

Valoración de la condición aeróbica del corredor de orientación a pie de alto nivel español

Lucía Sainz Fernández, Manuel Rabadán Ruíz

Licenciados en Medicina y Cirugía. Especialistas en Medicina de la Educación Física y el Deporte.

Recibido: 05.04.2013
Aceptado: 25.09.2013

Resumen

Objetivo: La orientación a pie es un deporte que difiere de otras modalidades de carrera en el componente cognitivo y en el tipo de terreno encontrado. Existen aspectos de la condición física del corredor de orientación que difieren en relación a los presentados por corredores de pista o de campo a través. El objetivo del trabajo fue la valoración de la condición aeróbica del corredor de orientación a pie.

Material y métodos: Participaron en el estudio 10 corredores varones ($20,3 \pm 5,6$ años), a los que se aplicó un protocolo incremental máximo en rampa sobre tapiz rodante, con análisis de la ventilación pulmonar y del intercambio de gases respiratorios.

Resultados: Los valores medios encontrados fueron: Consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2max}$): $70,2 \pm 5,8$ ml/kg.min; $\dot{V}O_2$ en el umbral ventilatorio 1 (VT1): $49,5 \pm 3,9$ ml/kg.min (70,8% del $\dot{V}O_{2max}$); $\dot{V}O_2$ en el umbral ventilatorio 2 (VT2): $61,2 \pm 6,7$ (87,1% del $\dot{V}O_{2max}$); frecuencia cardíaca (FC) en el VT 1: $158,4 \pm 4,8$ lat/min (84% de la FC máxima obtenida en la prueba); FC en el VT2: $176,8 \pm 6,7$ lat/min (93,7% de la FC máxima de la prueba).

Conclusiones: El corredor de orientación a pie de elite tiene altamente desarrollado el sistema de transporte y utilización del oxígeno, siendo capaz de trabajar a porcentajes cercanos a su $\dot{V}O_{2max}$ durante un tiempo prolongado. La valoración desde el punto de vista fisiológico en el laboratorio se considera un elemento fundamental para la elaboración de un perfil del corredor de orientación, evaluar su condición física y obtener datos para la prescripción individualizada del entrenamiento con el fin de obtener mejoras en el rendimiento.

Palabras clave:
Orientación. Consumo máximo de oxígeno. Umbral ventilatorio.

Aerobic conditioning assessment of the spanish high-level foot orienteer athlete

Summary

Purpose: Foot orienteering differs from other running events both in its cognitive element and in the type of terrain encountered. Some aspects of the fitness required for orienteering may differ from track and cross country running. The aim of this study was to assess the orienteer's aerobic conditioning.

Methods: Ten male orienteers (age $20,3 \pm 5,6$ years) participated in the study. They performed a maximal incremental treadmill test with pulmonary ventilation and respiratory gas exchange measures.

Results: The average values were: Maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$): $70,2 \pm 5,8$ ml/kg.min; $\dot{V}O_2$ at the first ventilatory threshold (VT1): $49,5 \pm 3,9$ ml/kg.min (70,8% of $\dot{V}O_{2max}$); $\dot{V}O_2$ at the second ventilatory threshold (VT2): $61,2 \pm 6,7$ (87,1% of $\dot{V}O_{2max}$); Heart rate (HR) at VT1: $158,4 \pm 4,8$ lat/min (84% of maximal HR measured in the test); HR at VT2: $176,8 \pm 6,7$ lat/min (93,7% of maximal HR measured in the test).

Conclusion: Elite orienteers have highly developed oxygen transport and utilization systems and perform at a high percentage of their $\dot{V}O_{2max}$ for prolonged periods. Laboratory physiological assessment is considered fundamental in profiling orienteers, assess their physical conditioning and in providing data that are helpful in development of individualized training prescriptions to improve orienteering performance

Key words:
Orienteering.
Maximal oxygen uptake.
Ventilatory threshold.

Correspondencia: Lucía Sainz Fernández
E-mail: lucia.sainz@csd.gob.es

Introducción

La orientación a pie se define como una carrera sobre terreno variado durante la cual los competidores visitan un número de puntos marcados en el terreno (controles) en el menor tiempo posible, ayudados sólo por un plano (escala 1: 10000 o 1: 15000) y una brújula¹. De esta manera no se define un recorrido, sino únicamente unos puntos de paso obligado entre la salida y la meta y es el deportista quien debe elegir qué recorrido es el más adecuado y rápido para él. Lo que hace único al corredor de orientación, es que debe navegar y tomar decisiones rápidas mientras que corre a gran velocidad, de ahí que uno de los lemas de este deporte sea "pensar y correr".

