



FACTORES DE RENDIMIENTO FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS EN DEPORTE DE ORIENTACIÓN

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL ANALYSIS OF PERFORMANCE IN ORIENTEERING

Joaquín Fidalgo Díaz

IES Mata Jove, Gijón.

Carretera de Somió 300, Chalet 16. 33203 Gijón, Asturias.

xuacufidalgo@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se ha centrado en integrar todas aquellas investigaciones relevantes para determinar los factores de rendimiento físicos y fisiológicos en deporte de orientación. Así, se ha constatado que la capacidad para correr en pendientes pronunciadas, el mantenimiento de altas velocidades de carrera en todo tipo de superficies, una alta economía de carrera, un alto valor del consumo de oxígeno máximo ($VO_{2máx}$) y un umbral anaeróbico (UAN) elevado son los mejores predictores del rendimiento físico-fisiológico en deporte de orientación.

Palabras clave: Deporte de orientación, rendimiento, físico, fisiológico.

ABSTRACT

The aim of this paper is to connect the relevant research in order to determine physical and physiological performance determinants in orienteering. At the end of this in-depth investigation, we can come to the conclusion that uphill running capacity, maintaining high paces in all surfaces, a high running economy, a great $VO_{2máx}$ and a high anaerobic threshold are the best predictors of performance in orienteering.

Key words: orienteering, performance, physical, physiological.

Recibido: 21 de marzo de 2020

. Aceptado: 8 de junio de 2020

INTRODUCCIÓN

La orientación es un deporte en el que el corredor, con la ayuda de un mapa y una brújula, debe visitar una serie de controles en el menor tiempo posible.

Se trata de un deporte muy característico ya que, a diferencia de otras modalidades, la carga cognitiva tiene una influencia en el rendimiento tan importante o más que la carga fisiológica. Determinar el peso que la parte cognitiva y la fisiológica tienen en el rendimiento es complejo debido a las múltiples variables que influyen en este deporte y a que los aspectos cognitivos han sido tradicionalmente estudiados de forma separada a los fisiológicos. Es en la actualidad cuando ya comenzamos a observar tests de campo y de laboratorio que registran ambas variables de forma simultánea.

El deporte se caracteriza por cargas discontinuas que se suceden a lo largo de una carrera de duración variable. Las carreras, que guardan algunas similitudes con los "trails" en cuanto a la parte fisiológica, alternan tramos de diferentes intensidades e incluso paradas intermitentes debido a:

- lectura del mapa y/o utilización de la brújula. La dificultad técnica del mapa influye, en gran medida, en la velocidad de carrera del orientador.
- contrastar la lectura del mapa con el terreno.
- cuidar la colocación de los pies para evitar lesiones agudas del tren inferior.
- alterna fuertes desniveles de subida y de bajada, así como tramos de carrera llanos.
- paradas para registrar el paso por las balizas.
- salvar obstáculos que nos encontramos en el terreno.
- diferentes superficies de carrera.
- diferentes espesores de vegetación.

Además, el deporte de orientación es complejo de abordar porque un mismo orientador el corredor de orientación compite en varias modalidades definidas por parámetros de rendimiento diferentes.

RESULTADOS

La investigación llevada a cabo se ha basado en evidencias científicas con el objetivo de integrar todos aquellos factores de rendimiento físicos y

fisiológicos que determinan el éxito en deporte de orientación. Este proceso es complejo debido a varias razones:

- dificultad para aislar los factores psicológicos de los físico-fisiológicos.
- poca producción científica sobre deporte de orientación.
- existencia de varias modalidades en las que compiten los orientadores, con diferencias respecto a la duración e intensidad, pero con posibilidades de rendimiento simultáneo en todas ellas.
- contradicciones encontradas en diferentes estudios.

El punto de partida lo situamos en los estudios de Kolb, Sobotka y Werner (1987), que fueron los primeros en establecer un modelo para determinar los factores de rendimiento en deporte de orientación, dividiéndolos en tres bloques diferenciados, con los siguientes porcentajes:

- condición física, 46%.
- tareas cognitivas de orientación, 46%.
- adaptación técnica al terreno donde se corre, 8%.

