

**EFFECTO EN EL RENDIMIENTO DE UN MESOCICLO DE ENTRENAMIENTO
CON UNA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DE TENDENCIA CONSTANTE EN
INTENSIDAD DE TRABAJO AERÓBICO.**

Clemente Suárez V, ¹ vicente.clemente@uclm.es
Martínez Valencia, M, ¹ asuncion.martinez@uclm.es
Muñoz Fernández-Arroyo, V ¹ victoreugenio.muñoz@uclm.es

¹ Laboratorio Entrenamiento Deportivo. Facultad CC Deporte. Universidad Castilla la Mancha. Toledo. España.

RESUMEN

Numerosos autores han investigado el efecto de diferentes entrenamientos en el rendimiento de deportistas de resistencia, pero no se ha estudiado el efecto de la distribución y la secuenciación de las tareas de entrenamiento en la mejora de la resistencia aeróbica. Por ello esta investigación pretende analizar la efectividad de una distribución y secuenciación de cargas de entrenamiento constante en intensidad de trabajo aeróbico.

Para ello se han analizado 10 atletas (38.7 ± 9.8 años; 174.7 ± 6.5 cm; 72.0 ± 9.8 kg; 23.5 ± 2.2 kg/m²; 8.6 ± 3.2 % grasa) que realizaron 4 semanas de entrenamiento con una distribución constante en intensidad de trabajo aeróbico. Se analizaron las mejoras obtenidas en una prueba incremental para alcanzar el VO₂max.

Los resultados muestran como el VO₂max relativo aumentó ligeramente, los valores de frecuencia cardiaca, velocidad y RPE se mantuvo prácticamente en los valores iniciales. Por lo tanto una distribución de cargas de entrenamiento constante durante 4 semanas no parece ser efectiva para la mejora del VO₂max.

Palabras clave: Entrenamiento, Organización, VO₂max.

ABSTRACT

Many authors have investigated the effect of different training on the performance of endurance athletes, but they had not studied the effect of the distribution and sequencing of training on aerobic endurance. This research aims to analyze the effectiveness of a distribution and sequencing of training loads constant intensity aerobic work.

We have analyzed 10 athletes (38.7 ± 9.8 years, 174.7 ± 6.5 cm, 72.0 ± 9.8 kg, 23.5 ± 2.2 kg / m²; $8.6 \pm 3.2\%$ fat) performed four weeks of training with a constant intensity distribution of work aerobic. We analyzed the improvements obtained in an incremental VO₂max test.

The results show how the relative VO₂max increased slightly, the values of heart rate, speed, and RPE remained virtually baseline. Therefore a charge distribution of constant training for 4 weeks does not seem to be effective in improving VO₂max.

Keywords: Training, Organization, VO₂max.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los efectos de diferentes distribuciones de entrenamientos con una longitud temporal de 4 semanas han sido realizadas en deportes como el atletismo (Iaia et al, 2009), ciclismo (Kendall et al, 2009) y el triatlón (Smith et al, 2003). Después de cuatro semanas de entrenamientos se han podido evaluar aumentos en el OBLA, en el VO₂max y en la potencia crítica en cicloergómetro.

Smith et al. (1999) comprobaron cómo 5 corredores de media distancia después realizar durante cuatro semanas 2 sesiones semanales de entrenamientos intervalado a velocidad del VO₂max y 1 sesión semanal de entrenamiento continuo al 60% del VO₂max se obtenía un 4.9% de mejora en el VO₂max. El mismo autor, después de replicar el mismo estudio al realizar el mismo entrenamiento esta vez con 18 corredores de medio fondo y triatletas obtuvo un resultado casi similar, cuantificando un aumento del 5% en el VO₂max (Smith et al, 2003).

Otra de las investigaciones fue realizada sobre 8 corredores de medio fondo y larga distancia (33 ± 7 años, 66.8 ± 5.6 ml/kg/min). Estos sujetos entrenaron durante 4 semanas 6 días a la semana entre el 90 y el 98% del volumen de entrenamiento a una velocidad equivalente al 50-70% del tiempo de competición. Además cada semana el volumen de entrenamiento aumentó un 33%, en la primera semana realizaron 85.9 km, en la segunda semana 115.1 km, en la tercera 143.1 km y en la última semana 175.6 km. Al finalizar el estudio los investigadores monitorizaron un aumento del OBLA de un 0.6% (Lehmann et al, 1991).

