



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

---

IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO  
INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD  
EN JÓVENES DEPORTISTAS

---

Máster en salud y rendimiento deportivo

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

TUTOR: DIEGO PASTOR CAMPOS

Alumno: Ignacio Hemmerling Bazán

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	3
<b>Sujetos</b> .....	3
<b>Test de valoración</b> .....	3
<b>Material</b> .....	5
<b>Procedimientos</b> .....	6
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	6
<b>CUANTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO</b> .....	6
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	8



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años están cobrando mucha fuerza el entrenamiento tipo HIIT (entrenamiento interválico de alta intensidad, por sus siglas en inglés) en la comunidad científica, debido al gran impacto físico que se puede observar tanto en personas activas como sedentarias para mejorar sus cualidades físicas, llegando a observar que los beneficios en la condición física de las personas pueden ser el doble gracias al HIIT con respecto al entrenamiento continuo de moderada intensidad (Karlsen, Aamot, Haykowsky, et al., 2017)

Se trata de entrenamientos con estímulos de alta intensidad, en donde se pueden manipular, según el objetivo de la sesión determinada, hasta 9 variables. Entre ellos se encuentran el tiempo y la intensidad de los esfuerzos y de las recuperaciones, para poder mejorar el rendimiento de carácter intermitente y/o continuo (Buchheit & Laursen, 2013a)

Con esto, lo que se consigue principalmente según los autores Dolci, Kilding, Chivers, et al. (2020), es que la biogénesis de las mitocondrias sufran una adaptación fisiológica aguda, un mayor agotamiento de glucógeno, acumulación de metabolitos en el músculo y tensión neuromuscular después de esta intervención. Además, otros autores como Wiewelhove, Raeder, Meyer, et al. (2015) afirman que tras una intervención tipo HIIT, también existen cambios significativos en las propiedades contráctiles de los músculos, creatinquinasa y el DOMS (dolor muscular de inicio retardado) después del programa de entrenamiento y después del período de recuperación. Por lo tanto, estas adaptaciones pueden ser claves en deportes acíclicos, donde se requiere de una alta intensidad durante períodos cortos de tiempo de manera muy repetida.

En la actualidad, recomiendan no realizar ejercicio de alta intensidad 48 horas posteriores a la sesión HIIT, ya que en el caso de que el equilibrio entre el estrés del entrenamiento y la recuperación sea inadecuado durante un período prolongado, el atleta puede experimentar una disminución en el rendimiento y se puede desarrollar un estado de sobreentrenamiento (Wiewelhove et al., 2015).

En el presente trabajo, se creó un programa de entrenamiento personalizado en base a sesiones interválicas de alta intensidad para mejorar la condición física de jóvenes universitarias que hacen deporte de manera habitual,

más concretamente, baloncesto y tenis, pero teniendo en cuenta la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), como herramienta para evitar una excesiva carga de entrenamiento y limitar un posible sobreentrenamiento.

Pese a que se trata de dos deportes muy diferentes aparentemente, ambos comparten la necesidad de realizar movimientos cortos a alta intensidad de manera repetida casi constantemente, por lo que se realizó un programa de entrenamiento que constaba de 17 semanas, en las cuales se incrementó la carga de entrenamiento habitual de las participantes mediante 4 tipos de sesiones tipo HIIT a lo largo de las semanas. El entrenamiento se prescribió de forma online, y el seguimiento se hizo también online. .

El objetivo del estudio fue comprobar si mediante la prescripción online de entrenamiento HIIT, controlando la carga mediante el HRV, se podía mejorar la condición física de las participantes, y comprobar la relación existente entre un control de carga con la frecuencia cardíaca o mediante la percepción subjetiva del esfuerzo, en esta modalidad.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Sujetos**

Para este estudio se contó con una muestra de 5 participantes con características similares. Todas eran chicas jóvenes universitarias que competían y entrenaban con regularidad un deporte acíclico, como es el caso del baloncesto (4) y el tenis (1). Sin embargo, en la semana 9, hubo una muerte experimental por problemas físicos, con lo que se limitaban en gran medida la toma de datos correcta para esa participante (quedando 3 de baloncesto y 1 de tenis).

### **Test de valoración**

Una vez se estableció la muestra, se realizó una antropometría y pruebas de esfuerzo con las que poder establecer los valores pre-intervención y poder compararlos, a posteriori, con los valores post intervención. Estas pruebas fueron:

1. Una prueba de rendimiento, que consistió en una prueba incremental en cinta rodante comenzando con una velocidad inicial de 5 km/h

durante 3 minutos y, a partir de ahí, incrementos de 1 km/h cada minuto hasta el agotamiento, midiendo en todo momento la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la propia frecuencia cardíaca para calcular la velocidad aeróbica máxima (VAM), la frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>) y estimar los umbrales ventilatorios VT1 y VT2 mediante el HRV.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es una herramienta que aporta información sobre el sistema autónomo. Se cuantificó esta variable cada 30 segundos mediante el cálculo de la raíz cuadrada media de las diferencias en los intervalos RR (RMSSD) y dividiéndola entre el intervalo RR promedio durante esos 30 segundos para calcular la RMSSD normalizada (Mankowski, et al., 2016).