En cualquier evento de orientación hay disponible un número de carreras de diferente longitud y dificultad técnica. En España existen varias distancias de carreras de orientación a pie: larga (alrededor de 75 min de duración para el ganador), media (alrededor de media hora de duración para el ganador) y sprint (tiempo aproximado del ganador 10-15 min). Al igual que en otras modalidades de resistencia, el objetivo del corredor de orientación es completar la carrera en el menor tiempo posible. Sin embargo, las carreras de orientación típicamente tienen lugar en bosques y entornos naturales, de forma que una proporción significativa del tiempo de la carrera se lleva a cabo sobre terreno desigual e irregular, con superficies que muestran distintos grados de pendiente, y presencia de vegetación en el suelo. Asimismo, en ocasiones es preciso realizar cambios de dirección con el fin de sortear obstáculos. Por tanto, además del componente cognitivo, existen aspectos de la condición física necesaria para el corredor de orientación que difieren en relación a los presentados por deportistas de las distintas modalidades de carrera, en pista o campo a través.

Un mejor conocimiento de las demandas fisiológicas de este deporte y la definición del perfil fisiológico de estos corredores van a permitir adecuar los métodos y medios de entrenamiento para optimizar el rendimiento deportivo en esta disciplina. Por otro lado, el conocimiento sobre las características funcionales del corredor de orientación español es todavía limitado, encontrándose pocos datos en la bibliografía. El objetivo del presente trabajo es la valoración de la condición aeróbica del deportista de orientación a pie varón de alto nivel español.

Material y métodos

La muestra estudiada se compone de 10 corredores de orientación a pie varones, remitidos por la Federación Española de Orientación a nuestro centro para someterse a reconocimiento médico-deportivo anual. Los participantes, con edades comprendidas entre los 15 y los 36 años, competían en tres categorías diferentes: 5 en la categoría HE (absoluta), 2 en H20 (junior) y 3 en H18 (juvenil). Los corredores de las categorías H18 y H20 pertenecían a la subdivisión A (H20A y H18A), reservada para aquellos corredores mejor preparados técnica y físicamente. Nueve de los integrantes de la muestra se situaban dentro de los 4 primeros puestos del ranking nacional para ese año en su categoría. Asimismo, en el momento del estudio, nueve de los corredores eran miembros del Equipo Nacional en su respectiva categoría. El estudio se realizó durante el periodo competitivo de la temporada. Las características generales de los deportistas estudiados quedan reflejadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de la muestra.

	<i>m</i>	<i>sd</i>
Edad (años)	20,3	5,6
Peso (kg)	65,4	4,7
Talla (cm)	177,8	4,7
Años entrenando	6	2,2
Días/semana	5,1	1,7
Horas/día	2,5	0,9

m: media; *sd*: desviación estándar.

A todos los integrantes del estudio se les realizó un electrocardiograma de reposo y una espirometría basal previa a la prueba de esfuerzo, la cual se llevó a cabo con monitorización electrocardiográfica de 12 derivaciones (*General Electric Case 8000*) y análisis de la ventilación pulmonar y del intercambio de gases respiratorios (*Jaeger Oxycon Pro*). Se aplicó un protocolo incremental máximo en rampa sobre tapiz rodante (Jaeger LE 600 C). Dicho test consistió en dos minutos iniciales de calentamiento a 6 Km/h (pendiente 1%), posteriormente se incrementó la velocidad a 8 Km/h, y se efectuaron incrementos de velocidad de 0,25 Km/h cada 15 segundos con una pendiente constante del 1%. A partir del minuto 13 de ejercicio se incrementó también cada 15 segundos la pendiente un 0,25% hasta el agotamiento del atleta. Se valoraron parámetros máximos y submáximos de esfuerzo, en relación a aspectos mecánicos, ergoespirométricos y cardiovasculares. Las medidas registradas fueron las siguientes: duración del test, velocidad y pendiente alcanzadas, ventilación pulmonar (VE), consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), producción de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), cociente respiratorio ($\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$), equivalentes ventilatorios para el oxígeno ($VE/\dot{V}O_2$) y para el dióxido de carbono ($VE/\dot{V}CO_2$), frecuencia cardíaca (FC) para cada nivel de carga de trabajo, frecuencia cardíaca máxima (FCM) y FC en recuperación hasta el minuto 5 postesfuerzo. Asimismo, se registró la tensión arterial máxima y en los minutos 2 y 4 de recuperación. Se consideraron como criterios de prueba máxima la consecución de un comportamiento en meseta de la curva de $\dot{V}O_2$ y/o un cociente respiratorio máximo mayor de 1,1.

