

Efecto de dos programas de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs umbral) en el rendimiento aeróbico en ciclistas entrenados

Effect of two training schedules with different distribution of intensity (polarized vs threshold) in the aerobic performance in trained cyclists

*Tomas Rivera-Kofler, *Juan Pablo Zavala-Crichton, **Jorge Olivares-Arancibia,
***Rodrigo Yáñez-Sepúlveda

*Universidad Andres Bello (Chile), **Universidad de las Américas (Chile), *** Universidad Viña del Mar (Chile)

Resumen En la actualidad son dos los modelos de entrenamiento más utilizados que condicionan la metodología de trabajo en atletas de resistencia: i) Entrenamiento al umbral (UMB) y ii) Entrenamiento polarizado (POL). El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de dos programaciones de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs umbral) en el rendimiento aeróbico de ciclistas entrenados en un período de 4 semanas. En la investigación participaron 18 ciclistas entrenados que fueron distribuidos aleatoriamente en grupo UMB (n= 9; edad 38 ± 7 años; altura $171,8 \pm 6,9$ cm; peso corporal $74,10 \pm 10,94$) y grupo POL (n= 9; edad $31,4 \pm 12,2$ años; altura $167,5 \pm 6,7$ cm; peso corporal $63,88 \pm 5,37$) quienes realizaron 4 semanas de entrenamiento. Ambas metodologías se ejecutaron bajo similares características en cuanto al tiempo total de entrenamiento (UMB: 1085 min/sem; POL: 1024 min/sem) pero con diferente distribución de intensidad (UMB= 70% en zona 1; 30% en zona 2; 0% en zona 3; POL= 88% en zona 1; 0% en zona 2; 12% en zona 3). Peso corporal (kg) y potencia al umbral funcional (PUF) fueron medidos antes y después de cada programación. Sólo grupo con carga POL redujo su peso corporal después del programa (POL= -1,38%; p= 0,003). También, grupo POL mejoró su PUF (5,48%; p= 0,012) y por defecto los valores de vatios por kilogramo de peso (V/kg) se vieron incrementados (7,17%; p= 0,015). En comparación a distribución de intensidad UMB, cuatro semanas de entrenamiento POL mejora el rendimiento aeróbico en ciclistas entrenados.

Palabras clave rendimiento aeróbico, intensidad, entrenamiento, umbral funcional, distribución de intensidad.

Abstract Currently there are two most used training models that condition the work methodology in endurance athletes: Threshold Training (UMB) and polarized training (POL). The objective of the present study was to compare the effect of both programs on the aerobic performance of trained cyclists. The research included 18 athletes who were randomly distributed in the BMU group (n= 9; age 38 ± 7 years; height 171.8 ± 6.9 cm; body weight 74.10 ± 10.94) and the POL group (n= 9; age 31.4 ± 12.2 years; height 167.5 ± 6.7 cm; weight 63.88 ± 5.37) who completed 4 weeks of training. Both methodologies were executed under similar characteristics in terms of total training time (BMU; 1085 min / wk; POL; 1024 min/wk) but with different intensity distribution (BMU= 70% in zone 1; 30% in zone 2; 0% in zone 3; POL= 88% in zone 1; 0% in zone 2; 12% in zone 3). Body weight (kg) and functional threshold power (PUF) were measured before and after each programming. Only group with POL load reduced their body weight after the program (POL= -1.38%; p= 0.003). Also, group POL improved their PUF (5.48%; p= 0.012) and by default the watt values per kilogram of weight (V/kg) they were increased (7.17%; p= 0.015). Compared to UMB intensity distribution, 4 weeks of POL training improves aerobic performance in trained cyclists.

Keywords aerobic performance, intensity, training, functional threshold, intensity distribution.

Introducción

Actualmente ha sido observado un creciente interés en competiciones de resistencia de larga duración (ciclismo, triatlón y trailrun), con un incremento en el número de participantes y estudios ligados al deporte (Suárez, 2018). Resulta importante señalar que un alto porcentaje de estos deportistas cuentan con limitados tiempos para entrenar. Por esta razón, su entrenamiento debe ser óptimo y eficiente, y resulta necesario aplicar una adecuada metodología de distribución correcta de intensidades con el objetivo de mejorar el rendimiento aeróbico mediante sesiones de entrenamiento efectivas (Stöggl & Sperlich, 2014).