Se calculó los umbrales en base al DFA, un índice que cambia constantemente al aumentar la intensidad durante el ejercicio (Gronwald, Rogers, & Hoos, 2020). El primer umbral ventilatorio (VT1) está asociado a un valor de 0.75, mientras que un valor de 0.5 está asociado al umbral ventilatorio 2 (VT2).

2. Prueba de RM (Repetición máxima) para press de banca y sentadilla en máquina Smith usando el T-Force. En la prueba de press banca se aumentó de peso hasta que la propulsión media fue  $<0.5\text{m} \times \text{s}^{-1}$ , velocidad a la cual los sujetos realizaron 4 repeticiones para que el programa del T-Force pudiera estimar el RM de manera indirecta. Los descansos entre las 5 series fueron de 5 minutos para evitar la fatiga acumulada (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010)

El protocolo fue el mismo para todos los participantes, quienes empezaron el movimiento decúbito supino con la cabeza y la cadera en contacto con el banco y los pies en el suelo y la barra cargada con los codos extendidos. Estaba permitido un arqueado de la espalda, pero no se permitía rebotar la barra contra el pecho, sino que simplemente esta podía rozar la zona superior a la apófisis xifoidea antes de subir a máxima velocidad.

En la prueba de RM para sentadilla en máquina Smith, se utilizaron los mismos aparatos de medida que en la prueba anterior. En este caso, el procedimiento fue comenzar con la mitad del peso de cada persona, aumentando el lastre 10 kg para cada serie hasta lograr una propulsión media de  $<0.5\text{m} \times \text{s}^{-1}$ . Los descansos entre series fueron de 2-3 minutos entre las series más ligeras y

5-6 entre las series más pesadas (haciendo un total de 6 series) para evitar la fatiga acumulada (Sanchez-Medina, Perez & Gonzalez-Badillo, 2010)

En cuanto al protocolo, los participantes comenzaron en bipedestación con el torso erguido y las rodillas estiradas mientras cargaban la barra en la parte superior de la espalda. El movimiento se realizaría descendiendo hasta que las rodillas estuvieran a 90° y luego subiendo a máxima velocidad.

## **Material**

Por otro lado, la mayor parte del material que se utilizó se encontraba a través de internet, de modo que cada participante podía realizar su propio entrenamiento y registrar estos valores mediante su ordenador o teléfono móvil cada día, sin la necesidad de estar en contacto con otras participantes o con los propios entrenadores.

Para esto, se creó una base de datos compartida, en donde las deportistas tenían toda la información necesaria para poder entrenar. En ella aparecía las sesiones de entrenamiento de cada semana, especificando los tiempos de ejercicio, descansos e intensidad, así como una guía ilustrativa con vídeos explicativos de todos y cada uno de los ejercicios que se podían llegar a realizar a lo largo de las 17 semanas, para reducir riesgos de lesiones musculares por una mala realización de la técnica.

A todas las participantes se les requería que se colocaran un pulsómetro Polar en todas las actividades físicas que realizaban, tanto si era una sesión de entrenamiento HIIT programada por este estudio, como si eran otras actividades propias de su deporte correspondiente o de ocio. Por lo tanto, cada una de las participantes contaba con una banda pectoral Polar H9 o, en su defecto, H7. De esta manera, se registró la carga total de actividad física semanal, cuantificando la misma mediante el TRIMP de Lucia, descargando los datos y viendo cuánto tiempo, en minutos, habían pasado las participantes en cada una de las 3 zonas de trabajo, determinadas por los umbrales aeróbico y anaeróbico.

## **Procedimientos**

Debido a que se pretendía mejorar la fuerza, aparte de la resistencia cardiovascular, distinguimos 4 tipos de sesiones a lo largo de la intervención, ya que se ha demostrado que el entrenamiento combinado puede tener mejoras en el valor de VO<sub>2</sub> máx (Menz, et al., 2019).