Este modelo presentaba limitaciones. No incluía factores psicológicos (concentración, motivación, ansiedad...) y no tenía en cuenta que en terrenos sencillos técnicamente el componente fisiológico es mayor, mientras que en terrenos complejos primaba más el cognitivo. Aún así, y aunque hoy en día disponemos de muchos más datos para corregir este modelo, supuso un punto de partida para la investigación en deporte de orientación.

Hébert-Losier, Jensen, Mourot y Holmberg (2014) relacionaron 5 factores estudiados de forma aislada por otros autores, considerados como relevantes para alcanzar el éxito deportivo en orientación:

- alto desarrollo de la percepción y de la inteligencia espacial.
- eficiencia para la lectura del mapa.
- procesamiento cognitivo avanzado.
- valores muy altos de potencia aeróbica.
- gran capacidad para correr en pendientes pronunciadas.

Smekal et al. (2003) descubrieron una correlación significativa entre la capacidad de resistencia del atleta y el tiempo de carrera, lo que, apoyado por otros datos, resalta la carga fisiológica, además de la cognitiva, de este deporte.

A día de hoy existe un vacío en cuanto a la definición de aquellos factores de rendimiento físicos y fisiológicos que determinan el éxito en el deporte de orientación. Este hecho imposibilita la existencia de una referencia

básica para que los entrenadores puedan planificar y programar los contenidos de entrenamiento de manera fiable.

A continuación, se resumen los principales hechos probados en deporte de orientación:

En primer lugar, resaltamos la importancia de la capacidad para superar desniveles en carrera. En campeonatos del mundo, Zürcher et al. (2005) registraron pendientes de hasta el 35% y Hébert-Losier et al. (2015) desniveles acumulados en torno a 73, 236 y 681 metros (Sprint, Media y Larga).

Aunque Moser et al. (1995) fijaban en un 15% el porcentaje de pendiente en el que el VO_2 comienza a elevarse de forma significativa, otros autores como Creagh y Reilly (1997) y Lauenstein et al. (2013) concluyeron en sus estudios que la capacidad de correr en pendientes entre un 20-25% era una de las claves para obtener resultados en orientación. A falta de estudios que valoren el rendimiento del corredor de élite en todos los rangos de inclinación de la pendiente, se asume el 20-25% como la franja en la que éste es más efectivo.

Otro de los factores que se presupone como determinante es la velocidad de carrera que el orientador puede mantener en diferentes superficies.

Creagh y Reilly (1997) y Jensen et al. (2002) observaron que la carrera en el bosque conlleva un coste energético un 26% mayor que en asfalto y que el VO_2 se situaba en el 88% respecto al $VO_{2m\acute{a}x}$. Larsson et al. (2002) obtuvo economías de carrera de 335 ml/kg/km de media al correr en terrenos que incluían ascensos y descensos, terreno abierto, bosque y zona pantanosa.

Jensen et al. (1994) comprobó la capacidad de los orientadores de élite para correr por senderos, sin diferencias significativas con la carrera por asfalto (210 vs 211 ml/kg/kg), diferencias que sí observó al hacerlo por campo abierto y terreno con vegetación densa (290 y 362 ml/kg/km).

Reconocida la dificultad para correr por diferentes superficies, leyendo el mapa a la vez que colocamos los pies para adaptarnos al terreno irregular e incluso salvando obstáculos, ¿qué capacidad muestran los deportistas de élite para adaptarse a estos terrenos?

Jensen et al. (1994), que no observó diferencias significativas entre los élite y los sub-élite al correr por tapiz rodante o sendero, sí lo hizo al correr fuera de los senderos, obteniendo una economía de carrera un 5% mejor en los élite. Por un lado, Hébert-Losier et al. (2014) confirmó que la velocidad de carrera de los orientadores de élite en el bosque, respecto a la conseguida en asfalto, disminuye significativamente en menor medida que los amateurs. Por otro lado, comprobó que los corredores de

élite eran capaces de conseguirlo con un gasto energético significativamente menor, mostrando grandes diferencias en cuanto a la economía de carrera, incluso en tapiz rodante. Esta diferencia observada en tapiz rodante se contrapone a los resultados obtenidos por Jensen et al. (1994).