De esta manera, para optimizar la preparación atlética, y por defecto el rendimiento deportivo, una variedad de estrategias de planificación han sido aplicadas buscando la optimización de la preparación física y por consiguiente el rendimiento deportivo (Suárez & Gonzalez-Ravé, 2014).

Es así, como la evidencia científica actualmente asume que en deportes de resistencia la intensidad es considerada

como una de las variables más importantes en la planificación deportiva (Pérez et al., 2018), y es por este motivo, que su evaluación y posterior distribución resultan fundamentales para establecer intensidades de trabajo óptimas basadas en eventos fisiológicos individuales, permitiendo reducir los riesgos de fatiga y lesiones, pero por sobre todo mejorar las adaptaciones individuales y la respuesta al plan de entrenamiento (Scharhag-Rosenberg et al., 2012; Wolpert et al., 2015; Mann et al., 2014).

Este concepto de distribución de intensidad es definido como el tiempo de ejercicio que el atleta gasta en diferentes zonas de intensidades de entrenamiento (Stöggl and Sperlich, 2014), y en el plano deportivo, es recurrente utilizar marcadores biológicos para diferenciar a nivel práctico y didáctico los rangos de trabajo utilizados (Rodríguez et al., 2019).

De esta manera, la distribución de las intensidades de entrenamiento viene determinada por el porcentaje de tiempo en cada zona, identificando a zona 1 (z1) como baja intensidad y entrenamiento aeróbico, < 3 mmol de lactato en sangre; zona 2 (z2) o zona de intensidad moderada y al umbral, de 3 a 4 mmol de lactato en sangre; zona 3 (z3) entrenamiento de alta intensidad > 4 mmol de lactato en sangre (Seiler, 2010).

A partir de este punto, son dos modelos de entrenamiento de distribución de la intensidad los más utilizados por los

deportistas de resistencia (Seiler & Kjerland, 2006). En primer lugar, entrenamiento al umbral (UMB) donde el patrón de organización del entrenamiento sugiere orientar el trabajo a intensidades moderadas en torno al umbral de lactato (UL) o muy cerca de él. Esta metodología es caracterizada por acumular un alto porcentaje del tiempo de entrenamiento en z2 (15-30%) y un reducido tiempo en z3, distribuyendo un mayor porcentaje del entrenamiento en la z1 (Lucia et al., 2000; Treff et al., 2019). En contraste, un modelo de entrenamiento polarizado (POL) donde se sugiere que el atleta entrene por debajo de la intensidad asociada al UL o bien muy por encima de él. Un ejemplo de distribución de intensidad polarizada podría ser 80% en z1, 5% en z2 y 15% en z3, con porcentajes de entrenamiento mayores en z1 que en z3, y z3 siempre mayor que z2 (Shumacher & Mueller, 2002; Treff et al., 2019).

Existe debate para determinar que distribución es superior para maximizar las adaptaciones y el rendimiento deportivo, sin embargo, las evidencias más concluyentes en deportes de resistencia han reportado notables progresos a través de la metodología POL en comparación a otros modelos utilizados en planificación, evidenciando significativas mejorías en economía de carrera, VO₂peak y UL durante test incremental y rendimiento atlético en pruebas de 10 km. (Stöggl & Sperlich, 2014; Pérez et al., 2018; Muñoz et al., 2014).

En consecuencia, las investigaciones de la escuela noruega sobre la distribución anual de las intensidades de entrenamiento demuestran que los mejores deportistas de resistencia mundial tienen la tendencia a utilizar diseños más polarizados (Rodríguez et al., 2019). Por otra parte, Manuzio, Mester, Kaiser & Wahl. (2016) muestran en sus investigaciones que una planificación basada en zona 2 o distribución de intensidad UMB (39% del total del año) reporta incrementos leves a moderados en parámetros fisiológicos relacionados al rendimiento deportivo.

Sin embargo, múltiples estudios han demostrado la efectividad de metodologías de entrenamientos donde una alta proporción de las sesiones se han realizado a bajas y moderadas intensidades, con positivos efectos en el UL y el rendimiento deportivo (Esteve-Lanao, 2007). Por este motivo, se ha utilizado el modelo UMB para obtener mejorías en la velocidad de carrera asociada al UL (Evertsen, Medbo & Bonen, 2001), y el rendimiento en competencias de 10 km. (Muñoz et al., 2014), así como también para optimizar el rendimiento de resistencia principalmente en atletas desentrenados (Londeree, 1997).