El estudio de la transición aeróbica-anaeróbica se llevó a cabo por método ventilatorio². El umbral ventilatorio 1 o VT1 fue definido como el primer incremento no lineal de la ventilación con incremento del equivalente de oxígeno ($VE/\dot{V}O_2$) sin incremento concomitante del equivalente de CO_2 ($VE/\dot{V}CO_2$). Se consideró como umbral ventilatorio 2 o VT2 un segundo incremento no lineal de la ventilación, con un aumento no lineal de la relación $VE/\dot{V}O_2$ e incremento simultáneo de la relación $VE/\dot{V}CO_2$.

Se realizó estadística descriptiva de las variables estudiadas: medidas de tendencia central (media), y de dispersión (desviación estándar, máximo, mínimo y rango).

Resultados

El electrocardiograma y la espirometría basal no evidenciaron signos patológicos. Encontramos en todos los casos valores de FC de reposo menores de 60 lat/min, con un valor medio de 47,7 lat/min y un valor

mínimo de 35 lat/min, correspondiente a un corredor de 20 años de edad con 6 años de entrenamiento en esta disciplina, una media de 6 días/semana y 2 h al día.

Todos los participantes cumplieron criterios de prueba máxima, siendo la fatiga el motivo de detención de la prueba en todos los casos. Los valores medios de los parámetros máximos obtenidos tomando en consideración las tres categorías estudiadas se presentan en la Tabla 2. La frecuencia cardíaca máxima media obtenida en el test de esfuerzo fue de 188,7 lat/min, correspondiente a un 94,44% de la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT= 220-edad). En ningún caso se alcanzó el 100% de la misma. La respuesta de la tensión arterial fue fisiológica en todos los deportistas y no se apreciaron cambios isquémicos ni eventos arrítmicos de importancia.

El valor medio de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) fue de 70,2 ml/kg.min en valor relativo al peso corporal (4,60 l/min en valor absoluto), correspondiendo el valor máximo individual (80,79 ml/kg.min), a un

corredor de 20 años de edad, miembro del Equipo Nacional, con 6 años de entrenamiento en este deporte, una media de 6 días a la semana y 2 horas al día. A dicho deportista correspondió el tiempo más largo de prueba sobre el tapiz, alcanzando una velocidad máxima de 22,25 Km/h, y una pendiente de 2,50%. El valor medio de VO_{2max} relativo al peso corporal para aquellos corredores incluidos dentro de la categoría HE fue de 71,47 ml/kg.min y para los más jóvenes (H18A), fue inferior (66,53 ml/kg.min) (Tabla 3).

Los datos correspondientes a la transición aeróbica-anaeróbica (determinación del umbral aeróbico o umbral ventilatorio 1 y umbral anaeróbico o umbral ventilatorio 2) se recogen en las Tablas 3 y 4. El valor medio del consumo de oxígeno en porcentaje con respecto al VO_{2max} en el umbral ventilatorio 1 fue de 70,8% (73,3% para la categoría HE y 68,35 y 68,33 para las categorías H20A y H18A respectivamente). El mayor valor individual encontrado, 82,4%, correspondió al corredor de mayor edad de la muestra (36 años) miembro del Equipo Nacional que representó a España en el Campeonato del Mundo ese año. El valor medio del consumo de oxígeno en porcentaje con respecto al VO_{2max} en el umbral ventilatorio 2 fue de 87,1%, perteneciendo el mayor valor encontrado, 94,4%, a otro corredor integrante del Equipo Nacional en el Campeonato del Mundo en ese año. En todos los casos el porcentaje de VO_{2max} en el VT2 fue mayor del 75%, correspondiendo a los deportistas incluidos dentro de la categoría HE un valor medio nuevamente superior (90,18%).

