

MONITORIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN ENTRENAMIENTO Y COMPETICIÓN EN CORREDORES DE CAMPO A TRAVÉS

Jonathan Esteve Lanao

Universidad Europea de Madrid, Madrid, España.

ABSTRACT

Heart Rate (HR) was measured in 8 high regional level athletes (VO_2 max 68 ml/kg/min) along the previous 18 weeks of the peaking winter phase (6 weeks later). There were recorded all the training sessions and competitions. It was measured time below the first ventilatory threshold (VT1) (called phase I), between VT1 and the second ventilatory threshold (VT2) (phase II), and over VT2 (phase III). It was also registered the training kilometres (km), average HR, maximum HR, and the time spent at or over the VT2 corresponding speed. All data were also recorded in a short (5,8) and a long (10,1) cross country races. They trained for 84 hours (h) 37 minutes (m) ± 10 h 52m (average 68 ± 9 kms a week), being 65% the time in phase I, 27% in phase II and 8% in phase III. It was 12% at or over the phase III speed, significantly different ($p < 0,05$). Short competition race was 20 m 38 seconds (s), ± 1 m 6 s, remaining 2% in phase I, 8% in phase II and 90% in phase III, at an average 93% of maximal HR, with a 97% in maximal HR. There were no differences in any variable versus long cross race. There were clear differences related to training phases. There were no strong correlations between performances at short or long race and VO_2 max or any other training variable.

Key words: HEART RATE, RUNNING, PERFORMANCE, CROSS COUNTRY.

RESUMEN

Se midió la frecuencia cardiaca (FC) en 8 atletas entrenados de alto nivel regional (VO_2 max 68 ml/kg/min) durante 18 semanas previas a la época de puesta a punto (6 semanas más). Registraron todos los entrenamientos con monitor de frecuencia cardiaca cuantificando el tiempo diario empleado por debajo del primer umbral ventilatorio (VT1), entre VT1 y el segundo umbral ventilatorio (VT2) y por encima de VT2, llamados fase I, II y III. Así mismo los kilómetros (km) recorridos, las FC media y máxima y el tiempo a velocidad igual o superior a la de VT2. Todos estos datos fueron también registrados en 2 competiciones de 5,8 y 10,1 km de campo a través. Entrenaron un total de 84 horas (h) 37 minutos (m) ± 10 h 52m (media de 68 ± 9 kms semanales), con un 65% del tiempo en fase I, 27% en fase II y 8% en fase III, significativamente del tiempo en la velocidad de fase III (12%) ($p < 0,05$). La competición corta se realizó en 20 m 38 segundos (s), ± 1 m 6 s, empleando un 2% en fase I, un 8% en fase II y el 90% en fase III, a una FC media del 93% de la FC máxima con una máxima del 97%. No se hallaron diferencias en ninguno de estos aspectos en la prueba larga. Se hallaron diferencias claras entre todas las comparaciones respecto a los datos de entrenamiento. No se hallaron correlaciones elevadas entre VO_2 max y rendimiento ni ninguna otra variable de entrenamiento respecto a la competición.

Palabras clave: FRECUENCIA CARDIACA, RENDIMIENTO, CARRERA A PIE, CAMPO A TRAVÉS.

INTRODUCCIÓN

El uso de la frecuencia cardiaca (FC) es un indicador válido de la intensidad del ejercicio aeróbico (Wilmore y Costill, 1999). En pruebas de más de 4 minutos de duración, más del 80% de la energía proviene del metabolismo aeróbico (Gastin, 2001). Diversos trabajos de monitorización de la frecuencia cardiaca se han hecho en ciclistas de elite en competición (Lucía et al 1999, Padilla et al 2000, Lucía et al 2003). En estos trabajos se ha empleado el un modelo trifásico de cuantificación de la intensidad del ejercicio (Skinner y McLellan, 1980)

según el cual el ejercicio “suave” o por debajo del primer umbral ventilatorio (VT1) se cataloga como fase I, el ejercicio “moderado” o entre VT1 y el segundo umbral ventilatorio (VT2) se llama fase II, y el ejercicio de alta intensidad por encima de VT2 se llama fase III. Una vuelta a España o Tour de Francia suponen alrededor de un 70% en fase I, 25% en fase II y 5% en fase III (Lucía et al 2003). Padilla y colaboradores (2000) cuantificaron la intensidad en FC de las pruebas de contrareloj en ciclistas profesionales. Hallaron una intensidad media del 89% de la FC máxima (FCmax) en pruebas prólogo de alrededor de 7 kilómetros (km) y 10 minutos (‘) de duración, del 85% de la FCmax en pruebas de alrededor de 28 km y 38’, del 80% en contrareloj larga de 49 km y 66’, y del 78% en crono-escaladas de 75’.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el tiempo empleado en fase I, II y III a lo largo de la temporada de entrenamiento para cross corto, así como en la competición. Así mismo, relacionar las variables de entrenamiento con el rendimiento en competición.