Finalmente, a la fecha existen pocas investigaciones orientadas en optimizar en corto plazo el rendimiento aeróbico en ciclistas entrenados en resistencia. Por esta razón, este estudio tiene como objetivo comparar el efecto de dos programaciones de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs umbral) en el rendimiento aeróbico de ciclistas entrenados en un período de 4 semanas.

Materiales y Métodos

Consideraciones éticas

Previo a las evaluaciones, los participantes fueron informados sobre el protocolo de investigación y firmaron un

consentimiento informado para participar del estudio. La confidencialidad de los datos se garantizó a través de la codificación de los nombres de los participantes, los datos fueron guardados en la computadora de investigación con código de ingreso del investigador principal. La investigación se realizó siguiendo las recomendaciones de la declaración de Helsinki para estudios en humanos (World Medical Association, 2013).

Diseño pre Experimental

El parámetro de medición utilizado para analizar las intensidades del ejercicio fue el test de potencia al umbral funcional (PUF), protocolo de campo indirecto que guarda directa relación con la estimación del UL (ICC= 0,98) (Nimmerichter, 2010), con mediciones antes (pre) y después (post) de completar el programa de 4 semanas de entrenamiento. Los participantes fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos de intervención: i) entrenamiento con distribución de carga en el umbral o cerca de él (UMB) y ii) entrenamiento con distribución de carga polarizada (POL). Ambas metodologías de entrenamiento fueron similares en volumen, duración (4 semanas) y carga de trabajo. Sin embargo, la distribución de la intensidad fue diferenciada, la media estandarizada de horas semanales de entrenamiento fue entre 6 a 8 horas para ambos grupos. Para controlar y mejorar la precisión de la carga de entrenamiento se utilizó el modelo de cuantificación de cargas de TSS (training stress score).

Participantes

Dieciocho ciclistas entrenados (67% hombres; edad 34,7 ± 10,6 años; talla 169,7 ± 7,2 cm; peso 74 ± 8,7 kg) participaron de manera voluntaria en el presente estudio. Todos los deportistas fueron entrenados por el mismo entrenador (TR) con un programa supervisado que seguía el mismo modelo de periodización, pero con diferente distribución de la intensidad. Los participantes fueron verbalmente informados acerca del procedimiento y los posibles riesgos y beneficios de la presente intervención (tabla 1).

Tabla 1.
Características de los participantes de cada grupo expresados como promedio ± desviación estándar

Características	POL (n= 9)	UMB (n= 9)
n (hombre/mujer)	7/2	5/4
Edad (años)	31,4 ± 12,2	38,0 ± 7,0
Peso corporal (kg)	63,8 ± 5,3	74,1 ± 10,9
Estatura (cm)	167,5 ± 6,7	171,8 ± 6,9

Los criterios de inclusión fueron: i) competir a nivel nacional en carreras de ciclismo y triatlón durante los últimos dos años, ii) entrenamiento estandarizado y regular de 4 a 6 días por semana, iii) examen médico que acredite buen estado de salud.

Los criterios de exclusión fueron: i) antecedentes de lesión muscular/articular en los últimos 6 meses, ii) presentar alguna condición de salud incompatible con el protocolo de ejercicio, y iii) participantes que omitieron alguna evaluación.

Antes del inicio de las sesiones de entrenamiento los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos de entrenamiento POL y UMB de acuerdo a la metodología de distribución de intensidad asignada. La aleatorización se realizó a través de una plataforma web (<https://www.randomizer.org>).

Test de evaluación

Monitorización y cuantificación del entrenamiento

Las tres zonas utilizadas durante los programas de entrenamiento fueron establecidas de acuerdo a bibliografía científica consultada (Muñoz et al., 2014; Perez et al., 2018) y prescrita a través de la información entregada en protocolos indirectos en rodillo (Tacx Flux S smart). Los deportistas utilizaron sus propias bicicletas y zapatos para realizar la prueba de campo sugerida. Las siguientes variables asociadas a la evaluación fueron identificadas: peso corporal (kg), frecuencia cardíaca (FC) y potencia en vatios, las que fueron registradas por un reloj Garmin Edge 810. Monitor que fue utilizado durante las 4 semanas de intervención.