En primer lugar, sesiones de SIT (sesión de sprints interválicos), HIIT largo y HIIT corto, en donde se mezclaban ejercicios de fuerza con el propio peso corporal o añadidos con ejercicios de cardio aceleración y/o carrera y, por último, sesiones de autocargas, en donde se empleaban sólo ejercicios con el propio peso corporal. Se cree que los 4 formatos son necesarios incluirlos en la periodización del entrenamiento para que las adaptaciones metabólicas sean óptimas (Buchheit & Laursen, 2013b)

Cada sesión se dividía en calentamiento, parte principal y vuelta a la calma. En los calentamientos se destinaban 10 min del entrenamiento a elevar la temperatura con ejercicios generales y una última parte de ejercicios específicos a la sesión que a continuación se iba a realizar. En la vuelta a la calma se realizaban ejercicios de movilidad y estiramientos.

Todo ello, con incremento de carga a lo largo de las sesiones, para ayudar a las participantes no solo a adaptarse a este tipo de entrenamiento, sino también, para adaptarlas a la carga semanal ya existente debido a las sesiones de entrenamientos propias de su modalidad deportiva específica y minimizar al máximo la posibilidad de lesiones musculoesqueléticas por sobrecarga (Buchheit & Laursen, 2013a)

Debido a las restricciones por Covid y el cierre de instalaciones deportivas, las participantes durante 7 semanas sólo pudieron realizar las sesiones de Hit, sin poder llevar a cabo entrenamientos de sus deportes específicos.

## **CUANTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO**

Las sesiones se cuantificaron mediante un método objetivo y otro subjetivo. En primer lugar, se utilizó la frecuencia cardíaca para calcular la carga de las sesiones utilizando los TRIMP de Lucia (Lucia, Hoyos, Carvajall, & Chicharro, 1999), el cual distingue 3 zonas de entrenamiento según los umbrales: zona 1 por debajo de VT<sub>1</sub>, zona 2 entre VT<sub>1</sub> y VT<sub>2</sub> y zona 3 por encima

de VT2 y a continuación se multiplica el tiempo invertido en cada zona por 1, 2 o 3 (coeficiente k), según esté en zona 1, 2 o 3 respectivamente. De esta manera, podemos conseguir la carga total de entrenamiento tras la suma del producto del tiempo empleado en cada zona durante el entrenamiento.

En segundo lugar, el RPE midió mediante la escala de 10 puntos (Foster et al., 2001), 30 minutos después de finalizar la sesión para no dejarse influir por la percepción de fatiga inmediatamente post ejercicio, y de esa manera, obtener un valor más real de la sesión, necesario para el procesamiento de datos post intervención. Este valor de 1-10 de cada sesión se multiplicó por la duración de la sesión (RPEs)

Así mismo, había una cuestión clave que debían presentar las deportistas para poder obtener todos los datos necesarios para el estudio, como es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV, por sus siglas en inglés) diaria, registrada al despertar

Para poder trabajar con unos valores personalizados a cada participante, registraron inicialmente cada una de ellas durante 28 días su HRV para sacar una media, y así, establecer unos rangos con la desviación normal que puede sufrir esta variable. De manera que, a partir de esos 28 días, las participantes al ingresar los datos de HRV por la mañana sabían si podrían realizar el entrenamiento o no, según fuera predominante el sistema parasimpático o el simpático. O lo que es lo mismo, si estaban dentro, o fuera, de esos valores establecidos como normales. Se utilizó un rango de una desviación estándar para determinar la normalidad respecto a la media de los 28 días previos del HRV.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Tras recopilar los datos de entrenamiento y de las pruebas de rendimiento, se comparó con una prueba T pareada los cambios en las pruebas de rendimiento. Se usó una P de Pearson las mejoras del rendimiento con la carga de trabajo, así como la carga de trabajo obtenida en todas las sesiones con el TRIMP de Lucia y el RPE de las participantes

## BIBLIOGRAFÍA

- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013a). High-Intensity Interval Training , Solutions to the Programming Puzzle Part I : Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-Intensity Interval Training , Solutions to the Programming Puzzle Part II : Anaerobic Energy , Neuromuscular Load and Practical Applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Dolci, F., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Hart, N. H. (2020). High-Intensity Interval Training Shock Microcycle for Enhancing Sport Performance : A Brief Review. *Strength and Conditioning Research*, 34(4), 1188–1196.
- Foster, C., Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., ... Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Gronwald, T., Rogers, B., & Hoos, O. (2020). Fractal Correlation Properties of Heart Rate Variability : A New Biomarker for Intensity Distribution in Endurance Exercise and Training Prescription ? *Frontiers in Physiology*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.550572>
- Karlsen, T., Aamot, I., Haykowsky, M., & Rognmo, Ø. (2017). High Intensity Interval Training For Maximizing Health Outcomes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 60(1), 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.006>
- Lucia, A., Hoyos, J., Carvajall, A., & Chicharro, J. L. (1999). Heart Rate Response to Professional Road Cycling : The Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 20(3), 167–172.
- Wiewelhoe, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., & Pfeiffer, M. (2015). Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training. *Plos One*, 10(10), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139801>