Los valores promedio de la FC y el porcentaje con respecto a la FC máxima obtenida en la prueba en los umbrales ventilatorios 1 y 2 teniendo en cuenta las tres categorías se presentan en la Tabla 4. El valor más alto de FC en el VT1 fue de 166 lat/min y el valor más bajo de 150 lat/min. En relación al VT2 el valor más alto de FC fue de 187 lat/min y el menor valor encontrado fue de 165 lat/min. Estos datos ponen de manifiesto la variabilidad individual de la frecuencia cardíaca en los umbrales ventilatorios 1 y 2.

Tabla 2. Parámetros máximos.

	Max (m±sd)
Vel. (Km/h)	20,8±0,9
FC (lat/min)	188,7±7,4
VE (l/min)	165,7±23
VO ₂ (l/min)	4,60±0,63
VO ₂ (ml/kg.min)	70,2±5,8
VCO ₂ (l/min)	5,11±0,71
CR	1,11±0,05

Vel: Velocidad; FC: frecuencia cardíaca; VE: ventilación pulmonar; VO₂: consumo de oxígeno en valor absoluto (l/min) y en valor relativo al peso corporal (ml/kg.min); VCO₂: producción de dióxido de carbono; CR: cociente respiratorio; m: media; sd: desviación estándar.

Tabla 3. Parámetros máximos y datos correspondientes a la transición aeróbica- anaeróbica por categorías.

		HE (n=5) (m±sd)	H20A (n=2) (m±sd)	H18A (n=3) (m±sd)
Max	Vel (km/h)	21,50±0,6	19,87±1,2	20,16±0,2
	VO ₂ (ml/kg.min)	71,47±8,0	72,31±3,8	66,53±1,0
	FC (lat/min)	184,6±7,8	194,5±0,7	191,6±8,0
VT1	Vel (km/h)	15,30±1,0	13,25±0	13,75±0,8
	VO ₂ (ml/kg.min)	52,02±3,0	49,35±0,9	45,40±3,9
	% VO _{2max}	73,30±6,4	68,35±2,3	68,33±6,9
	FC (lat/min)	156,2±6,1	159,5±4,9	161,33±5
	%FCM	84,68±3,8	82±2,2	84,26±2,7
VT2	Vel(km/h)	18,75±0,7	16,5±0,3	17,08±0,8
	VO ₂ (ml/kg.min)	64,40±6,7	63,70±3,9	54,06±4,2
	% VO _{2max}	90,18±3,4	88,1±0,8	81,33±7,4
	FC (lat/min)	174,2±7,8	180,5±4,9	178,6±7,3
	%FCM	94,36±2,14	92,80±2,2	93,20±0,9

Max: Máximo; VT1: umbral ventilatorio 1; VT2: umbral ventilatorio 2. Vel: Velocidad; VO₂: consumo de oxígeno; FC: frecuencia cardíaca; %VO_{2max}: porcentaje con respecto al consumo máximo de oxígeno; %FCM: porcentaje con respecto a la frecuencia cardíaca máxima; m: media; sd: desviación estándar.

Tabla 4. Datos correspondientes a la transición aeróbica- anaeróbica.

	VT1 (m±sd)	VT2 (m±sd)
Vel. (km/h)	14,32±1,17	17,77±1,19
VO ₂ (ml/kg.min)	49,5±3,9	61,2±6,7
% VO _{2max}	70,8±5,8	87,1±5,6
FC (lat/min)	158,4±4,8	176,8±6,7
% FC _{max}	84,0±3	93,7±1,7

Vel: Velocidad; VO₂: consumo de oxígeno; %VO_{2max}: porcentaje con respecto al consumo máximo de oxígeno; FC: frecuencia cardíaca; %FCM: porcentaje con respecto a la frecuencia cardíaca máxima; VT1: umbral ventilatorio 1; VT2: umbral ventilatorio 2; m: media; sd: desviación estándar.

Tabla 5. Valores de consumo máximo de oxígeno en corredores de orientación a pie de alto nivel varones.