MÉTODO

Sujetos. Participaron en este estudio 8 hombres corredores de nivel regional y nacional de 23 años, IMC de 21,6 kg/m², 11,5% de grasa, y 68 ml/kg/min de VO₂ max (ver X y SD en tabla 1), con un mínimo de experiencia en entrenamiento sistematizado de 5 años.

Entrenamiento y competición. Todos los sujetos pertenecían al mismo grupo de entrenamiento, entrenando con un mismo modelo de periodización con leves adaptaciones de periodización y programación a las características particulares, de cara al máximo rendimiento. En el presente trabajo se muestran los datos de las primeras 18 semanas de entrenamiento, (períodos preparatorio y específico) de un total de 24 hasta las semanas de las competiciones diana (período competitivo). Se agruparon en mesociclos de 3 semanas, con una estructura 2:1 de la dureza de las cargas.

Se registraron los resultados de dos tipos de competición (campo a través corto, de 5,879 kms) y campo a través largo (10,130 kms) en las semanas 14 y 20 respectivamente (ver más abajo). (Nota: se utilizará la palabra “cross” como sinónimo de “campo a través”)

Procedimiento. Se realizó una prueba incremental hasta la extenuación en tapiz rodante (Technogym Run Race 1400 HC, Gambettola, ITA), desde 11 km/h y con un incremento en rampa de la velocidad, a razón de 0,5 km/h cada 30 s. La pendiente se mantuvo constante al 0% durante la totalidad de la prueba. Se determinó el VO₂ max y los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2). Durante las pruebas fueron valorados los datos espirométricos por un sistema automático estándar ‘respiración a respiración’ (Sensormedics MVmax 29C, Sensormedics Corporation, California), que fue calibrado antes de cada una de las pruebas. También se midió continuamente la FC de cada sujeto (se recogieron las medias de cada 5 s) con un monitor de ritmo cardíaco Polar Accurex Plus (Polar Electro Oy, Kempele 90440, Finlandia).

Los criterios de maximalidad de la prueba en fueron: meseta en el de VO₂ (ver más abajo), RER > 1.1 y FC teórica máxima en base a la fórmula de Tanaka et al (2001).

La determinación de los parámetros espirométricos se estableció a partir de la media de los valores cada 30 s, considerándose para el VO₂ max el inicio de meseta el punto en el cual el aumento del VO₂ era nulo o inferior a 150 ml en dos estadíos sucesivos (Ferrero y Fernández 1995), y determinándose también los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) en cada condición de acuerdo a los criterios de Davis (1985). La FC correspondiente a dichos puntos se utilizó para determinar las fase I (por debajo de esa FC), la fase II, (entre la FC de VT1 y hasta la FC de VT2) y la fase III (por encima de la FC de VT2). Se registró como FCmáx la FC alcanzada en la prueba de esfuerzo o a lo largo de alguna competición de 5 km o entrenamiento en dicha temporada o la temporada de verano anterior.

Mediciones. Todos los corredores registraron sus entrenamientos y competiciones con monitores de frecuencia cardíaca que memorizaran al menos los datos de FC media, FC máxima y tiempo real empleado, registrando los datos entre 5” y 15”. Se registraron únicamente los tiempos de carrera, así como los de trabajo de fuerza con movimientos y tramos de carrera intercalados. Diariamente registraban en un formulario los datos correspondientes al tiempo total, tiempo en fase I/II/III, FC media, FC máxima, y tiempos en

distancias determinadas durante las sesiones a velocidades de fase III, así como periódicamente en uno de los circuitos de entrenamiento extensivo en una vuelta en terreno llano de hierba, previamente medida, en entrenamientos de fase I y II.

En la prueba de cross corto se midió el recorrido con posterioridad a la prueba con una rueda de medición homologada (Trumeter Measure Meter, Manchester, UK), compensando un error de medición de -0,5 metros por cada 100m. Los cálculos de tiempo promedio empleado por kilómetro se calcularon según la distancia de cada una de las pruebas. En la competición de cross largo (Cross Juan Muguerza de Elgoibar'04) la distancia era oficial, homologada por la organización.