Así, podemos deducir que la carrera en el bosque, con vegetación y obstáculos, con pendientes entre el 20-25% y a velocidades máximas y sub-máximas son las condiciones en las que las diferencias son más significativas aún entre los élite y los sub-élite. Mantener en estas condiciones una alta velocidad de carrera con un consumo de energía reducido será, por tanto, otra de las claves para el éxito en orientación.

En deporte de orientación los corredores han mostrado valores altos de $VO_{2máx}$ a lo largo de la historia, consecuencia de las altas demandas de potencia aeróbica puntuales que exige este deporte. En este apartado se observan diferencias significativas entre aquellos orientadores que ocupan los primeros puestos del ranking mundial y los que limitan su rendimiento al ámbito nacional.

También se han observado UAN elevados respecto al $VO_{2máx}$ ya que la capacidad aeróbica va a determinar la velocidad que el orientador puede llevar en carrera y porque, según los estudios de Larsson et al. (2002) y Cheshikhina (1993), va a ser un factor determinante para cometer menos errores en cuanto a la toma de decisiones.

Moser et al. (1995), Gjerset et al (1997) y Larsson et al. (2002) observaron correlaciones significativas entre estos parámetros respiratorios y el rendimiento en orientación.

Larsson et al. (2002) y Smekal et al. (2003) concluyeron que durante las carreras de larga y media distancia el orientador está lejos de la máxima intensidad de carrera con gran protagonismo del metabolismo aeróbico y un pequeño acúmulo de periodos de alta intensidad que no afecta a los generales de energía. La experiencia del corredor también le hace regular sus esfuerzos para no sobrepasar el UAN.

Los estudios basados en el análisis del intercambio de gases respiratorios han resultado más fiables a la hora de sacar conclusiones que los datos relativos a la FC y a la concentración de lactato. Estos dos últimos parámetros, aunque presentan estudios contradictorios, concluyen algunos datos relevantes para nuestra investigación.

Peck (1990), tras el registro de la FC en deporte de orientación, demostró el carácter discontinuo de la carga competitiva, con periodos en los que se compite cerca del UAN e incluso por encima. Lo mismo que Smekal et al. (2003), que observaron FC medias de 172 lat/min (al 91% del máximo), ligeramente inferior al UAN registrado en condiciones de laboratorio (92% de la $FC_{máx}$) y máximas de 185 lat/min (al 98% del

máximo). Larsson et al. (2002) se situaron en la misma línea, registrando una FC_{media} a un 92% respecto a la máxima.

Estos estudios contradicen los datos obtenidos con el registro del VO_2 , que nos indicaban que la intensidad de carrera era sensiblemente inferior al UAN.

Hébert-Losier et al. (2014) demostraron en su estudio que, a la misma velocidad, los corredores de élite mantienen significativamente la FC más baja que los amateurs.

Karppinen y Laukkanen (1994) resaltaron los múltiples factores que pueden variar la evolución de la FC durante el esfuerzo, por lo que este dato debe ser interpretado con cautela. Aún así pudieron concluir el comportamiento similar de las gráficas de FC y del desnivel superado, poniendo de manifiesto las anteriores afirmaciones sobre la capacidad de los orientadores para superar desniveles.

Por su parte, los resultados de los estudios relativos al ácido láctico, como afirmaron Moser et al. (1995) y Smekal et al. (2003), sobreestimaban de forma considerable la intensidad real de carrera. Ejemplos de valores medios de lactato de 8 mmol/l y otros estudios que lo situaban entre 5,5 y 12 mmol/l, cuando había datos concluyentes de que no se sobrepasaban valores de CR de 0,96, son muestras inequívocas de la inexactitud de algunos estudios.

Por lo tanto, en cuanto a las concentraciones de lactato, más que los datos absolutos, se han valorado otros datos que se desprenden de las investigaciones. Dresel (1985), detalló la evolución de la concentración de lactato relacionándola con la complejidad física-técnica de la carrera, obteniendo valores entre 4,4-6,7 mmol/l en la zona sencilla del mapa y entre 3,6-4,6 mmol/l en la zona más compleja.