En otro estudio donde se realizó un entrenamiento interválico de 30" se pudo ver como disminuía el gasto de energía en ejercicios submáximos y se mantenía la capacidad oxidativa muscular, la capilarización y el rendimiento en resistencia (prueba de 10.000 m) en sujetos moderadamente entrenados (33.9 ± 1.5 años, 180.1 ± 1.9 cm, 72.9 ± 2.4 kg, 55.5 ± 1.4 ml/kg/min) a pesar de la reducción de su entrenamiento. Para ello se comparó a un grupo control con otro experimental que realizó durante 4 semanas el siguiente entrenamiento, 8-12x30"/3' ($93\pm 0.5\%$ de la velocidad máxima en 30"), 3.4 ± 0.1 días/semana y entrenamientos de carrera continua de 52.3 ± 2.4 min, 4.0 ± 0.4 días/semana (Iaia et al, 2009).

Kendall et al (2009) en un estudio realizado en tres grupos de ciclistas aficionados (control, placebo y creatina) durante 4 semanas de entrenamiento de alta intensidad interválico (80%-120% Potencia alcanzada en un test de VO_2 pico) observaron como la capacidad de trabajo anaeróbico no se modificaba, pero la potencia crítica en cicloergómetro aumentó en el grupos control y en el grupo que tomó creatina, no así en el grupo que tomó un placebo durante el entrenamiento.

La distribución de los contenidos de entrenamiento dentro del mesociclo de entrenamiento ha sido poco estudiada en la literatura científica, por ello planteamos como objetivo de este trabajo de investigación el estudio de los efectos de un mesociclo de 4 semanas de duración con el objetivo del desarrollo de la resistencia aeróbica con la distribución de cargas de tendencia constante en intensidad de trabajo aeróbico en el rendimiento aeróbico evaluado en una prueba incremental para la obtención del VO_2 max

MATERIAL Y MÉTODO

Se analizó a 10 corredores de clubes de atletismo de Toledo (38.7 ± 9.8 años; 174.7 ± 6.5 cm; 72.0 ± 9.8 kg; 23.5 ± 2.2 IMC; 8.6 ± 3.2 % grasa). Los sujetos entrenan una media de 76.5 ± 21.3 minutos diarios y una media de 7.0 ± 2.4 horas semanales. Realizan una media de 5.5 ± 0.8 sesiones de entrenamiento semanales. Tienen una experiencia deportiva de 17.6 ± 13.6 años y una experiencia media de entrenamiento en atletismo de 10.8 ± 9.5 .

Todos los sujetos participantes fueron informados del tipo de estudio que se iba a realizar y previamente firmaron el consentimiento voluntario para que se les tomaran las medidas en las diferentes pruebas realizadas.

Se analizó el rendimiento aeróbico en una prueba incremental en tapiz rodante. El test consiste en la realización de un esfuerzo progresivo hasta el máximo de las posibilidades del deportista. Para ello se comenzaba a correr con una pendiente constante de un 1 % durante 5 minutos en una cinta rodante, luego se aumentaba 1 km/h la velocidad cada minuto hasta que el sujeto llegaba a la extenuación (Smith et al., 2000) (tabla 1). El test se realizó en un tapiz rodante H/P Cosmos Pulsar, H/P/COSMOS 3P 4.0 ®, H/P/COSMOS Sports & Medical, Nussdorf-Traunstein, Alemania; y con un analizador de gases CPX Medical Graphics Corporation, St. Paul MN, 55127

Tabla 1. Protocolo de test incremental

ESCALON	1	2	3	4	5	6	7	8	n
DURACION (min)	5	1	1	1	1	1	1	1	1
PENDIENTE (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VELOCIDAD (km/h)	x	x+1	x+2	x+3	x+4	x+5	x+6	x+7	x+n

Los sujetos realizaron 4 semanas de entrenamiento con un volumen e intensidad final semanal similar en cada una de las semanas, siguiendo una distribución constante en intensidad de trabajo. Los volúmenes totales de entrenamiento se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Volúmenes y carga de entrenamiento de los diferentes grupos de entrenamiento.

Grupo de Entrenamiento	TRIMPS	Tiempo Total Entrenamiento (min)	Ar (min)	Al (min)	Am (min)	Ai (min)
Constante	1744,1±2,1	1105,4±1,3	86,2±0,3	810,8±0,3	134,0±0,6	74,4±0,6

Ar- Aeróbico regenerativo; Al- Aeróbico ligero; Am- Aeróbico medio; Ai- Aeróbico intenso.