Pre y post test

El test de potencia al umbral funcional (PUF) fue utilizado para determinar las zonas de entrenamiento en ciclismo y evaluar el rendimiento aeróbico de los deportistas (Allen, Coggan & McGregor, 2019).

El protocolo de evaluación comenzó con un calentamiento estandarizado de 20 minutos de pedaleo ligero, seguido de tres esfuerzos de 1 minuto a 100 rpm con 1 minuto de recuperación, un esfuerzo de alta intensidad de 5 minutos y finalmente 10 minutos de pedaleo ligero. Después de este calentamiento, los sujetos realizaron un esfuerzo de 20 minutos contrareloj, sin recomendaciones estratégicas. La potencia promedio de los 20 minutos fue registrada (P20) y la PUF fue determinada al 95% de P20. Tanto el pre-test como el post-test fueron registrados durante una semana de recuperación y con al menos 24 horas de descanso previo a evaluación.

Zonas de entrenamiento

Tres zonas diferentes de entrenamiento fueron utilizadas para controlar y cuantificar el volumen y la intensidad del ejercicio durante el periodo de intervención (Seiler, 2010). Zona 1 (z1) entrenamiento aeróbico de baja intensidad, bajo el UL; zona 2 (z2) zona moderada, cercana o en torno al UL; zona 3 (z3) entrenamiento de alta intensidad, sobre el UL. Todas las intensidades fueron asignadas de acuerdo a correspondientes zonas de potencia entregadas de acuerdo a test de potencia al umbral funcional (PUF).

Intervención UMBRAL

La metodología de distribución al umbral incluyó un bloque de trabajo de 4 semanas; 3 semanas de entrenamiento de alto volumen e intensidad seguidas de 1 semana de recuperación. Las 3 semanas de alto volumen e intensidad incluyeron 4 sesiones de entrenamiento, con 2 sesiones en z2 de 60 min con intervalos en torno al umbral (5 x 6 min con 2 min de recuperación en el primer bloque, 6 x 7 min en el segundo bloque y 6 x 8 min en el último bloque), una sesión de 90 min en z2 con intervalos largos (3 x 15 min con 3 min de recuperación en el primer y segundo bloque, y 2 x 20 min en el tercer bloque), y una sesión larga en z1 entre los 120 y 240 min. La semana de recuperación incluyó una sesión de 60 min en z1, y 2 sesiones de 60 min en z2 (5 x 6 min con 2 min de recuperación activa).

Intervención POL

La intervención polarizada incluyó un bloque de trabajo de 4 semanas; 3 semanas de alto volumen e intensidad seguidas de 1 semana de recuperación. Las semanas de alto volumen e intensidad incluyeron 4 sesiones con 2 entrenamientos en z3 de 60 min (6 x 3 min con 3 min de recuperación en el primer bloque, 5 x 4 min con 4 min de recuperación en el segundo bloque y 4 x 5 min con 5 min de recuperación en el tercer bloque), y dos sesiones de volumen en z1, entre los 90 y los 240 min. La semana de recuperación incluyó una sesión de 60 min en z3 (8 x 2 min con 2 min de recuperación), y dos sesiones de 90 y 120 min en z1 (figura 1).

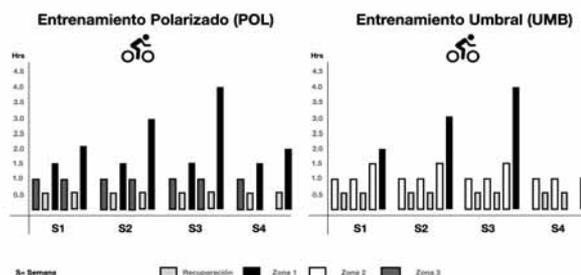


Figura 1. Resumen de la carga de entrenamiento en hrs de grupo de entrenamiento Polarizado (POL) y grupo de entrenamiento umbral (UMB) durante el período de 4 semanas de entrenamiento.

Análisis estadístico

Los valores son presentados como media y desviación estándar (DE). La prueba de Shapiro-Wilk aplicada inicialmente mostró una distribución normal de todas las variables. Para observar el efecto de los programas de entrenamiento, se compararon las diferencias en la variación (post-pre = «) entre ambos grupos mediante la prueba t de Student. Además, se usó la prueba estadística d de Cohen para identificar el tamaño el efecto de las intervenciones. A continuación se presentan los criterios estándar: pequeño = > 0,2; medio/moderado = > 0,6 y grande > 0,8 (Cohen, 1992). Se consideró una significación estadística para todas las pruebas con p < 0,05. Los análisis se llevaron a cabo con el software GraphPad Prism 8.0.2 para Windows.

