradicional:</b> entrenamiento estructurado sin ajustes diarios.</p>	<p>VO2máx, velocidad máxima en cinta, LnRMSSD, frecuencia cardíaca máxima, umbrales ventilatorios.</p>	<p>Cinta de correr, HRV4Training, medición de consumo de oxígeno, pruebas de esfuerzo incremental.</p>	<p>El grupo HRV entrenó a mayor intensidad y menor volumen, con una mejor recuperación y adaptaciones cardiovasculares superiores en comparación con el grupo tradicional.</p>

## **Discusión.**

La presente investigación ha analizado la aplicabilidad de la HRV como herramienta de guía para la prescripción del entrenamiento de resistencia, comparando su efectividad frente a otros métodos de planificación del entrenamiento. En base a los resultados que obtuvieron los distintos artículos, se pueden extraer diversas hipótesis para la optimización del entrenamiento en atletas de resistencia.

En esta revisión, se han seleccionado artículos científicos que realizaban una intervención en la cual un grupo de deportistas de resistencia entrenaban bajo variaciones diarias de la planificación según sus valores de HRV matutinos, comparándolo con deportistas que entrenaban de forma planificada. Los valores se solían tomar recién levantados en posición supina, después de vaciar la vejiga. Las mediciones duraban alrededor de 1 minuto.

Se observó que el entrenamiento prescrito a partir de la HRV, tiene mejores respuestas en el rendimiento deportivo en comparación que una periodización por bloques (Nuutila et al., 2022). Otros artículos también han descubierto que el entrenamiento guiado por HRV puede llegar a conseguir las mismas adaptaciones y resultados disminuyendo el volumen de entrenamiento y el tiempo a alta intensidad (Javaloyes et al., 2019; Javaloyes et al., 2020).

Anteriormente se ha documentado el uso de la HRV como un marcador de la recuperación y adaptación al entrenamiento en deportes de resistencia (Lundström et al., 2023). Sin embargo, la aplicación práctica del entrenamiento guiado por HRV sigue generando resultados diversos en función de la población y metodología utilizada. En comparación con otros métodos de periodización, como la periodización en bloque o el modelo polarizado, la HRV ofrece una alternativa basada en ajustes dinámicos y objetivos que podría mejorar la regulación de la carga de trabajo sin comprometer el rendimiento (Javaloyes et al., 2020; Carrasco-Poyatos et al., 2022).

Entre las limitaciones del entrenamiento basado en HRV, se ha identificado una alta variabilidad en la respuesta de los atletas. Mientras que algunos estudios han reportado

mejoras significativas en el rendimiento, otros han encontrado que los beneficios son comparables a los métodos tradicionales, lo que indica que la efectividad de esta estrategia podría depender de factores individuales, como el nivel de entrenamiento previo, el grado de autonomía en la toma de decisiones o la genética (Nuuttila et al., 2022; DeBlauw et al., 2021). Aunque la respuesta de los deportistas en los grupos HRV ha sido heterogénea, los resultados han sido casi siempre positivos. Mientras que en algunos grupos que entrenaron de forma tradicional hubo tanto resultados positivos como negativos. (Javaloyes et. al. 2019)

Se examinó la aplicación de la HRV en el contexto de la hipoxia y encontraron que el ajuste individualizado de la carga redujo la disminución de la actividad parasimpática que suele acompañar al método "live high-train low" (Schmitt et al. 2017). Esto sugiere que la HRV no solo puede ser útil para regular el entrenamiento en condiciones normóxicas, sino también para modular las respuestas autonómicas en entornos de entrenamiento en altitud.

Aunque existen diversas formas de regular la carga de entrenamiento en deportes de resistencia, la combinación de diferentes metodologías permite una mejor individualización del proceso y una mayor precisión en la adaptación de la carga. Esto se debe a que, al integrar la HRV junto con otros indicadores fisiológicos, se obtiene una visión más completa del estado de recuperación y adaptación del deportista, lo que facilita la optimización del rendimiento y la prevención del sobreentrenamiento (Carrasco-Poyatos et al., 2022).

## **Propuesta de intervención.**

Debido a las distintas opiniones y formas de evaluar la condición física, en esta revisión sistemática se propone la siguiente forma de intervención, con el objetivo de optimizar el rendimiento en deportistas de resistencia mediante la modulación de la carga en base a las mediciones matutinas de HRV (Carrasco-Poyatos et al., 2020; Javaloyes et al., 2019). A continuación presentamos un sistema que tiene como objetivo el entrenamiento basado en la HRV para optimizar las adaptaciones fisiológicas en deportistas de resistencia como ciclismo, esquí de fondo o corredores.