La FC media en competición se calculó a partir de los datos medios desde el minuto 3 de la competición.

Análisis estadístico.

Se realizaron pruebas ANOVA con post-hoc Tukey entre las comparaciones de tiempo empleado en entrenamiento y competición entre fases I,II,III y tiempo en velocidad de fase III. Así mismo, se emplearon pruebas T para comparar los tiempos en entrenamiento en fase III, y diversos aspectos entre competiciones. Se realizaron correlaciones entre diferentes aspectos de valoración y entrenamiento en relación con las competiciones, así como correlaciones múltiples entre variables de entrenamiento y cada competición. El nivel de significación estadística se situó en $p < 0,05$.

RESULTADOS

Las características descriptivas de la muestra del estudio ($X \pm SD$) se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Características de la muestra del estudio

	X	SD
Edad (años)	23,1	2,4
Peso (kg)	64,9	3,3
Talla (cm)	172,9	4,7
IMC (kg/m ²)	21,8	1,7
% grasa	11,5	1,1
VO ₂ máx (ml/kg/min)	4,3	0,2
VO ₂ máx (L/min)	67,9	6,9

Dos sujetos no completaron la prueba de cross largo. Por ello las comparaciones se limitan a 6 sujetos cuando se trata de alguna variable relacionada con dicha competición.

Se realizaron un total de 84 horas 37 minutos y 26 segundos de entrenamiento de media ($\pm 10:52:01$), con 1226 ± 163 kms (media de 68 ± 9 kms semanales). Los porcentajes de tiempo empleado en fase I, fase II, fase III y velocidad correspondiente a la fase III se muestran en la tabla 2 y figura 1. Se hallaron diferencias significativas entre el tiempo en fase III y el tiempo en velocidad de fase III ($8,5 \pm 2,0$ % vs $12,0 \pm 1,7$ %).

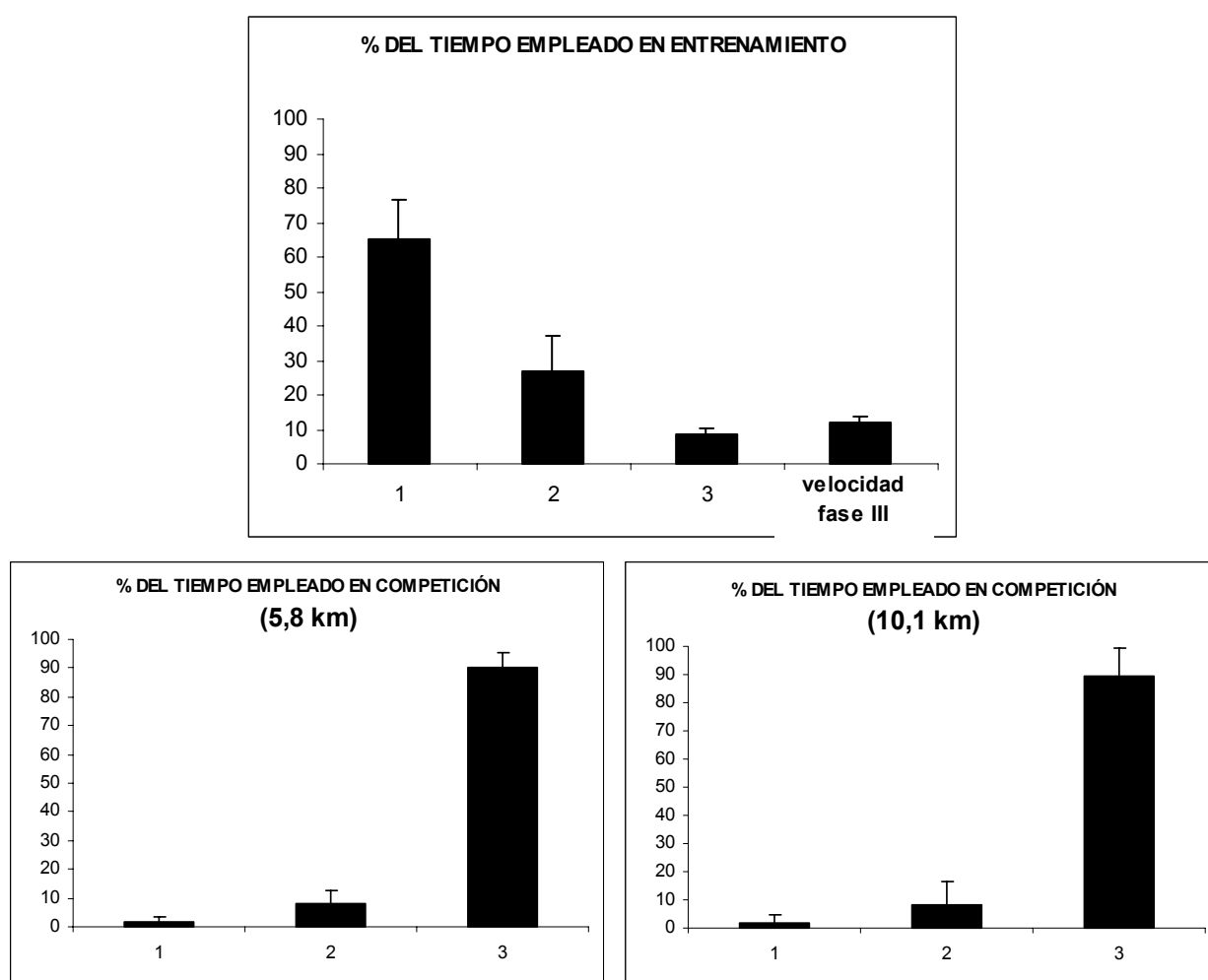
No se halló relación entre el VO₂ máx (absoluto o relativo) y la marca en cross corto o cross largo. Así mismo entre los tiempos en una u otra fase y las marcas (todos $r^2 < 0,3$). Se halló una débil correlación inversa entre marca en cross corto y kilómetros de entrenamiento ($r^2 = -0,48$) que no se corroboró en cross largo ($r^2 = -0,05$). Únicamente al excluir a los dos corredores con mayor VO₂ máx se halló una correlación moderada de -0,64 entre horas de entrenamiento y tiempo en cross corto y de -0,61 entre distancia y cross corto. Se halló una alta correlación en el menor tiempo en fase II en cross largo y la mejor marca ($r^2 = 0,79$). Se halló correlación moderada entre tiempo en cross corto y % FCmax ($r^2 = 0,66$), que no se corroboró en cross largo ($r^2 = 0,39$). La FC media en % de FCmax fue del 93% en cross corto y del 92% en cross largo, sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Tampoco se hallaron diferencias entre las FC max (97 y 98% de la FC max).