Resultados

Dieciocho ciclistas entrenados (6 mujeres y 12 hombres) participaron del estudio, 14 ciclistas terminaron el protocolo cumpliendo con más del 95% del programa y manteniendo las zonas de potencia programadas. Cuatro sujetos (POL= 2; UMB= 2) abandonaron el estudio. El volumen total de entrenamiento fue similar en ambos modelos de entrenamiento POL y UMB. El porcentaje de tiempo distribuido para el volumen de la carga de entrenamiento en cada zona de intensidad (zona 1: zona 2: zona 3) fue distribuido en 88:0:12 para distribución POL y fue cercana a 70:30:0 para distribución UMB (Tabla 2).

Tabla 2.
Detalles del tiempo total de entrenamiento completado para la distribución de intensidad polarizada (POL) y umbral (UMB), y la proporción de entrenamiento en zona 1, zona 2 y zona 3.

Grupo	Tiempo total (min)	Horas x semana	Zonal (min)	Zona 2 (min)	Zona 3 (min)	z1(%)	z2(%)	z3(%)
UMB	1085	4,51	760	325	0	70%	30%	0%
POL	1024	4,26	909	0	115	88%	0%	12%

* Diferencias entre UMB y POL.

Cambios en variables pre y post entrenamiento que fueron abordados como conceptos del programa durante la eva-

luación indirecta del umbral (PUF Test) son presentados en la tabla 3.

Tabla 3.
Efectos y adaptaciones antes y después de 4 semanas de intervención en entrenamiento polarizado y al umbral.

Variable	Grupo UMB (n=6)					Grupo POL (n=7)				
	PRE	POST	p	?	TE	PRE	POST	p	?	TE
Peso (kg)	74,10 ± 10,94	73,26 ± 10,89	0,187	-1%	0,07	63,88 ± 5,37	63,07 ± 5,15	* 0,003	-1%	0,15
FC (media)	161,33 ± 12,62	162,16 ± 15,70	0,740	1%	0,05	171,00 ± 11,81	170,42 ± 10,22	0,649	0%	0,05
PUF (V)	214,16 ± 46,24	218,83 ± 40,62	0,531	2%	0,10	206,00 ± 33,51	217,28 ± 30,89	* 0,012	5%	0,35
V/kg	2,86 ± 0,48	3,00 ± 0,43	0,140	5%	0,30	3,21 ± 0,46	3,44 ± 0,47	* 0,015	7%	0,49

FC, frecuencia cardíaca; PUF, Potencia al umbral funcional; V, Váticos; V/Kg, V x kilogramo de peso; p, nivel de significancia estadística; ?, porcentaje de cambio; TE, Tamaño del efecto. * diferencias significativas entre modelos de entrenamiento POL y UMB (p < 0,05).

El peso corporal en la intervención POL obtuvo cambios significativos (p=0,003) post test. Otra variable observada, la medición del comportamiento de la FC no presentó variaciones significativas en ninguno de los dos grupos en condiciones de pre y post test. Para valores de PUF, se observaron incrementos significativos en grupo POL (p=0,012) después de las 4 semanas de entrenamiento, así como también incrementos en los V/kg (p=0,015). Respecto al grupo UMB, no presentó cambios significativos en ninguna de las variables asociadas al estudio en el pre y post test. El tamaño del efecto en UMB fue pequeño en V/kg (0,30) mientras que en POL fue pequeño pero de mayor magnitud en PUF (0,35) y V/kg (0,49). Los porcentajes de variación en la prueba de rendimiento fueron mayores en POL (5% y 7%) en comparación con UMB (2% y 5%).

Discusión

El objetivo de la investigación fue comparar el efecto de dos programaciones de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs umbral) en el rendimiento aeróbico de ciclistas entrenados en un período de 4 semanas.

De esta manera, el principal hallazgo de este estudio fue determinar que la intervención de 4 semanas de entrenamiento polarizado, alternando altas intensidades (z3) con bajas intensidades (z1) es una alternativa efectiva de combinación de cargas de entrenamiento.