En la presente revisión se ha demostrado que la HRV es un marcador fiable del estado del deportista y que su fluctuación diaria puede proporcionar información relevante sobre el estado del sistema nervioso autónomo del deportista (Lundström et al., 2023). El uso de la HRV para la modificación de la carga de entrenamiento día a día reduce el riesgo de sobreentrenamiento y maximiza la eficacia del programa de entrenamiento (Nuutila et al., 2022). Así, la implementación de un protocolo basado en HRV podría facilitar una mayor adaptación cardiorrespiratoria economizando el volumen e intensidad.

El protocolo de medición de la HRV se estandarizó de forma que siempre sean por la mañana, recién despertado y después de vaciar la vejiga. La mayor parte de los estudios han empleado registros en posición supina durante 60 segundos utilizando dispositivos validados como el polar H10 o la aplicación de teléfono HRV4Training (Schmitt et al., 2017; Nuutila et al., 2022). En función de la desviación de los valores de HRV respecto a la línea base individual del deportista, se establece un ajuste de la carga de entrenamiento: Si la HRV se encontraba dentro de su variabilidad normal, se procede con la planificación establecida, en cambio si la HRV muestra un descenso significativo, se reduce la intensidad o el volumen. Si la HRV es superior a la línea base, se repite otra sesión de intensidad.

En esta revisión se ha sintetizado con los resultados de varios estudios que el entrenamiento guiado por HRV puede generar mejoras significativas en la capacidad aeróbica y en la regulación autonómica del sistema nervioso (Carrasco-Poyatos et al., 2020; DeBlauw et al., 2021). En estudios hechos con corredores a pie, los resultados indican que entrenar de forma guiada con la HRV como indicador de carga podría

inducir mejoras en el  $VO_2\text{max}$  con un menor volumen de entrenamiento de alta intensidad, o mismas mejoras en el valor fisiológico (Carrasco-Poyatos et al. 2022). Asimismo, en ciclistas, la planificación basada en HRV ha demostrado una mejora en la eficiencia del tiempo de recuperación y una mejora en la eficiencia cardiorrespiratoria sin aumentar el riesgo de sobreentrenamiento (Javaloyes et al., 2020).

La aplicación de la HRV como herramienta de regulación del entrenamiento tiene muchos beneficios, pero también presenta ciertas limitaciones. La interpretación de los valores de HRV puede ser diferente debido a la variabilidad individual en la respuesta autonómica. Por lo que es necesario establecer protocolos personalizados según la línea base de cada atleta (De Blauw et al., 2022). Además, la HRV no varía únicamente por el efecto del entrenamiento en la persona, el sueño, la nutrición o el estrés son factores externos que pueden influenciar en la variable, por lo tanto un control riguroso de las condiciones de medición es necesario para garantizar la fiabilidad de los datos (Carrasco-Poyatos et al., 2022).

Este protocolo de intervención busca ofrecer una herramienta válida que tiene el objetivo de optimizar el entrenamiento de resistencia mediante mediciones de la HRV como carga interna. La optimización de esta carga podría regular la intensidad y volumen consiguiendo mejores adaptaciones fisiológicas al entrenamiento o, las mismas adaptaciones con menos tiempo e intensidad de entrenamiento, así como disminuir la probabilidad de sufrir un síndrome de sobre entrenamiento.

## Bibliografia

1. Lundstrom, C. J., Foreman, N. A., & Biltz, G. (2023). Practices and applications of heart rate variability monitoring in endurance athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 44(1), 9–19. <https://doi.org/10.1055/a-1864-9726>
2. Nuutila, O.-P., Nummela, A., Korhonen, E., Häkkinen, K., & Kyröläinen, H. (2022). Individualized endurance training based on recovery and training status in recreational runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(10), 1690–1701. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002968>
3. Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., & Moya-Ramón, 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/ijssp.2018-0122>
4. DeBlauw, J. A., Drake, N. B., Kurtz, B. K., Crawford, D. A., Carper, M. J., Wakeman, A., & Heinrich, K. M. (2021). High-intensity functional training guided by individualized heart rate variability results in similar health and fitness improvements as predetermined training with less effort. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(4), 102. <https://doi.org/10.3390/jfmk6040102>
5. Schmitt, L., Willis, S. J., Fardel, A., Coulmy, N., & Millet, G. P. (2017). Live high– train low guided by daily heart rate variability in elite Nordic skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s00421-0173784-9>
6. Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., Plews, D., & Moya-Ramón, 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.0000000000003633>
7. Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., & Moya-Ramón, M. (2020). Training prescription guided by heart rate variability in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1511–1518. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000000>
8. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
9. Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>

10. 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>
11. Carrasco-Poyatos, M., González-Quílez, A., Martínez-González-Moro, I., & Granero-Gallegos, A. (2020). HRV-guided training for professional endurance athletes: A protocol for a cluster-randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5465. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155465>

