

Research

# Efectos del Entrenamiento de Alta Intensidad por medio de la Frecuencia Cardíaca o la Potencia en Ciclistas Recreativos

E. M Robinson<sup>1</sup>, Jeff Plasschaert<sup>1</sup> y Nkaku R. Kisaalita<sup>1</sup><sup>1</sup>Center for Pain Research and Behavioral Health, University of Florida.<sup>2</sup>Shands Sport Performance Center at University of Florida Orthopaedics and Sports Medicine Institute, USA.

## RESUMEN

Los avances tecnológicos en el entrenamiento por intervalos para ciclistas han llevado al desarrollo de monitores de frecuencia cardíaca (HR) y medidores de potencia (PM). A pesar de la creciente popularidad de la utilización de los PM, no se ha establecido la superioridad del entrenamiento en base los PM. El objetivo del presente estudio ha sido investigar la relativa efectividad del entrenamiento por intervalos en base a la HR vs PM en una prueba cronometrada de 20 km (TT de 20 km), la potencia al umbral de lactato (LT) y la capacidad aeróbica pico ( $VO_{2\text{máx}}$ ) en ciclistas recreativos. Los participantes ( $n = 20$ ; edad  $M = 33.9$ ,  $DE = 13$ ) completaron una prueba inicial cronometrada de 20 km (TT de 20 km) para establecer su  $VO_{2\text{máx}}$  y luego, se los asignó de manera aleatoria a sesiones de entrenamiento determinadas por la HR o por PM. Durante un período de hasta 5 semanas, los participantes completaron  $7.2 (\pm 1.1)$  sesiones de entrenamiento por intervalos a su LT específico para su respectivo método de entrenamiento por intervalos. Los análisis de varianza para medidas repetidas (ANOVA) mostraron que ambos grupos de entrenamiento, los basados en la HR y en el PM mejoraron de manera significativa su potencia al LT ( $F_{(1,16)} = 28.$ ,  $p < 0.01$ ,  $\eta^2 = 0.63$ ) y el tiempo en la TT de 20 km ( $F_{(1,16)} = 4.92$ ,  $p = 0.04$ ,  $\eta^2 = 0.24$ ) en el período de post-entrenamiento, mostrando un incremento de 17 watts (9.8%) y una mejora de casi 3 minutos y medio (7.8%) en el tiempo para completar la TT de 20 km. No hubo interacciones significativas de grupo (HR vs PM)  $\times$  tiempo (valores i/niciales vs post-entrenamiento) para el tiempo para completar la TT de 20 km, la potencia de LT o las estimaciones del  $VO_{2\text{máx}}$ . Los presentes resultados coinciden con la literatura, respaldando la efectividad del entrenamiento por intervalos para los atletas de resistencia. Además, los presentes hallazgos indican que no existe evidencia empírica para la superioridad de ningún único tipo de dispositivo en la implementación del entrenamiento por intervalos. Este estudio indica que no hay ventajas evidentes para utilizar el PM con el fin de incrementar el rendimiento en el ciclista recreativo promedio, sugiriendo que los monitores de bajo costo de HR son igualmente competentes como artefactos de entrenamiento.

**Palabras Clave:** potencia, frecuencia cardíaca, entrenamiento

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento por intervalos en el ciclismo está bien reconocido como medio para incrementar el rendimiento tanto en

los atletas entrenados como en los que no tienen entrenamiento (Laursen y Jenkins, 2002; Laursen, et al., 2002; Stepto et al., 1999). Los avances en la tecnología han llevado a que se pueda disponer de ayudas de entrenamiento más accesibles, tales como los monitores de frecuencia cardíaca y los medidores de potencia. Para medir o demostrar mejoras en las variables fisiológicas claves después del entrenamiento por intervalos se han utilizado tanto dispositivos de laboratorios como portátiles (Ebert et al., 2006; Laursen et al., 2005; Stepto et al., 1999). La popularidad de estos dispositivos de entrenamiento ha generado un gran mercado y la prensa ha producido guías de entrenamiento en base a su utilización (Allen y Coggan, 2006). En particular, ha habido una creciente utilización de los medidores de potencia portátiles, aunque no se ha establecido la superioridad del entrenamiento basado en la potencia en comparación con otros métodos de entrenamiento por intervalos. Recientemente, los investigadores han realizado la primera comparación directa de entrenamientos intervalados en base a la frecuencia cardíaca (HR) y en base a la potencia (Swart et al., 2009). En dicho estudio, Swart et al. (2009) hallaron que ambos tipos de entrenamiento intervalados fueron exitosos para mejorar los parámetros del rendimiento y la aptitud fisiológica en ciclistas bien entrenados. Sin embargo, no han demostrado la superioridad de ninguno de los métodos.