Gjerset et al. (1997) y Moser et al. (1995) compararon los valores de lactato entre una carrera de orientación y el mismo circuito realizado en "modo cross" (sin tareas cognitivas) obteniendo concentraciones hasta un 16 y un 39% más altas durante la segunda prueba, lo que pone de manifiesto una intensidad de carrera mucho más baja debido al tiempo dedicado para las tareas de orientación.

Ladyga et al. (2000), integrando y corrigiendo ligeramente los datos estudiados hasta aquel entonces, concluyó que, en la distancia larga, el atleta se movía en torno al 90% de la $FC_{máx}$, entre el 85-90% del $VO_{2máx}$ y en valores ligeramente por debajo de los 4 mmol/l.

Estos datos no se pueden hacer extensibles a la modalidad Sprint, donde la intensidad de carrera es significativamente mayor debido al menor tiempo de carrera y a que las tareas de orientación son más sencillas,

permitiendo un menor tiempo de contacto visual con el mapa. Gjerset et al. (1997) observaron una alta correlación ($r=0,92$), entre el rendimiento entre una carrera de cross y una de modalidad sprint, lo que nos lleva a pensar que en estas carreras la capacidad física es más determinante que la capacidad cognitiva. El estudio de Karppinen y Laukkanen (1994) está en la misma línea, al haber comparado el rendimiento del mismo orientador en una prueba Sprint y en otra Larga. En la prueba larga la FC se movió entre 183 y 192 lat/min, mientras que en la corta entre 148 y 187 lat/min.

Para ahondar más en la discusión se ha estudiado el rendimiento simultáneo en las tres modalidades durante los WOC y, aunque los esfuerzos son diferentes, hasta 8 deportistas han sido capaces de ocupar los 5 primeros puestos en las tres pruebas en el mismo año. Este hecho resalta la carga cognitiva del deporte pero también la relevancia de los sistemas aeróbicos de obtención de energía para obtener el rendimiento.

Por otro lado, pocos estudios han abordado la influencia del estado muscular o de las ganancias de fuerza sobre el rendimiento. Los datos obtenidos no han mostrado diferencias significativas o simplemente han ofrecido correlaciones que no nos permiten establecer relaciones causa-efecto entre ellas.

Tan sólo podemos apoyarnos en indicios que ofrecen los autores, como Larsson et al. (2002), que concluyeron que en deporte de orientación, cuando corremos por el bosque, el trabajo muscular es mayor y los requerimientos energéticos son mayores que cuando corremos por asfalto. Por ello, se cree que aquellos orientadores que tengan mayor masa muscular tendrán una ventaja sobre los menos musculados.

Por otra parte, Pablos (2005) no encontró diferencias significativas en el porcentaje del índice elástico entre orientadores élite internacional y élite nacional. Es más, los élite nacional presentaban mayores valores, lo que añade cierta confusión al respecto.

Aún así, podemos observar una mayor masa muscular en el tren inferior de los orientadores respecto a los corredores de fondo, posiblemente debido a:

- mayor número de entrenamientos encaminados a aumentar la fuerza.
- competición en terrenos desnivelados, con mayor contribución muscular para llevar a cabo contracciones concéntricas y excéntricas intensas.
- superficies de carrera que conllevan mayor tiempo de contacto en el suelo y mayores ángulos de flexión.
- necesidad de impulso para superar obstáculos (troncos caídos, vallas, surcos, cursos de agua, etc.).
- necesidad de mejora de la economía de carrera.

- importancia en la prevención de lesiones.

Aún cuando consideramos que las necesidades de fuerza son mayores en deporte de orientación que en otras modalidades de carrera a pie, no tenemos datos suficientes para afirmar cuál es la contribución real de esta capacidad al rendimiento.

En cuanto a la antropometría, los orientadores élite masculino suelen superar los 180 cm de altura. Además, su IMC suele oscilar entre 20 y 22, un indicador de la necesidad de mantener baja la relación peso/altura.