Autor	Año	N	País	Edad	VO ₂ (ml/kg.min)
Ranucci ⁹	1986	9*	Italia	20,2 ± 3,3	57,1±4,5***
Chalopin ⁸	1994	10 (H17, H18)* 14 (H20, H21)*	Francia	18,3±1 23,7± 3,5	66,3±5,4 71,7±5,7
Moser ⁷	1995	16**	Noruega	23,8±3	71,7±8,4
Larsson ¹²	2002	10	Suecia	21,9±3,7	74,1±7,0
Smekal ³	2003	11*	Austria	23,5±3,9	67,9±3,8
Roberts ⁶	2003	7	Australia	23,7±2,0	72,4±3,1
Tzvetkov ⁴	2009	10	Bulgaria	24,4±3,7	65,8±3,9

*Miembros de Equipos Nacionales; **10 de ellos miembros del equipo nacional junior o senior, ***prueba realizada en cicloergómetro

El rango de velocidades alcanzadas en ambos umbrales presenta también amplias diferencias siendo el encontrado para el VT 1 de 12,75 a 16,25 Km/h y para el VT2 de 16,25 a 19,50 Km/h.

Discusión

En los eventos de resistencia de larga duración el VO_{2max} se convierte en uno de los principales factores determinantes en el alto rendimiento deportivo. En general, se encuentran valores altos de VO₂ en corredores de orientación de élite. El valor medio de VO_{2max} que hemos obtenido en nuestros corredores se encuentra dentro del rango aportado por otros autores para corredores de orientación a pie de alto nivel o de equipos nacionales (Tabla 5), siendo ligeramente superior al encontrado por Smekal, et al.³ tras realizar una prueba máxima sobre tapiz rodante a 11 corredores del equipo nacional austriaco (carga inicial de 8 km/h con incrementos de 2 km/h cada 3 minutos y una pendiente constante de 1,5%), y por Tzvetkov⁴ en 10 corredores de alto nivel búlgaros que realizaron un test máximo sobre tapiz rodante con velocidad inicial de 6 km/h e incrementos de 1,2 km/h cada 90 segundos. Pablos Monzó⁵, que incluye en su muestra a un grupo de 5 corredores de orientación españoles de categoría HE que competían a nivel internacional, encuentra un valor medio de 71,35 ± 5,8 ml/kg.min, muy similar al encontrado por nosotros en dicha categoría. Fuera de Europa, Roberts, et al.⁶ realiza a 7

deportistas de orientación de alto nivel australianos un test sobre tapiz rodante consistente en una distancia fija de 803 m corrida a distintas velocidades y una inclinación del tapiz de 4,5%. El valor medio de VO_{2max} encontrado fue de 72,4 ± 3,1 ml/kg.min.

De interés para nosotros han sido los trabajos de Moser, et al.⁷ y Chalopin⁸ que incluyen dentro de su muestra corredores de diferentes categorías. Moser, et al.⁷, que incorpora en su grupo corredores noruegos miembros del equipo nacional junior y senior, encuentra un valor medio de 71,7 ml/kg.min, semejante al valor medio encontrado por nosotros teniendo en cuenta las tres categorías. Por otra parte, el valor aportado por Chalopin⁸ para corredores miembros del equipo nacional de las categorías H17 y H18 (66,3 ± 5,4 ml/kg.min) es muy similar al encontrado en nuestros corredores de categoría H18 (66,53 ml/kg.min). Los valores más bajos de VO_{2max} encontrados en la literatura corresponden a los obtenidos por Ranucci, et al.⁹ en 9 miembros del equipo nacional italiano, si bien hay que tener en cuenta que en este caso se realizó una prueba máxima en cicloergómetro. Por otra parte, el mayor valor de VO₂ obtenido en nuestra muestra, 80,79 ml/kg.min, se sitúa dentro del rango aportado por Rolf, et al.¹⁰ para corredores varones del equipo nacional sueco con un tiempo de permanencia en el más alto nivel internacional de 5-15 años (75-81 ml/kg.min), encontrándose estos valores entre los más altos que aparecen en la literatura para corredores de orientación a pie.

Los corredores de orientación de alto nivel, por tanto, tienen altamente desarrollado el sistema de transporte y utilización del oxígeno. No obstante, al igual que en otras modalidades de resistencia, deben desarrollar la capacidad para mantener un alto porcentaje de VO₂ sin acúmulo progresivo de lactato en sangre. La determinación de la intensidad de esfuerzo a la cual comienza este acúmulo resulta fundamental desde el punto de vista práctico al estar íntimamente ligada al rendimiento de resistencia y a la instauración de la fatiga¹¹.