Tabla 2.- Porcentajes medio y máximo (X±SD) obtenidos en cada categoría de pruebas

VARIABLE	ENTRENAMIENTO		COMPETICIÓN CROSS CORTO (5,8 km)		COMPETICIÓN CROSS LARGO (10,1 km)	
	X (n=8)	SD (n=8)	X (n=6)	SD (n=6)	X (n=6)	SD (n=6)
TIEMPO TOTAL (hh:mm)	84:37	10:52	20:11	00:48	36:11	02:16
TIEMPO FASE I (%)	65,4	11,4	1,9	1,4	1,9	3,0
TIEMPO FASE II (%)	26,9	10,2	8,2	4,7	8,5	8,3
TIEMPO FASE III (%)	8,5	2,0	90,4	5,0	89,6	10,0
TIEMPO VELOCIDAD DE FASE III (%)	12,0	1,7				

Se hallaron diferencias significativas entre el tiempo en fase I en entrenamiento y el tiempo en fase I en competición tanto en cross corto y largo ($p < 0,05$) (figura 1). Así mismo en fase II y fase III ($p < 0,05$). No hallándose diferencias entre el tiempo en fase I en cross corto y largo, así como en las fases II y fases III ($p > 0,05$) (tabla 2). Se hallaron diferencias entre los tiempos en cross corto y cross largo ($p < 0,001$) pero no en el ritmo medio (minutos por kilómetro) ($p > 0,05$).

Figura 1.- Tiempo empleado (X±SD) en entrenamiento y competición en cada fase de intensidad (ver texto para diferencias significativas)



Realizando una regresión múltiple de pasos sucesivos para las marcas de cross largo se halló únicamente el menor porcentaje empleado en fase II en competición como variable correlacionada con un menor tiempo en cross largo ($r^2 = 0,79$). Para el cross corto se halló un $r^2 = 0,99$ para las variables “% de tiempo en fase I entrenamiento” (a mayor % de tiempo en fase I menor tiempo en carrera), “% graso” (a mayor % menor tiempo en carrera) y “tiempo en cross largo” (a menor tiempo en cross largo, menor tiempo en cross corto). Se halló un $r^2 = 0,92$ para las variables % de tiempo en fase I en entrenamiento y % graso, y un $r^2 = 0,67$ para la marca en cross largo respecto a cross corto.