En cuanto a la edad de máximo rendimiento en deporte de orientación, Hébert-Losier et al. (2015) se ocuparon de estudiar la edad de máximo rendimiento en orientación deportiva durante 8 WOC (tabla 1). Observaron cierta similitud entre las modalidades Media y Larga, al tiempo que en Sprint el rendimiento se alcanza en edades más tempranas, debido a los esfuerzos más intensos y más cortos que acontecen en esta disciplina.

Tabla 1

Edad (años) de los vencedores de cada categoría durante los WOC entre 2006 y 2013. Modificado de Hébert-Losier et al. (2015)

Sprint		Media		Larga	
Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
26, 6 ± 3,9	28, 4 ± 8,2	28, 4 ± 3.1	30, 9 ± 7,0	28, 3 ± 2,5	30, 7 ± 6,1

Asumiendo la diferencia de intensidad que hay entre las modalidades Sprint, Media y Larga, en este estudio se ha demostrado como el rendimiento simultáneo en las 3 pruebas es posible. 8 orientadores (seis mujeres y dos hombres), en 19 campeonatos del mundo, han conseguido finalizar en el mismo año en los 5 primeros puestos de las 3 modalidades (tabla 2). Esto pone de manifiesto dos hechos:

- aunque existen diferencias en cuanto a las demandas fisiológicas que requiere cada modalidad, el protagonismo de los sistemas aeróbicos de obtención de energía es incontestable.
- aquellos orientadores con un rendimiento cognitivo superior tienen una gran ventaja, obteniendo el éxito en aquellas modalidades para las que puede que fisiológicamente no sean los más dotados.

Tabla 2

Deportistas que han conseguido un puesto igual o inferior al 5° en el mismo año en el Campeonato del Mundo de Orientación. Datos a partir de 2001 (primer año donde se celebran las 3 modalidades).

Deportista	WOC y puesto (Larga, Media y Sprint)
Simone Nigli	2001 (1°, 4° y 3°); 2003 (1°, 1° y 1°); 2005 (1°, 1° y 1°); 2006 (1°, 1° y 2°); 2007 (3°, 1° y 1°), 2009 (1°, 3° y 3°); 2010 (1°, 2° y 1°); 2012 (1°, 5° y 1°) y 2013 (1°, 1° y 1°).
Reeta Kolkkala	2001 (3°, 5° y 5°).
Minna Kauppi	2007 (1°, 4° y 2°) y 2010 (5°, 1° y 4°).
Marianne Andersen	2007 (5°, 3° y 5°) y 2010 (2°, 3° y 3°).
Helena Jansson	2010 (4°, 4° y 2°).
Tove Alexandersson	2014 (2°, 3° y 2°).
Daniel Hubmann	2008 (1°, 4° y 2°); 2009 (1°, 2° y 3°) y 2016 (3°, 3° y 3°)
Matthias Kyburz	2014 (5°, 5° y 5°)

Resultados específicos para la modalidad Sprint. La mayoría de estudios científicos se han llevado a cabo sobre las distancias medias y largas debido a que el entrenamiento de los orientadores de élite incluye, en un porcentaje muy alto, entrenamientos dirigidos a mejorar las capacidades más involucradas en estas modalidades. Esto puede deberse a dos razones:

- el trabajo técnico desarrollado en larga y media distancia cubre gran parte de las necesidades de la modalidad sprint, aunque comprobaremos que no todas.
- las competiciones celebradas durante la temporada, porcentualmente, se concentran en distancias medias y largas.

En la categoría sprint, la intensidad de carrera es mucho más alta por dos razones:

- menor tiempo de carrera (entre y 12-15 min).
- tareas de orientación simples que permiten dedicar menos tiempo a la lectura del mapa y a la toma de decisiones. Los tramos de orientación sencillos van a aumentar la implicación de los sistemas anaeróbicos de obtención de energía. El rendimiento en carrera estará, por tanto, más determinado por la condición física. Este hecho abre la posibilidad de rendimiento, como se ha visto en varios WOC, a deportistas que no alcanzan un alto nivel técnico pero que sí están dotados o centran su entrenamiento en correr a alta velocidad durante 12-15 minutos.