Al evaluar la transición aeróbica-anaeróbica en nuestra muestra, encontramos hallazgos típicos del deportista de resistencia, en los cuales dicha fase se sitúa entorno al 80 - 90% del VO_{2max}¹¹. Hemos encontrado un valor medio del consumo de oxígeno en porcentaje con respecto al VO_{2max} en el umbral ventilatorio 2 similar al encontrado por otros autores, que, si bien por diferentes metodologías, tratan de referirse al mismo momento metabólico. Larsson, et al.¹² considera una concentración de lactato de 4 mmol/l como representativa del máximo estado estable de lactato (OBLA) en su grupo de 10 corredores suecos de alto nivel, situándose ésta en un valor medio correspondiente al 88% del VO_{2max}, mientras que el valor medio de porcentaje de VO_{2max} en el umbral anaeróbico individual (IAT) encontrado por Smekal, et al.³ en el test sobre tapiz rodante realizado a su grupo de corredores austriacos fue de 87,7%.

El estudio de la transición aeróbica-anaeróbica resulta de particular importancia en relación al componente cognitivo en el deporte de la orientación. Las claves para un mejor rendimiento en este deporte son una excelente capacidad física y el desarrollo de habilidades mentales específicas. La necesidad de encontrar la mejor ruta entre los puntos de control y evitar los errores es muy importante para el corredor de éxito. A menudo se ha señalado como una causa de los errores en la orientación la pérdida de concentración debida a una alta carga física¹³. El efecto de la intensidad de ejercicio sobre la función mental ha sido estudiado por varios autores^{13,14}. Fach¹³ estudia el efecto de un protocolo incremental

escalonado máximo (inicio a 3m/s con incrementos de 0,3 m/s cada 4 minutos) sobre la atención visual y la capacidad de concentración en 7 corredores de orientación de élite y 7 corredores de larga distancia alemanes. Establece la intensidad de ejercicio (velocidad), FC y número de errores cometidos en el momento en que se obtiene una concentración de lactato en sangre de 4 mmol/l, así como la FC y el número de errores en escalones de 0,1 m/s por encima y por debajo de dicho punto. La relación entre la carga física y el número de errores dió lugar en ambos grupos a una función en forma de U invertida con un punto óptimo a 0,2 m/s por debajo del umbral de los 4 mmol/l en ambos grupos. Esto sugiere que en situaciones de intensidad de ejercicio muy alta las tareas mentales pueden no llevarse a cabo satisfactoriamente, mientras que a una intensidad de ejercicio moderada la ejecución de las tareas mentales puede verse optimizada¹⁴. Por tanto, para el corredor de orientación el reto consiste en ejercitarse a una intensidad tan alta como sea posible sin comprometer la rapidez y la exactitud en la toma de decisiones.

Distintos estudios que proporcionan información sobre los requerimientos fisiológicos de una carrera de orientación, demuestran que los corredores compiten a intensidades altas y próximas al umbral ventilatorio². Entre los trabajos que muestran la intensidad del esfuerzo durante una carrera de orientación a través de la respuesta de la frecuencia cardíaca encontramos el realizado por Bird, *et al.*¹⁵, que incluye en su estudio a 18 corredoras (edad 23-67 años) con un mínimo de 4 años de experiencia. La frecuencia cardíaca de las participantes fue registrada durante carreras de orientación con una duración mayor de 40 minutos para la ganadora. Cuando la frecuencia cardíaca media registrada durante la competición se expresó en términos de porcentaje de la FCMT, se observó que las mujeres compitieron a un 93% de la misma. Creagh, *et al.*¹⁶, en un grupo de 25 corredoras de élite (media de edad de 26,5 años), cuya frecuencia cardíaca fue registrada a lo largo de varios eventos de orientación, encuentra un valor medio de la misma de 172 lpm, lo que correspondió a un 88,7% de la FCMT para ese grupo de edad. Bird, *et al.*¹⁷, con el fin de investigar la influencia del terreno y la dificultad técnica de la carrera, estudia a 16 corredores, 6 mujeres y 10 hombres (edad 15-62 años), que competían en eventos de orientación durante al menos 3 años, a lo largo de tres competiciones de distinta dificultad física y técnica. Los autores concluyeron que, aunque la naturaleza física y técnica de las carreras influyó en la FC de los competidores (150 lpm de media en las más lentas y de navegación más técnica y 160 lpm de media para aquellas más rápidas y de menor dificultad técnica), todas las carreras situaron suficientes demandas físicas sobre los participantes como para elevar sus FC por encima de 140 lpm durante un periodo sustancial de las mismas.