DISCUSIÓN

El uso de la FC es un indicador válido de la intensidad del ejercicio aeróbico (Wilmore y Costill, 1999). Sin embargo, la FC no se muestra representativa de la intensidad hasta unos minutos, siendo la contribución anaeróbica la protagonista al inicio de cualquier esfuerzo (Gastin 2001). Dado que buena parte del entrenamiento de alta intensidad era de carácter fraccionado, así como en ocasiones a velocidades por encima de la Velocidad Aeróbica Máxima (velocidad mínima que solicita el VO_2 max en la prueba incremental), es lógico hallar diferencias entre el tiempo en fase III registrado en la FC y el tiempo real a esas velocidades por encima de la velocidad de VT2. Un primer hallazgo de este trabajo es constatar diferencias significativas en el entrenamiento entre velocidad y FC como formas de control del entrenamiento.

Cabe destacar así mismo el elevado porcentaje de tiempo empleado en fase I en entrenamiento (65%), respecto al tiempo en fase III o su velocidad (8,5 y 12%), habida cuenta de que las competiciones se disputan alrededor de un 90% en fase III. Los datos de competición se asemejan a los de una contrareloj de 7 a 28 km en ciclismo (de 10 a 38'), aunque no el porcentaje de la FC máxima a los que se disputan, siendo mayor en carrera (92 vs 89 y 85%).

Sorprende no haber hallado diferencias entre ambas competiciones en dicha intensidad media (92%) pese a que los tiempos fueron claramente diferentes en los 6 sujetos que completaron ambas pruebas (20:11 vs 36:11, $p < 0,001$). Probablemente dado que los ritmos promedio por kilómetro no fueron significativamente diferentes (3:26 vs 3:33) la FC no reflejara grandes diferencias, lo cual puede indicar por una parte que la competición de cross largo se realizara en mejor estado de forma relativo (6 semanas después). Así mismo un recorrido de mayor dureza en el perfil del cross largo (Elgoibar'04), en el que se realizaban 4 vueltas a un circuito con cuevas, junto con su menor altitud respecto a la prueba de cross corto (100m vs Boadilla del Monte, 600m) y mayor temperatura y humedad en la prueba larga también podrían explicar tales hallazgos en cuanto a la alta FC. Próximos trabajos tratarán de controlar más todos estos elementos. La implicación máxima en ambas pruebas se manifiesta en la FC máxima registrada, del 97% de la FCmax personal en ambas pruebas.

Las escasas correlaciones obtenidas no logran explicar qué factores muestran mayor relación con el rendimiento. Ni siquiera las grandes correlaciones múltiples halladas de $r^2=0,99$ y $r^2=0,92$ para la marca en cross corto presentan una lógica para la utilidad de los datos, pues raramente un mayor porcentaje graso puede ser determinante para el rendimiento, si bien sí la marca en cross largo. Así mismo, siendo la otra variable el mayor % de tiempo empleado en fase I, se reabre la duda sobre la necesidad del entrenamiento de baja intensidad en estas pruebas, aunque parece de nuevo poco representativo pues ni los kilómetros ni las horas de entrenamiento mostraron relaciones destacadas.

Para nuestro conocimiento, este es el primer trabajo sobre la cuantificación con FC de la intensidad de entrenamiento y competición en pruebas de campo a través. Próximos estudios deben discriminar los factores más determinantes del rendimiento.

CONCLUSIÓN

Para el grupo estudiado, se empleó más del 90% del entrenamiento en intensidades inferiores a la fase III, si bien se compite un 90% del tiempo tanto en cross corto como largo a esa intensidad. No se hallaron variables que logran explicar las diferencias de rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Davis J. (1985) Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 17: 6-18.

Ferrero JA, Fernández A. (1995) Consumo de oxígeno. En: Chicharro JL, Fernández A (eds) *Fisiología del ejercicio*. Panamericana, Madrid, pp 209-218.

Gastin PB. (2001) Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 31:725-741.

Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL. (1999) Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med* 20: 167-172.

Lucía A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. (2003) Tour de France versus Vuelta a España: which is harder?. *Med Sci Sports Exerc* 35: 872-878.

Padilla S, Mújika I, Orbañanos J, Angulo F. (2000) Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 32: 850-856.

Skinner JS, McLellan TH (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 51: 234-248.

Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Paidotribo, Barcelona 1999.