Hasta la fecha, ningún estudio ha investigado la efectividad diferencial del entrenamiento intervalado basado en la HR versus el basado en la potencia en ciclistas recreativos. El mercado relativamente extenso de los monitores de HR y de medidores de potencia, representado por los ciclistas recreativos, y la gran diferencia en el costo entre los dos tipos de dispositivos, son razones convincentes para comparar la efectividad de los dispositivos. El propósito del presente estudio ha sido investigar la relativa efectividad del entrenamiento intervalado en base a la HR versus el basado en la medición de la potencia (PM) en ciclistas recreativos. Se ha planteado la hipótesis de que ambos tipos de métodos por intervalo llevarían a incrementar el rendimiento (prueba cronometrada de 20 km), la potencia al umbral de lactato (LT) y el  $VO_2$ máx. De manera similar al estudio de Swart et al. (2009), en el presente se ha predicho que las diferencias entre el entrenamiento por intervalos basado en la HR y en el PM serían pequeñas, con escasa significancia estadística o práctica.

## MÉTODOS

---

### Participantes

Se reclutaron once hombres y nueve mujeres de una comunidad de los alrededores de una gran universidad del sudeste en los Estados Unidos de América por medio de una lista de contactos de un grupo de ciclistas. La edad promedio de los participantes era de  $M = 33.9$  (13) años. El peso promedio de los participantes era de  $70.8$  (11.2) kg. Los grupos no diferían en el peso ( $p > 0.05$ ). Ningún grupo mostró un cambio significativo en el peso con el entrenamiento ( $p > 0.05$ ). Los participantes no participaron de ningún entrenamiento por intervalos durante los 6 meses previos al comienzo del estudio y habían practicado ciclismo de manera recreativa durante al menos un año. El análisis de Ji Cuadrado indicó que el sexo se distribuyó de manera equitativa en los grupos (Ji Cuadrado = 0.6,  $p > 0.05$ ). Antes del comienzo del estudio, se explicaron el propósito y el protocolo del mismo, y se obtuvo un consentimiento informado.

### Procedimientos

Antes del comienzo del programa de entrenamiento intervalado, los participantes completaron diversos tests iniciales entre los que se incluyeron una prueba cronometrada de 20 km (TT de 20 km), la evaluación de la capacidad aeróbica pico ( $VO_2$ máx), y una prueba para la determinación del umbral de lactato (LT). La TT de 20 km se escogió en base al nivel de entrenamiento promedio de la presente muestra. Para la evaluación inicial se instruyó a los participantes que, en el caso de ejercitarse, lo hicieran a una intensidad muy baja o bien que no ejercitaran durante el día previo a las pruebas. Se les pidió a los participantes que llevaran registros de entrenamiento detallados de su actividad, y se les ordenó que no se apartaran de su entrenamiento normal durante los períodos de evaluación y entrenamiento. Las evaluaciones pre y post entrenamiento se llevaron a cabo dentro de un período de dos semanas, con un mínimo de 48 horas de separación entre cada prueba. Después de completarse la evaluación inicial, se asignó a los participantes de manera aleatoria a sesiones de entrenamiento determinadas por la HR o bien por la potencia.