Bird, *et al.*¹⁸ tratan de mostrar diferencias en el comportamiento de la FC en carrera en función del nivel de competición de los corredores. Para ello, estudian a 39 varones (21-67 años de edad) que dividen en tres grupos en función del nivel de competición, y cuya FC fue registrada durante dos eventos de orientación de distinta dificultad técnica y una duración mayor de 40 minutos. Los distintos grupos no difirieron en cuanto a la FC pico (175 ± 12 lpm) y la FC media (159 ± 13 lpm) hallada durante las carreras, concluyendo los autores que los corredores alcanzaron intensidades altas de esfuerzo en las tres categorías. En el caso de los corredores que realizaron previamente test de laboratorio, las FC medias alcanzadas para las carreras técnicamente fáciles y para

las técnicamente difíciles correspondieron al $87 \pm 7\%$ y al $85 \pm 6\%$ de su FCM respectivamente.

También se han encontrado en la literatura trabajos que observan otros aspectos de la fisiología de las carreras de orientación tales como la influencia de la edad y el sexo sobre la velocidad de la carrera¹⁹, encontrando que la edad parece tener poco efecto sobre la velocidad de las carreras de orientación entre los 21 y los 40 años. Sin embargo, entre las edades de 45 y 65 años, tanto los hombres como las mujeres experimentan un descenso lineal en la velocidad de la competición que es considerablemente mayor de la que normalmente se observa en otros eventos de resistencia.

Smekal, *et al.*³ añade al estudio de la frecuencia cardíaca el análisis del intercambio de gases respiratorios durante una competición de orientación. Once miembros del equipo nacional austriaco realizaron una carrera de orientación simulada, con una distancia aproximada de 9,350 m (mejor ruta elegida) y una duración media de $57,73 \pm 4,13$ min. La frecuencia cardíaca media en la carrera fue 172 lat/min ($91,2 \pm 2,5\%$ de la FCM alcanzada previamente en un test sobre tapiz rodante), y el valor medio de VO_2 obtenido fue $56,4 \pm 2,9$ ml/kg.min ($83,0 \pm 3,8\%$ del VO_{2max} conseguido en el test de laboratorio). Esta intensidad, que resultó sorprendentemente alta para los autores, teniendo en cuenta las características de la carrera en términos de ruta, vegetación bajo los pies, obstáculos y lectura del mapa, correspondió al $94,6 \pm 5,1\%$ del valor de VO_2 en el IAT establecido en el test de laboratorio. Larsson, *et al.*¹² también realiza un test sobre tapiz rodante y, posteriormente, una carrera de orientación de $4,358 \pm 152$ km y una media de $24,32 \pm 2,59$ min de duración, encontrando un valor medio de VO_2 durante la carrera correspondiente al 80% del VO_{2max} obtenido en su muestra y al 91,7% del valor de VO_2 en el OBLA, determinado previamente en el test de laboratorio.

La duración de la carrera y el mantenimiento de altas intensidades de ejercicio durante la misma, por tanto, exigen al corredor de orientación de élite una alta capacidad funcional. La determinación del consumo máximo de oxígeno y el estudio de la transición aeróbica - anaeróbica en las pruebas de esfuerzo van a permitir evaluar la capacidad funcional del deportista, mientras que el estudio de la respuesta de la FC a las distintas intensidades de trabajo hace posible llevar a cabo una transferencia del esfuerzo realizado al terreno deportivo, convirtiéndose en una herramienta fundamental para la correcta aplicación de las cargas de entrenamiento. En este sentido, el conocimiento de la FC en los umbrales ventilatorios 1 y 2, así como la intensidad del esfuerzo correspondiente a los mismos, que, como hemos visto presentan una amplia variabilidad entre los deportistas, son determinantes para la prescripción individualizada del entrenamiento. Por todo ello, la realización de pruebas de esfuerzo con monitorización cardíaca y estudio del intercambio de gases respiratorios resulta de interés para la valoración del corredor de orientación de élite, así como para adecuar el entrenamiento con el fin de optimizar el rendimiento deportivo en esta disciplina.