Se utilizó el programa estadístico SPSS 17.0 para tratar los datos obtenidos. Primero para comprobar si se cumplen las hipótesis de normalidad y de homocedasticidad de varianzas se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Will. Para las variables que cumplían la hipótesis de normalidad y homocedasticidad se realizó un Análisis de la Varianza con un post hoc de Bonferroni. Para las variables que no cumplían la hipótesis de normalidad y homocedasticidad se realizó la prueba Friedman para ver si existían diferencias significativas para posteriormente realizar el test de Wilcoxon con post hoc de Bonferroni. Para todas las comparaciones se aceptó el índice de significación de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Después de las cuatro semanas de entrenamiento los valores obtenidos en el test de $VO_2\text{max}$ no se modificaron significativamente. El $VO_2\text{max}$ relativo aumentó ligeramente, aunque el VO_2 absoluto se mantuvo prácticamente en los valores iniciales al igual que las variables de FC, velocidad y RPE. Los resultados completos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos en una prueba de VO₂max por un grupo de atletas que realizó un mesociclo de entrenamiento con el objetivo del desarrollo de la resistencia aeróbica con la distribución de cargas de tendencia constante en intensidad de trabajo aeróbico.

	Número	Mínimo	Máximo	Media	Error	Desviación	
Variable	Sujetos	Estadístico	Estadístico	Estadística	Estándar	Típica	
Test 1	FC (p/m)	10	156,0	192,0	174,00	3,47	10,97
	Velocidad (km/h)	10	16,0	21,0	18,10	0,57	1,79
	RPE	10	16,0	20,0	18,20	0,53	1,69
	VO ₂ rel (ml/kg/min)	10	39,6	67,1	55,61	2,62	8,28
	VO ₂ ab (L/min)	10	3604,0	5652,0	4297,50	213,33	674,62
Test 2	FC (p/m)	10	157,0	190,0	174,60	2,92	9,24
	Velocidad (km/h)	10	16,0	21,0	18,20	0,53	1,69
	RPE	10	16,0	20,0	18,50	0,40	1,27
	VO ₂ rel (ml/kg/min)	10	46,6	66,3	57,01	1,97	6,22
	VO ₂ ab (L/min)	10	3599,0	4872,0	4216,70	131,78	416,73

FC- Frecuencia Cardiaca; RPE – Percepción subjetiva de esfuerzo; VO₂rel- Consumo de oxígeno máximo relativo; VO₂maxab- Consumo de oxígeno máximo absoluto.

DISCUSIÓN

Los valores de VO₂max del grupo de entrenamiento con tendencia constante aumentó ligeramente sus valores (2.5%). A pesar de los cambios observados, no se observa ningún tipo de adaptación ya que ninguno de los parámetros analizados tuvo ningún cambio significativo. Por lo tanto una distribución de cargas de entrenamiento con cargas de tendencia creciente en intensidad de trabajo aeróbico realizada durante un periodo temporal de 4 semanas no produce mejoras en el VO₂max o la velocidad de carrera en tapiz rodante en atletas, tampoco produce ninguna adaptación de tipo cardiaco al no producirse ninguna disminución de la FC (Willmore y Costill, 1998).

Los aumentos en el VO₂max observados pueden ser debidos a que durante las 4 semanas de entrenamiento los sujetos han estado realizando trabajos en la zona de Ai.

Las modificaciones que han presentado los grupos de esta tesis doctoral son inferiores a los obtenidos por Talanian et al (2007) en ciclistas aficionados, donde aumentaron su VO₂pico un 13%, o las de Smith et al (1999) en atletas, donde aumentaron un 4.9% su VO₂max, las de Smith et al (2003) en atletas y triatletas, que aumentaron un 5% su VO₂max, las obtenidas por Mikesell y Dudley (1984) en atletas que aumentaron un 4.1% su VO₂max y MacDougall et al (1998) en atletas que aumentaron un 9% su VO₂max. Esto puede ser debido

a que el único entrenamiento que realizaban los sujetos de estos estudios eran trabajos cercanos a la intensidad del $VO_2\text{max}$ o trabajos a intensidad de $VO_2\text{max}$, en contraposición, los sujetos de esta investigación únicamente realizaron un 7% del trabajo en la zona Ai. Cabe destacar que aunque estos estudios tuvieron una duración temporal superior al realizado en esta tesis doctoral, el entrenamiento realizado por los sujetos fue principalmente en las zonas Ai y Am al igual que los sujetos de esta tesis.