Para todas las sesiones de evaluación y entrenamiento, los participantes llevaron sus propias bicicletas, las cuales se fijaron a un cicloergómetro electrónico (Computrainer Lab, Racermate, Inc. Seattle, WA), como se utilizó en Swart et al. (2009). La precisión y confiabilidad de este ergómetro es reconocida (Abbiss et al. 2007; Lamberts et al. 2009b). Durante un período de 5 semanas, los participantes completaron  $7.2 (\pm 1.1)$  sesiones de entrenamiento intervalado en a la intensidad de su umbral de lactato específico para la potencia o la frecuencia cardíaca. Antes de cada sesión de evaluación y entrenamiento, la bicicleta se calibraba según los procedimientos de calibración de resistencia al rodamiento del fabricante. A fin de evitar el deslizamiento de la rueda durante las sesiones de evaluación y entrenamiento se aplicó una presión de entre 2.0 y 2.5 libras después de que el sistema se hubiera calentado.

## Mediciones

Prueba Cronometrada de 20 km: La prueba cronometrada se llevó a cabo en el ergómetro Computainer Lab utilizando 20 km personalizados, recorrido gradual de 0% (0.3dc) creado en el programa RacerMate Interactive 3D (RacerMate, Inc. Seattle, WA). La misma consistió de una entrada en calor de 10 minutos a un ritmo individual, seguida de una TT de 20km que debía completarse en el menor tiempo posible. A los participantes se les permitió utilizar los cambios y beber agua *ad libitum* durante la prueba. Al concluir la prueba, se registraron el tiempo total para completar la TT de 20km, la frecuencia cardiaca promedio y la potencia media. Dado que se desconocían las capacidades físicas de los participantes con anterioridad a la evaluación, se escogió una distancia de 20km para la prueba cronometrada en lugar de la distancia de prueba cronometrada de 40 km que comúnmente se utiliza en los eventos de ciclismo autorizados en EUA como una medición reconocida que predice el rendimiento competitivo (Paton y Hopkins, 2001).

Pruebas de LT y  $VO_{2\text{máx}}$ : El LT se determinó utilizando un test incremental de ciclismo luego de que los participantes completaran una entrada en calor de 10 minutos a un ritmo individual. Comenzando con una carga inicial de 100 W (hombres) y 80 W (mujeres), los participantes pedalearon durante intervalos de 5 minutos. Durante los últimos 30 segundos del intervalo de 5 minutos, se les extrajo sangre de una punción digital de libre flujo para analizar el lactato en sangre. Para analizar los niveles de lactato en sangre al finalizar cada intervalo se utilizó el analizador portátil Lactate Pro (Arkray, Japón). Después del período de 30 segundos de toma de muestras, la carga se incrementó en 30 W (hombres) y 20 W (mujeres). Los participantes continuaron pedaleando en intervalos de 5 minutos hasta que no podían mantener la carga (i.e. no podían continuar pedaleando en la potencia deseada). A los participantes se les permitía recuperarse descansando o pedaleando sin carga durante un período de 10 minutos. Inmediatamente después del período de recuperación se determinó el  $VO_{2\text{máx}}$  utilizando un test incremental de pedaleo. Comenzando con la misma carga que la prueba de LT, los participantes pedalearon durante 5 minutos. Después del intervalo de 5 minutos, la carga aumentó de manera similar a la prueba de LT (i.e. la potencia aumentó de manera incremental en 30 W para los hombres y 20 W para las mujeres); no obstante, el período de tiempo del intervalo era de 1 minuto. La prueba continuaba hasta que los participantes no podían mantener más la carga. Los gases espirados se recolectaron en una cámara mezcladora y se midieron utilizando un sistema de intercambio de gases (TrueMax 2400 Metabolic Measurement System, Parvo Medics, Salt Lake City, Utah) Se analizaron los gases espirados y se determinó al  $VO_{2\text{máx}}$  como la lectura de  $VO_{2\text{máx}}$  más elevada medido en  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Antes de cada prueba el analizador de gas se calibraba con respecto a un mezclador de gas estándar y el flujo de aire se calibraba a través de una válvula respiratoria de baja resistencia (Rudolph No. 2700, Hans Rudolph, Inc. Kansas City, MO). Los valores de los gases se obtuvieron de manera manual en intervalos de 10 segundos, y los valores de  $VO_{2\text{máx}}$  se registraron de manera automática mediante un carro metabólico en los últimos 15 segundos de cada intervalo de 1 minuto. La HR, la producción de potencia media y el RPE se registraron al final de cada intervalo durante toda la prueba. La producción de potencia pico (PPO) se calculó promediando la producción de potencia durante el último minuto de la prueba de  $VO_{2\text{máx}}$ . El RPE se obtuvo utilizando una escala modificada de Borg que variaba de 0 a 10 (Borg, 1982).