Futuras investigaciones con un grupo de deportistas más numeroso y que estudien otros aspectos del corredor de orientación tales como el umbral láctico o la realización de tests sobre el terreno deportivo, nos ayudarán a comprender mejor el perfil fisiológico de estos deportistas.

Conclusión

La orientación a pie es un deporte que impone unas demandas considerables sobre las capacidades cardiovasculares y metabólicas de los corredores, poniendo de manifiesto el alto nivel de condición física necesario para los corredores de élite.

Los corredores de orientación a pie presentan alta capacidad de resistencia, siendo capaces de trabajar a un porcentaje cercano a su VO_{2max} durante un tiempo prolongado.

La valoración desde el punto de vista fisiológico se considera un elemento fundamental para la elaboración de un perfil de los deportistas, evaluar su condición física y obtener datos para la prescripción individualizada del entrenamiento.

Bibliografía

1. Competition Rules for International Orienteering Federation (IOF) Foot orienteering events. Disponible en: <http://www.orienteering.org/>.
2. Davis JA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sport Exer.* 1985;17(1): 6-18.
3. Smekal G, Von Duvillard S, Pokan R, Lang K, Baron R, Tschan H, et al. Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Med Sci Sport Exer.* 2003;35(4):682-9.
4. Tzvetkov S. The reproducibility of the ventilatory anaerobic threshold determination methods among two maximal treadmill exercise protocols in elite orienteers. *Facta Universitatis. Series: Physical Education and Sport.* 2009;7(1):45-53.
5. Pablos Monzó A. *Valoración de las capacidades físicas y cognitivas en corredores de orientación de la categoría Hombres-Elite.* Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Departamento de Educación Física y Deportiva. Servicio de publicaciones. 2005.
6. Roberts AD, Rattray B, Linaker KL, Montgomery PG, Kusnani NW. Validation of a field based incremental test for performance assessment in orienteers. *Med Sci Sport Exer.* 2003;35(5) Supplement 1: S90.
7. Moser T, Gjerset A, Johansen E, Vadder L. Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Sci J. Orienteering.* 1995;11:3-30
8. Chalopin C. Physical and physiological characteristics of french orienteers. *Sci J. Orienteering.* 1994;10: 58-62
9. Ranucci M, Grassi G, Miserocchi G. Anaerobic threshold in orienteers as an index of the aerobic-anaerobic relative contributions to the total power output-A Comparison with other endurance sports. *Sci J. Orienteering.* 1986;2:124-31.
10. Rolf C, Andersson G, Westblad P, Saltin B. Aerobic and anaerobic work capacities and leg muscle characteristics in elite orienteers. *Scand J Med Sci Sports.* 1997;7(1):20-4. Abstract.
11. Chicharro JL, Aznar S, Fernández A, Lopez LM, Lucía A, Pérez M. *Transición aeróbica-anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones.* Madrid. Master Line & Prodigio; 2004;69-216.
12. Larsson P, Burlin L, Jakobsson E, Henriksson-Larsen K. Analysis of performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *J Sports Sci.* 2002;20(7):529-35.
13. Fach H. Visual attention and concentration during stepwise increased treadmill velocity in orienteers and long distance runners. *Sci J. Orienteering.* 1995;11:3-30.
14. Creagh U, Reilly T. Physiological and biomechanical aspects of orienteering. *Sports med.* 1997;24(6):409-18.
15. Bird S, George M, Balmer J, et al. Heart rate responses of women aged 23-67 years during competitive orienteering. *Br J Sports Med.* 2003;37:254-7.
16. Creagh U, Reilly T, Nevill A M. Heart rate response to "off-road" running events in female athletes. *Br J Sports Med.* 1998;32:34-8.
17. Bird S, Bailey R, Lewis J. Heart rates during competitive orienteering. *Br J Sports Med.* 1993;27:53-7.
18. Bird S, George M, Theakston S, Balmer J, Davidson RC. Heart rate responses of male orienteers aged 21-67 years during competition. *J Sports Sci.* 2003;21(3):221-8.
19. Bird S, Balmer J, Olds T, Davison RCR. Differences between the sexes and age related changes in orienteering speed. *J Sports Sci.* 2001;19:243-52.