Aunque el metabolismo aeróbico es el predominante en este tipo de esfuerzos hay momentos de la prueba en los que el orientador alcanza una intensidad muy alta de carrera, claramente por encima del UAN, con gran implicación del sistema anaeróbico de producción de energía.

CONCLUSIONES

A partir de la integración de todos los datos que hemos analizado se puede concluir que los factores físico-fisiológicos que permiten al deportista mejorar su rendimiento en deporte de orientación son los siguientes:

- ser capaz de correr en pendientes pronunciadas, entre el 20-25%.
- no sufrir un descenso muy acusado de la velocidad de carrera cuando corremos por diferentes terrenos y superficies.
- lograr una alta economía de carrera que permita mantener el ritmo de competición con el menor gasto energético posible.
- desarrollar valores altos de $VO_{2máx}$ para que el deportista alcance una potencia aeróbica elevada.
- situar el UAN a un porcentaje alto, entre el 85-90% del $VO_{2máx}$, para que la capacidad aeróbica del deportista le permita mantener ritmos de carrera elevados.

Así, una vez definidos estos factores, aquellos entrenadores y preparadores físicos que así lo deseen, tendrán a su disposición una base fiable sobre la cual apoyarse a la hora de planificar y programar sus contenidos de entrenamiento en deporte de orientación.

Planificación que experimentará un gran cambio a partir del año 2019 ya que los WOC se organizarán de forma diferente, celebrándose un año los de distancia larga (años impares) y al siguiente los de modalidad sprint

(años pares). Este hecho modificará los ciclos anuales de entrenamiento, incluyendo contenidos más específicos y menos globales para mejorar el rendimiento en esta modalidad.

REFERENCIAS

- Adams, D. Saltin, B. (1980). Physical work capacity in orienteering. *International Orienteering Federation Report, 2*, 9-11.
- Chalopin, C. (1994). Physical and physiological characteristics of french orienteers. *Scientific Journal of Orienteering, 10*, 58-62.
- Cheshikhina, V. (1993). Relationship between running speed and cognitive processes in orienteering, two empirical studies. *Scientific Journal of Orienteering, 9*, 49-59.
- International Orienteering Federation (IOF) 2017, Competition rules for International Orienteering Federation foot orienteering events. Recuperado el 15 de junio de 2017 de <http://www.orienteering.org>.
- Creagh, U. Reilly, T. (1997). Physiological and biomechanical aspects of orienteering. *Sports Medicine, 24*(6), 409-418.
- Dresel, U. (1985). Lactate acidosis with different stages in the cours of a competitive orienteering performance. *Scientific Journal of Orienteering, 1*, 4-13.
- Gjerset, A. Johansen, E. Moser, T. (1997). Aerobic and anaerobic demands in short distance orienteering. *Scientific Journal of Orienteering, 13*, 4-25.
- Hébert-Losier, K. Jensen, K. Mourot, L. Holmberg, H. C. (2014). The influence of surface on the running velocities of elite and amateur athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 24*(6), 448-455.
- Hébert-Losier, K. Mourot, L. Holmberg, H. C. (2015). Elite and amateur orienteers' running biomechanics on three surfaces at three speeds. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 47*(2), 381-389.
- Hébert-Losier, K. Platt, S. Hopkins, W. (2015). Sources of variability in performance times at the World Orienteering Championships. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 47*(7), 1523-1529.
- Held, T. Müller, I. (1997). Endurance capacity in orienteering - New field test vs. laboratory test. *Scientific Journal of Orienteering, 13*, 26-37.
- Jensen, K. Franch, J. Kärkkäinen, O. Madsen, K. (1994). Field measurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country

running using telemetry. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 4(4), 234-238.

Jensen, K. Johansen, L. Kärkkäinen, O. (1999). Economy in track runners and orienteers during path and terrain running. *Journal of Sports Sciences*, 17(12), 945-950.

Johansson, C. Gerdle, B. Lorentzon, R. Rasmuson, S. Reiz, S. Fugii-Meyer, A. (1987). Fatigue and endurance of lower extremity muscles in relation to running velocity at OBLA in male orienteers. *Acta Physiologica Scandinavica*, 131(4), 203-209.