La determinación del umbral de lactato se alcanzó determinando una curva de rendimiento de lactato, utilizando lactato, frecuencia cardiaca y producción de potencia (W). A la potencia y la frecuencia cardiaca en las cuales se produjo una acumulación de lactato en sangre de  $4\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  se las denominó LT (Sjodin, Jacobs, & Karlsson, 1981).

### Procedimientos de la Sesión de Entrenamiento determinada por la Potencia

Antes de la sesión de entrenamiento, se creó un archivo utilizando el programa Computainer Coaching (CS) basado en la prueba previa de umbral de lactato de los participantes. A los participantes se los instruyó sobre cómo mantener la potencia correcta durante el período de entrenamiento y fueron controlados por la misma persona que registró los datos de potencia, HR y PRE a cada minuto durante la evaluación. Cada sesión de entrenamiento comenzaba con una entrada en calor a un ritmo individual (5 minutos) y con la calibración del ergómetro. La sesión de entrenamiento por intervalos duró una hora y media y consistió de 11 intervalos -períodos de trabajo de 5 minutos a la potencia del umbral de lactato determinado del participante, seguido de un período de recuperación de 4 minutos en base a un protocolo del 65% de la HR máxima. La duración del intervalo se escogió en base a la longitud del intervalo que generaría las adaptaciones fisiológicas que causan una mejora en la capacidad de amortiguación del ácido láctico y el rendimiento de resistencia (Weston, Myburgh y Lindsay, 1997). La intensidad del entrenamiento se incrementó de manera gradual en aproximadamente el 5-15% del umbral de lactato predeterminado por semana (Bompa, 1999). Si el participante no podía mantener la carga de trabajo prescrita de la sesión anterior, se mantenía la misma carga; si el participante no podía mantener la carga de trabajo a lo largo de la duración de los intervalos, la carga se incrementaba en la sesión siguiente. La HR, la potencia y el valor de esfuerzo percibido se registraron durante cada minuto de las sesiones de entrenamiento.

### Procedimientos de la Sesión de Entrenamiento determinada por la HR

Los participantes del grupo de entrenamiento determinado por la HR siguieron un protocolo de entrenamiento similar al del grupo determinado por la potencia, excepto que la potencia se controló de manera manual utilizando el modo ergo del

manual en el programa Computrainer Coaching (CS). Se monitoreó la HR de los participantes y se ajustó la potencia para mantener su HR dentro de la HR del umbral de lactato durante los intervalos de trabajo; en otras palabras, el entrenamiento con sobrecarga se monitoreó de manera constante y se ajustó para mantener la HR objetivo. Al igual que en el grupo de entrenamiento de potencia, los intervalos de descanso estuvieron basados en un protocolo del 65% de la HR máxima.

### Análisis Estadísticos

Los datos se analizaron utilizando el SPSS, versión 17.0. Se llevó a cabo un análisis de varianza para medidas repetidas (ANOVA) a fin de determinar diferencias en las ganancias del entrenamiento antes y después de la intervención para la TT de 20 km, la potencia del LT y el  $VO_2$ máx. La significancia estadística se evaluó con un criterio de  $p < 0.05$ . Para determinar si los dos grupos alcanzaron cargas de entrenamiento similares, se realizó un ANOVA para medidas repetidas sobre la potencia de la primera sesión utilizada para el entrenamiento contra la potencia de la última sesión. Se llevó a cabo otro ANOVA para medidas separadas a fin de determinar si los grupos de entrenamiento de HR y potencia tuvieron cargas de trabajo similares a lo largo de las sesiones mediante la comparación de la potencia del intervalo de trabajo para la cantidad promedio de sesiones de entrenamiento finalizadas (el grupo sirvió como el factor intra-sujeto en todos los análisis ANOVA).

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las características de los participantes (e.g. edad, masa corporal,  $VO_2$ máx, etc.) por grupo de entrenamiento. No se hallaron diferencias significativas entre los dos grupos con respecto a cualquiera de los datos descriptivos enumerados en esta tabla.