Estas mejoras en el rendimiento aeróbico después del programa de entrenamiento POL confirma previos reportes acerca de la eficiencia de esta metodología en atletas de ultratrail (Pérez et al., 2018) y atletas altamente entrenados en resistencia (Esteve-Lanao, 2007). Sin embargo, es complejo comparar nuestros resultados con estos estudios, porque la muestra, el tiempo de intervención y la distribución en porcentajes de intensidades fue diferente en cada investigación, por lo que los resultados de cada estudio deberían ser analizados detalladamente en base al porcentaje de distribución de intensidad utilizado.

En función de lo expresado anteriormente, para nuestro conocimiento, se presenta por primera vez mediante un diseño de cruce aleatorio, que adoptar un tipo de distribución de intensidad polarizada (88% en z1; 12% en z3) conduce a mayores adaptaciones en un período de 4 semanas que una distribución de intensidad más enfocada en la zona moderada de intensidad (70% en z1; 30% en z2).

Particularmente este resultado ocurre a pesar de utilizar similares volúmenes de entrenamiento en ambas metodologías (UMB: 1085 min; POL: 1024 min), luego de

aplicarla a ciclistas entrenados. Es así, como la intensidad del ejercicio por sobre el volumen, ha sido demostrado como el factor más importante para mejorar el rendimiento en el ciclismo. Algunos factores que pudieron beneficiar las adaptaciones y cambios significativos en el corto plazo han sido estudiados por González Rave (2007), donde se comprueba que con sólo dos días de entrenamiento se consiguen adaptaciones que pueden durar inclusive 9 días, este hallazgo permite comprobar que el entrenamiento de cargas específicas tienen un efecto residual duradero que permite introducir contenidos de entrenamientos de alta intensidad cuando nos encontramos cercanos a objetivos competitivos y contenidos complejos de moderada intensidad cuando nos encontramos alejados de competición.

Muchos estudios han documentado actualmente la distribución del volumen y la intensidad en deportistas de resistencia sobre múltiples fases de su ciclo anual de entrenamiento, (Myakinchenko et al., 2020; Treff et al., 2017; Seiller, 2010; Stöggl & Sperlich et al., 2015), todos sugieren que existe un claro aumento del número de sesiones de alta intensidad, desde el período de preparación hasta el período de competencia, sin embargo, el mantenimiento de sustanciales volúmenes de baja intensidad sigue siendo bastante utilizado. De esta manera, el entrenamiento establecido sobre intensidades por sobre el UL (z3) en alternancia con sesiones de baja intensidad (z1), desde las primeras semanas de un período de entrenamiento, podría ser más efectivo para mejorar la PUF y los V/kg en un breve período de tiempo, comparado a programar entrenamientos con intensidades moderadas (z2).

Por lo tanto, sería razonable implementar entrenamientos de baja intensidad y alto volumen en programas de entrenamiento de atletas de resistencia entrenados para mejorar el flujo oxidativo, fundamental para la conversión aeróbica y la recuperación después y durante las sesiones de entrenamiento de alta intensidad (Stöggl & Sperlich, 2015). Sin embargo, cuando las sesiones de estas características se convierten en el mayor componente del programa de entrenamiento y las sesiones de alta intensidad (z3) son descuidadas, no se producen mejoras adicionales en variables como el VO2 peak ni tampoco en el rendimiento deportivo en atletas bien entrenados (Laursen & Jenkins, 2002). Por último, los resultados obtenidos sugieren que implementar la distribución POL consigue significativas mejoras en el rendimiento aeróbico como parte de un programa en deportistas entrenados. Señalando que la PUF es una variable determinante en el rendimiento de competencias de ciclismo.

También es relevante mencionar que tres limitaciones importantes en este ámbito dificultan la interpretación y extrapolación de estos resultados. En primer lugar, los resultados obtenidos deben tomarse con precaución, principalmente debido al pequeño tamaño de la muestra. En segundo lugar, la literatura sobre el uso de programas de entrenamiento con diferente distribución de intensidades (polarizada vs umbral) en ciclistas entrenados es incipiente. Finalmente, la naturaleza diversa de la literatura disponible considerando diseños experimentales dificulta las comparaciones, lo que puede llevar a una mala interpretación de los datos.

En conclusión, 4 semanas de entrenamiento con distribución de carga POL es una estrategia efectiva de entrenamiento en ciclistas entrenados, mejorando significativamente la PUF y los V/kg, mientras que la distribución de carga al UMB no demostró mejoras significativas.