Estas mínimas modificaciones del $VO_2\text{max}$ contrastan con el estudio de Green et al (1995) en el que las mayores adaptaciones se produjeron en las 4 primeras semanas de entrenamiento. Hay que destacar que los sujetos del estudio de Green et al (1995) no tenían la experiencia ni el bagaje deportivo que los sujetos que realizaron esta investigación, ya que los sujetos de esta investigación tenían una amplia experiencia deportiva y un amplio bagaje de entrenamiento en atletismo, al contrario que los sujetos del estudio de Green et al (1995).

Analizando otro de los parámetros evaluados en el test incremental para la obtención del $VO_2\text{max}$ podemos observar como la velocidad final de carrera aumentó ligeramente (0.6%). Estos valores son muy inferiores al incremento significativo de un 4.4% que obtuvo McNicol et al (2009) después de 6 semanas de entrenamiento, 3 días/semana, 20' empezando la primera sesión a 0.8 km/h por debajo del umbral láctico y aumentando cada sesión 0.1 km/h la velocidad de carrera (McNolan et al, 2009). Este incremento puede ser debido a la mayor duración del estudio y a que los sujetos no tenían mucha experiencia de entrenamiento.

Si comparamos los resultados obtenidos en esta investigación con otros de una duración inferior, podemos comprobar como con solo 2 semanas de entrenamiento (7 sesiones 20x4'1/2' 90% $VO_{2\text{pico}}$) se produce un aumento del 13% del $VO_{2\text{pico}}$ en ciclistas aficionadas (Talanian et al, 2007). Estos resultados son muy superiores a los obtenidos por los sujetos de esta investigación, estas diferencias son debidas a que en el estudio de Talanian et al, únicamente realizan sesiones de entrenamiento a intensidades cercanas al $VO_2\text{max}$, sin embargo los sujetos de esta investigación únicamente hacían sobre un 7% del total del volumen de entrenamiento en la zona de Ai, zona en la cual se desarrollan entrenamientos a una intensidad cercana al $VO_2\text{max}$ con el objetivo de mejorar este.

Al realizar una comparación con los estudios realizados sobre 4 semanas podemos ver como también se producen mayores aumentos que en los sujetos de este trabajo. Así, Smith et al (1999) con atletas (entrenamiento semanal: 2x $VO_2\text{max}$ 1x60% $VO_2\text{max}$) y posteriormente Smith et al (2003) con atletas y triatletas (entrenamiento semanal: 2x $VO_2\text{max}$ 1x60% $VO_2\text{max}$) monitorizó un aumento en el $VO_2\text{max}$ de un 4.9% y un 5% respectivamente. Podemos observar como en estos dos estudios el número de sesiones semanales en la zona de $VO_2\text{max}$ es superior a la de esta investigación. En los estudios de Smith et al (1999 y 2003) realizaron 8 sesiones a intensidad de $VO_2\text{max}$, sin embargo los dos grupos planificados de esta tesis doctoral únicamente realizaron 4 sesiones en la zona de Ai, debido al mayor trabajo en la zona de Ai

(VO₂max) los estudios de Smith et al (1999 y 2003) obtuvieron mayores ganancias en el VO₂max.

Por el contrario, los estudios que han realizado planificaciones de entrenamiento de más de 4 semanas han conseguido aumentos del VO₂max (Billat et al, 1999; Billat et al, 2004; McDougall, et al, 1998; Mikesell y Dudley, 1984; Olsen et al, 1988; Pavolainen et al, 1999; Sjödín et al, 1982), excepto la investigación de Bickham et al (2006) que disminuyó un 2.2%, la de Galy et al, 2003 en la que no se modificó o la de Slawinsky et al (2001) en la que únicamente aumentó un 0.7%, la de Acevedo y Goldfard, (1989) que también aumentó un 0.7% y la de Laffite et al (2003) que también aumentó pero solamente un 0.6%.