	Frecuencia cardíaca	Potencia
<b>Edad</b>	36.9 (15.7)	30.9 (9.5)
<b>Masa corporal (kg)</b>	72.0 (13.8)	67.7 (8.3)
<b><math>VO_2</math>máx (<math>mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}</math>)</b>	48.4 (9.3)	50.3 (9.7)
<b>PPO (W)</b>	255.0 (75.7)	261.0 (65.9)
<b>PPO (W/Kg)</b>	3.5 (0.7)	3.8 (0.6)
<b>PRE TT (s) de 20km</b>	2348.8 (314.5)	2501.4 (562.5)
<b>POST TT (s) de 20km</b>	2233.7 (222.5)	2220.6 (239.3)
<b>AP de la TT de 20km (W)</b>	173.4 (49.1)	176.4 (51.2)
<b>AP durante los intervalos (W)</b>	131.7 (44.7)	134.1 (43.8)
<b>% de AP (durante los intervalos) de la PPO</b>	51.6%	51.4%

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de los grupos que entrenaron en base a la frecuencia cardíaca y en base a la potencia. Los datos son medias ( $\pm$  DE). No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos grupos. PPO: producción de potencia pico, TT: Prueba cronometrada, AP: Potencia promedio.

En la Tabla 2 se presentan los promedios previos al entrenamiento por intervalos y posteriores al mismo para las mediciones de la TT de 20km, la potencia al LT, el  $VO_2$ máx y la PPO.

TT de 20 km: Los resultados de la TT de 20 km indicaron un efecto principal para el tiempo ( $F_{(1,16)} = 4.92$ ,  $p = 0.04$ ,  $\eta^2 = 0.24$ ). No hubo ningún efecto principal para el grupo ( $F_{(1,16)} = 0.27$ ,  $p > 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.02$ ) ni para la interacción de grupo  $\times$  tiempo ( $F_{(1,16)} = 1.0$ ,  $p > 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.06$ ). En promedio, ambos grupos mejoraron su tiempo de TT en alrededor de 3 minutos y 25 segundos (7.8%).

Potencia del LT: Para la potencia al LT, hubo un efecto principal significativo del tiempo ( $F_{(1,16)} = 28.8$ ,  $p < 0.01$ ,  $\eta^2 = 0.63$ ). No hubo ningún efecto principal para el grupo ( $F_{(1,16)} = 0.001$ ,  $p > 0.05$ ,  $\eta^2 < 0.00$ ) ni para la interacción de tiempo por grupo ( $F_{(1,16)} = 0.44$ ,  $p > 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.03$ ). En promedio, los participantes incrementaron su potencia al LT en alrededor de 17 watts (9.8%).

VO<sub>2</sub>máx: El entrenamiento por intervalos no tuvo ningún efecto sobre el VO<sub>2</sub>máx según lo indicado por los efectos principales no significativos para el tiempo ( $F_{(1,16)} = 0.2, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$ ), grupo ( $F_{(1,16)} = 0.7, p > 0.05, \eta^2 = 0.008$ ), o la interacción de tiempo por grupo ( $F_{(1,16)} = 0.6, p > 0.05, \eta^2 = 0.036$ ).

Potencia del Entrenamiento por Intervalos: Los resultados indicaron que el entrenamiento indexado por medio de la potencia a priori (incremento del 5-15 % del umbral de lactato predeterminado por semana) versus la carga de entrenamiento determinada por la HR, mostró que ambos grupos incrementaron su carga de trabajo durante las sesiones ( $F_{(1,64)} = 5.23, p < 0.001, \eta^2 = 0.25$ ), aunque no hubo ningún efecto de interacción de grupo por sesión ( $F(1, 64) = 1.2, p = 0.3, \eta^2 = 0.07$ ). Tampoco hubo ninguna interacción de grupo por sesión para la potencia durante las sesiones de entrenamiento finalizadas ( $F_{(6,78)} = 162.42, p = 0.390, \eta^2 = 0.07$ ). Estos resultados sugieren que los dos métodos de entrenamiento dieron como resultado prácticas relativamente iguales.