Se recomienda entonces incorporar entrenamientos de intensidad sobre el UL (z3), y utilizar metodología de entrenamiento POL en programaciones específicas para ciclismo.

Es necesario en futuras investigaciones examinar las adaptaciones y cambios fisiológicos medidos de manera directa frente a distintas metodologías para distribuir la intensidad del entrenamiento. Por último, se necesitan estudios con un tamaño de muestra más grande para confirmar nuestros hallazgos.

Referencias

- Allen, H., Coggan, A. R., & McGregor, S. (2019). Training and racing with a power meter. VeloPress.
- Clemente-Suárez, V. J., Delgado-Moreno, R., González, B., Ortega, J., & Ramos-Campo, D. J. (2018). Amateur endurance triathletes' performance is improved independently of volume or intensity-based training. *Physiology & behavior*.
- Clemente Suarez, V. J., & González-Ravé, J. M. (2014). Four weeks of training with different aerobic workload distributions—Effect on aerobic performance. *European journal of sport science*, 14(sup1), S1-S7.
- Cohen J. (1992). A power primer. *Psychol Bull*, 112:155–159.
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 943-949.
- Evertsen, F., Medbø, J. I., & Bonen, A. (2001). Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross country skiers. *Acta Physiologica Scandinavica*, 173(2), 195-205.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports medicine*, 32(1), 53-73.
- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis.
- Lucia, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2000). Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *The Japanese journal of physiology*, 50(3), 381-388.
- Mann, T. N., Webster, C., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European journal of applied physiology*, 114(9), 1809-1820.
- Manunzio, C., Mester, J., Kaiser, W., & Wahl, P. (2016). Training intensity distribution and changes in performance and physiology of a 2nd place finisher team of the race across America over a 6 month preparation period. *Frontiers in physiology*, 7, 642.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Medicine*, 36(2), 117-132.
- Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners? *International journal of sports physiology and performance*, 9(2), 265-272.
- Myakinchenko, E. B., Kriuchkov, A. S., Adodin, N. V., Dikunets, M. A., & Shestakov, M. P. (2020). One-year periodization of training loads of Russian and Norwegian elite cross-country skiers.
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., DeVito, G., & Galloway, S. D. (2012). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of applied physiology*, 114(4), 461-471
- Nimmerichter, A., Williams, C., Bachl, N., & Eston, R. (2010). Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. *International journal of sports medicine*, 31(03), 160-166.
- Pérez, A., Ramos-Campo, D. J., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2018). Effect of two different intensity distribution training programmes on aerobic and body composition variables in ultra-endurance runners. *European journal of sport science*, 1-9.
- Ravé, J. G., Valdivielso, F. N., & Gaspar, P. M. P. (2007). La planificación del entrenamiento deportivo: cambios vinculados a las nuevas formas de entender las estructuras deportivas contemporáneas. *Conexões*, 5(1), 1-22.
- Rodríguez, E. F., Ramos, O. R., Marbán, R. M., & del Palacio, A. C. (2019). Umbral Anaeróbico: problemas conceptuales y aplicaciones prácticas en deportes de resistencia. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 521-528.
- Scharhag Rosenberger, F., Walitzek, S., Kindermann, W., & Meyer, T. (2012). Differences in adaptations to 1 year of aerobic endurance training: individual patterns of nonresponse. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 22(1), 113-118.
- SCHUMACHER, Y. O., & MUELLER, P. (2002). The 4000-m team pursuit cycling world record: theoretical and practical aspects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(6), 1029-1036.
- Seiler, K. S., & Kjellerand, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an «optimal» distribution? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 49-56.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 276-291.
- Stöggel, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in physiology*, 6, 295.
- Stöggel, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high-volume training. *Frontiers in physiology*, 5, 33.
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., & Sperlich, B. (2019). The Polarization-Index: A Simple Calculation to Distinguish Polarized from Non-Polarized Training Intensity Distributions. *Frontiers in physiology*, 10, 707.
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., Becker, M., & Sperlich, B. (2017). Eleven-week preparation involving polarized intensity distribution is not superior to pyramidal distribution in national elite rowers. *Frontiers in physiology*, 8, 515.
- Wolpern, A. E., Burgos, D. J., Janot, J. M., & Dalleck, L. C. (2015). Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 7(1), 16.
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20):2191-2194.