Las ganancias obtenidas en el VO₂max después de un entrenamiento dependen en gran medida del nivel de los sujetos y el entrenamiento realizado, más que por el número de semanas de entrenamiento realizado. De este modo los entrenamientos realizados sobre sujetos con poca experiencia o con un nivel bajo han conseguido grandes aumentos del VO₂max (Mac Dougall et al, 1998) y los que han realizado más entrenamientos cercanos a la velocidad del VO₂max (Olsen et al, 1988; Talanian et al, 2007). Los sujetos de esta investigación tenían una gran experiencia deportiva (una media de 17.6±13.6 años) y únicamente el 7% del entrenamiento realizado fue a velocidades cercanas al VO₂max.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos una distribución de entrenamientos con una tendencia constante en intensidad de trabajo aeróbico, parece ser poco efectiva para el aumento del VO₂max de corredores, sin embargo es más efectiva que las propuestas por Bickham et al (2006), Slawinsky et al (2001), Acevedo y Goldfard (1989), Billat et al (1999), Pavolainen et al (1999), Sjodin et al (1982) y Galy et al (2003), ya que el porcentaje de mejora del VO₂max fue superior aún con una duración temporal inferior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Goldfard, A. (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold and distance running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 21: 563-568.
- Bickham, D., Bentley, D., Le Rossignol, P., Cameron-Smith, D. (2006). The effects of short-term sprint training on MCT expression in moderately endurance-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*. 96: 636-643.
- Billat, V., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G., Koralsztejn, J. (1999). Interval training at VO₂max: Effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 31: 156-163.

- Billat, V., Sirvent, P., Lepretre, P., Koralsztein, J. (2004). Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance runners. *Pflugers Archives*. 447: 875-883.
- Galy, O., Maimoun, L., Coste, O., Manetta, J., Prèfaut, C., Hue, O. (2003). Effet de l'entraînement sur la désaturation de l'oxyhémoglobine au cours d'une saison sportive chez le triathlète. *Science & Sports*. 18: 57-58.
- Green, H. J., Jones, S., Ball-Burnett, M., Farrance, B., Rannery, D. (1995). Adaptations in muscle metabolisms to prolonged voluntary exercise and training. *Journal of Applied Physiology*. 78, 138-145.
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K., Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of Applied Physiology*. 106: 73-80.
- Kendall, K.L., Smith, A.E., Graef, J.L., Fukuda, D.H., Moon, J.R., Beck, T.W., Cramer, J.T., Stout, J.R. (2009). Effects of four weeks of high intensity interval training and creatine supplementation on critical power and anaerobic working capacity in college-aged men. *Journal Strength & Conditional Research*. 23(6): 1663-1669.
- Laffite, L., Mille-hamad, L., Koralsztein, J., (2003). The effect of interval training on oxygen pulse and performance in suprathreshold run. *Archives in Physiological Biochemistry*. 111: 202-210.
- Lehmann, M., Dickhuth, H. H., Gendrisch, G., Lazar, W., Thum, M., Kaminski, R., Aramendi, J.F., Peterke, E., Wieland, W., Keul, J. (1991). Training - Overtraining. A Prospective, Experimental Study with Experienced Middle- and Long-Distance Runners. *International Journal of Sport Medicine*. 12: 444-452.
- MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., McKelvie, R.S., Green, H.J., Smith, K.M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*. 84: 2138-2142.
- McNicol, A., O'Brien, B., Paton, C., Knez, W. (2009). The effects of increased absolute training intensity on adaptations to endurance exercise training. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 12: 485-489.
- Mikesell, K., Dudley, G. (1984) Influence of intense endurance training on aerobic power of competitive distance runners. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 16: 371-375.
- Olsen, R., Berg, K., Latin, R., Blanke, D. (1998). Comparison of two intense interval training programs on maximal oxygen uptake and running performance. *Journal Sport Medicine & Physical Fitness*. 28: 158-64.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., Heikki, R. (1999). Explosive-strength training improves 5 km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*. 86: 1527-1533.

- Sjödin, B., Jacobs, I., Svedenhag, J., (1982). Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *European Journal of Applied Physiology*. 49: 45-57.
- Slawinski, J., Demarle, A., Koralsztein, J. Billat, V. (2001). Effect of supra-lactate threshold training on the relationship between mechanical stride descriptors and aerobic energy cost in trained runners. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 109(2): 110-116.
- Smith, D. (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine*. 33(15): 1103-1126.
- Smith, D., Telford, R., Peltola, E., Tumilty, D. (2000). Protocols for the Physiological Assessment of High-Performance Runners / Australian Sports Commission. In C. Gore (Ed.), *Physiological test for elite athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Smith, T., McNaughton, L., Marshall, K. (1999) Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 31:892-896.
- Talanian, J.L., Galloway, S.D., Heigenhauser, G.J., Bonen, A., Spriet, L.L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*. 102: 1439-1447.