	Pre	Post
<b>Potencia</b>		
PPO (W)	261.0 (66.0)	278.5 (70.0)
PPO (W/Kg)	3.8 (0.6)	4.1 (0.6)
VO <sub>2</sub> máx (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50.3 (9.7)	50.7 (7.4)
LT (W)	176.7 (57.3)	195.6 (55.0)
TT (s) de 20 km	2501.4 (562.5)	2382.6 (611.7)
Potencia de la TT de 20km (W)	176.4 (51.2)	196.4 (47.4)
<b>Frecuencia cardiaca</b>		
PPO (W)	255 (75.7)	285 (58.5)
PPO (W/Kg)	3.5 (0.7)	3.9 (0.6)
VO <sub>2</sub> máx (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48.5 (9.2)	48.4 (7.4)
LT (W)	169.9 (38.8)	192.9 (39.09)
TT (s) de 20km	2348.8 (314.5)	2233.7 (222.5)
Potencia de la TT de 20km (W)	173.4 (49.1)	183.4 (38.7)

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas pre-entrenamiento y post-entrenamiento. Los datos son medias (± DE). PPO: producción de potencia pico, LT: Umbral de lactato, TT: prueba cronometrada, AP: potencia media.

## DISCUSIÓN

El propósito de este estudio ha sido evaluar los efectos del entrenamiento intervalado sobre la TT de 20 km, la potencia al LT y el VO<sub>2</sub>máx a partir de protocolos de entrenamiento basados en la HR y basados en la PM. Los resultados indicaron mejoras significativas en los tiempos de la TT de 20 km de casi tres minutos y medio o el 7.8%. De manera similar, la potencia en el LT mejoró en casi un 10 por ciento. Estas son mejoras significativas y concuerdan con otros reportes (Laursen et al., 2005; Swart et al., 2009). De manera similar a Swart et al. (2009), que estudiaron a ciclistas bien entrenados, en la presente muestra de ciclistas recreativos no se obtuvieron diferencias significativas entre los protocolos de entrenamiento basados en la HR y basados en la PM. El VO<sub>2</sub>máx no mostró un efecto de entrenamiento y se han advertido resultados similares en otros estudios de entrenamiento (Swart et al. 2009; Henritze et al. 1985). Sin embargo, las sesiones de intervalos fueron de una intensidad menor (cerca del LT) y es posible que no hayan sido suficientes para mostrar un efecto sobre el consumo de oxígeno máximo (Laursen et al., 2002).

Desde una perspectiva práctica, este estudio demuestra que para el ciclista recreativo promedio, es posible que no haya una ventaja notoria en utilizar la PM con el objeto de alcanzar un mayor rendimiento y los cambios fisiológicos concomitantes. Los cambios a partir de un protocolo de entrenamiento relativamente moderado, con respecto al tiempo incluido en el entrenamiento, fueron sustanciales. Los resultados son análogos a los de Swart et al. (2009) y sugieren que los monitores de HR de costo relativamente bajo son igualmente efectivos que los dispositivos de entrenamiento, en comparación con los PM. Los resultados del presente estudio indicaron que los dos métodos dieron como resultado cargas de trabajo bastante equivalentes durante las sesiones de entrenamiento, lo que derivó en los efectos de entrenamiento similares observados para los dos grupos.

Los defensores del PM a menudo sostienen la ventaja de una mayor precisión, una mayor respuesta temporal y menos influencias artefactuales sobre la potencia como indicador del esfuerzo, en comparación con la HR como herramienta de entrenamiento (Allen y Coggan, 2006). Hay escasas razones para discutir sobre estas afirmaciones de que la potencia del PM es una medida de trabajo muy directa, que puede medirse de manera muy precisa y que los cambios en la potencia pueden medirse de manera casi instantánea y observarse con un PM. Es verdad que la relación entre el cambio de la HR medible y un cambio en el esfuerzo es probable que tenga un lapso temporal. No obstante, la relación entre las mediciones de la HR y la potencia es amplia (Grazzi et al., 1999; Lamberts et al., 2009a; 2011). Sin embargo, estas ventajas aparentes, en este punto, no tienen fundamento en ningún tipo de prueba controlada y continúan siendo teóricas. La evidencia existente apunta a la efectividad de ambos entrenamientos por intervalo, los basados en la HR y en el PM.