Karppinen, T. Laukkanen, R. (1994). Heart rate analysis in orienteering training and competitions before and during WOC 1993. *Scientific Journal of Orienteering*, 10, 63-77.

Kolb, H. Sobotka, R. Werner, R. (1987). A model of performance-determining components in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*, 3, 71-81.

Ladyga, M. Faff, J. Starczewska-Czapowska, J. Jarosiński, S. (2000). Physical fitness of the elite orienteers from the polish national team in the period from 1993 to 1998, *Biology of Sport*. 17(1), 25-35.

Ladyga, M. Faff, J. Starczewska-Czapowska, J. Jarosiński, S. (2004). Development of the aerobic fitness in elite young orienteers. *Biology of sport*, 21(2), 105-120.

Larsson, P. Burlin, L. Jakobsson, E. Henriksson-Larsén, K. (2002). Analysis of performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *Journal of Sports Sciences*, 20, 529-535.

Lauenstein, S. Wehrin, J. P. Bernard, M. (2013). Differences in horizontal vs. uphill running performance in male and female Swiss world-class orienteers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 2952-2958.

Minetti, A. Moia, C. Roi, G. Susta, D. Ferreti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of Applied Physiology*, 93(3), 1039-1046.

Moser, T. Gjerset A. Johansen E. Vadder, L. (1995). Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*, 11, 3-30.

Nilsson, J. Gjerset, A. Johansen, E. Lund, M. (2014). Speed adaptation in cycle duration and EMG during running at different terrain and ground conditions. *Lase Journal of Sport Science*, 5(1), 3-8.

Pablos, A. (2005). *Valoración de las capacidades físicas y cognitivas en corredores de orientación de la categoría hombres-élite*. (Tesis doctoral inédita). Departamento de Educación Física y Deportiva. Universitat de Valencia.

Peck, G. (1990). Measuring heartrate as an indicator of physiological stress in relation to orienteering performace. *Scientific Journal of Orienteering*, 6, 26-42.

Ranucci, M. Grassi, G. Miserocchi, G. (1986). Anaerobic threshold in orienteers as an index of the aerobic-anaerobic relative contributions to the total power output - a comparison with other endurance sports. *Scientific Journal of Orienteering*, 2, 124-133.

Rattray, B. Roberts, A. (2012). Athlete assessments in orienteering: differences in physiological variables between field and laboratory settings. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 293-300.

Rolf, C. Andersson, G. Westblad, P. Saltin, B. (1997). Aerobic and anaerobic work capacities and leg muscle characteristics in elite orienteers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 7(1), 20-24.

Sainz, L. Rabadán, M. (2013). Valoración de la condición aeróbica del corredor de orientación a pie de alto nivel español. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30(6), 359-364.

Scarf, P. (1998). Route choice and an empirical basis for the equivalence between climb and distance. *Scientific Journal of Orienteering*, 14, 23-30.

Seiler, R. (1986). Scientific research in orienteering – the state of the art. *Scientific Journal of Orienteering*, 2, 5-18.

Smekal, G. Von Duvillard, S. Pokan, R. Lang, K. Baron, R. Tschan, H. Hofmann, P. Bachl, N. (2003). Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 682-89.

Tønnessen, E. Svendsen, I, Rønnestad, B. Hisdal, J. Haugen, T. A. Seiler, S. (2015). The annual training periodization of 8 world champions in orienteering. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 29-38.

Tzvetkov, S. (2009). 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*, 7(1), 45-53.

World of Orienteering (World of O). (2017). WOC results archive. Recuperado el 25 de junio de 2015 de <http://www.worldofo.com>.

Zürcher, S. Clénin, G. Marti, B. (2005). Uphill running capacity in Swiss elite orienteers. *Scientific Journal of Orienteering*, 16, 4-11.

Zürcher, S. Tschopp, M. Clénin, C. Marti, B. (2006). Physiological equivalence of horizontal vs. uphill running: findings from junior and adult class orienteers. 11th annual Congress of the European College of Sport Science. Swiss Federal Institute of Sport, Magglingen, Switzerland.

MUSEO DEL JUEGO