## CONCLUSIÓN

---

Los defensores del entrenamiento PM (Allen y Coggan, 2006) a menudo sugieren que la utilización de un PM dará como resultado un tipo de entrenamiento diferente. Es necesario que se realicen investigaciones futuras para poner en práctica estas afirmaciones y evaluarlas en pruebas controladas. En el presente, existe un respaldo sustancial para el entrenamiento por intervalos para atletas de resistencia y no hay evidencia de la superioridad de ningún tipo de dispositivo único en la implementación del entrenamiento por intervalos. Hasta que no se lleven a cabo estudios adicionales que aborden los beneficios potenciales de nuevos tipos de entrenamiento basados en las observaciones del PM, no existe evidencia empírica para la superioridad del entrenamiento basado en el PM.

### Puntos Clave

- El entrenamiento por intervalos mejora el rendimiento para los ciclistas recreativos mediante cambios en los watts del umbral de lactato y el tiempo de la prueba cronometrada de 20km.
- No existe evidencia de la superioridad de ninguno de los dos entrenamientos, ni el de la frecuencia cardíaca ni el del medidor de potencia.
- Los monitores de frecuencia cardíaca de bajo costo son igualmente eficaces como dispositivos de entrenamiento.

## REFERENCIAS

---

1. Abbiss, C.R., Quod, M.J., Levin, G., Martin, D.T. and Laursen, P.B (2009). Accuracy of the velotron ergometer and SRM power meter. *International Journal of Sport Medicine* 30, 107-112
2. Allen, H. and Coggan, A (2006). Training and racing with a power meter. *Berkeley: Pgw*
3. Bompa, G (1999). Periodization: The theory and methodology of training. *2nd edition. Champaign, IL: Human Kinetics*
4. Batterham, A.M. and Hopkins, WG (2006). Making meaningful inferences about magnitude. *Int J Sports Physiol Perform* 1, 50-57
5. Borg, G (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14(5), 377-381
6. Ebert, T.R., Martin, D.T., Stephens, B. and Withers, R.T (2006). Power output during a professional men s road-cycling tour. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 1(4), 324-335
7. Grazzi, G., Alfieri, N., Borsetto, C., Casoni, I., Manfredini, F., Mazzoni, G. and Conconi, F (1999). The power output/heart rate relationship in cycling: test standardization and repeatability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31(10), 1478-1483
8. Henritze, J., Weltman, A., Schurrer, R. and Barlow, K (1985). Effects of training at and above lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 54(1), 84-88
9. Lamberts, R.P., Swart, J., Noakes, T.D. and Lambert, M.I (2009). Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 105(5), 705-713
10. Lamberts, R.P., Swart, J., Noakes, T.D.O. and Lambert, M I (2011). A novel submaximal cycle test to monitor fatigue and predict cycling performance. *British Journal of Sports Medicine* 45(10), 797-804
11. Lamberts, R.P., Swart, J., Woolrich, R., Noakes T.D., and Lambert, M.I (2009). Measurement error associated with performance testing in well-trained cyclists; application to the precision of monitoring changes in training status. *International Sports Medicine Journal* 10(1), 33-44
12. Laursen, P.B. and Jenkins, D.G (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine* 32(1), 53-73
13. Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S. and Jenkins, D.G (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34(11), 1801-1807
14. Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S. and Jenkins, D.G (2005). Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19(3), 527-533

15. Paton, C.D. and Hopkins, W.G (2001). Tests of cycling performance. *Sports Medicine* (31)7, 489-496
16. Sjodin, B., Jacobs, I. and Karlsson, J (1981). Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in m. vastus lateralis in man. *International Journal of Sports Medicine* 2(3), 166-170
17. Stepto, N.K., Hawley, J.A., Dennis, S.C. and Hopkins, W.G (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31(5), 736-741
18. Swart, J., Lamberts, R.P., Derman, W. and Lambert, M.I (2009). Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(2), 619-625
19. Weston, A.R., Myburgh, K.H., and Lindsay, F.H (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 75(1), 7-13

### **Cita Original**

Michael E. Robinson, Jeff Plasschaert and Nkaku R. Kisaalita. Effects of High Intensity Training by Heart Rate or Power in Recreational Cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 498 - 501