



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Respuesta de la frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno de atletas varones en competiciones de duatlón sprint

Mauro Ronconi y José Ramón Alvero-Cruz*

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte, Departamento de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva, Facultad de Medicina, Universidad de Málaga, Málaga, España

Recibido el 19 de diciembre de 2010; aceptado el 17 de febrero de 2011

Disponible en Internet el 20 de octubre de 2011

PALABRAS CLAVE

Carga;
Duatlon;
Frecuencia cardiaca;
Consumo de oxígeno

Resumen El objetivo del estudio es describir los porcentajes de carga de la frecuencia cardiaca y del consumo de oxígeno que alcanzan los atletas en competiciones de duatlón en modalidad sprint (5 km de carrera, 20 km en bicicleta y 2,5 km de carrera = C1-BK-C2). Para el estudio fueron recogidos datos fisiológicos en cinco competiciones de duatlón en modalidad sprint muy similares en altitud y terreno. Diez atletas varones, elegidos entre duatletas de alto nivel nacional, participaron en el estudio. Durante las competiciones se obtuvieron registros continuos de la frecuencia cardiaca y sucesivamente, en el laboratorio, mediante dos valoraciones ergoespirométricas de carácter máximo, una en banda rodante y otra en cicloergómetro, se comprobaron los valores fisiológicos de referencia de cada deportista. Los resultados evidencian que los atletas emplean un porcentaje de carga de frecuencia cardiaca muy similar en los tres tramos de competición, con C1: $94,63 \pm 3\%$; BK: $94,50 \pm 2,94\%$ y C2: $92,71 \pm 3,54\%$.

Los niveles de consumo de oxígeno fueron estimados mediante regresión lineal, a partir de los valores de frecuencia cardiaca-consumo de oxígeno de la prueba de esfuerzo, evidenciándose en los tres segmentos de carrera de C1: $89,70 \pm 6,11\%$; BK: $85,73 \pm 6,89\%$; C2: $87,30 \pm 8,67\%$. El menor valor del porcentaje de VO_2 del tramo en BK con respecto a C1 y C2 ($p < 0,01$) podría estar justificado por una menor utilización del total de masa muscular y, por tanto, un menor gasto energético. El estudio evidencia que en competiciones de duatlón en modalidad sprint el porcentaje de carga de la frecuencia cardiaca está entre el 92 y el 95% de la frecuencia cardiaca máxima, y el consumo de oxígeno, entre el 85 y el 89% del VO_{2max} , confirmándose unos altos niveles de la potencia aeróbica máxima y de la frecuencia cardiaca y considerándolos como parámetros de referencia para la utilización de cargas de entrenamiento deportivo tanto de tipo continuo, continuo variable e interválico extensivo largo, en esta modalidad deportiva.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alvero@uma.es (J.R. Alvero-Cruz).

KEYWORDS

Training load;
Duathlon;
Heart rate;
Oxygen uptake

Heart rate and oxygen uptake responses in male athletes in duathlon sprint competitions

Abstract The aim of this study is to describe the percentages loads of heart rate and oxygen consumption achieved by athletes in duathlon sprint competitions (5 km run, 20 km bike and 2.5 km run = C1-BK-C2) For the study, the physiological data were collected from five duathlon sprint competitions very similar in altitude and terrain. Ten male athletes, chosen from high national level duathletes, participated in the study. Continuous recordings of heart rate were obtained during competitions and subsequently in the laboratory where they were tested by two maximal graded exercise tests, one on a treadmill and another on a cycle ergometer, to obtain physiological reference values for each athlete. The results show that athletes had a very similar percentage of heart rate in the three competition sectors, with C1: $94.63\% \pm 3\%$; BK: $94.50\% \pm 2.94\%$ and C2: $92.71\% \pm 3.54\%$.

The oxygen consumption levels were estimated as a dependent variable by linear regression, from heart rate and oxygen consumption values of the effort test, showing a similar values in three segments (C1: $89.70\% \pm 6.11\%$; BK: $85.73\% \pm 6.89\%$, C2: $87.30\% \pm 8.67\%$). The lowest $VO_{2\max}$ of BK with respect to C1 and C2 ($p < .01$) could be justified by lower use of total muscle mass and therefore a lower energy expenditure. The study showed that in sprint duathlon competitions the per cent load of the heart rate range between 92% and 95% of maximal heart rate and oxygen consumption between 85% and 89% of $VO_{2\max}$, confirming high levels of maximal aerobic power and heart rate. These data being considered as a reference for the use of sports training loads in continuous, variable continuous, and long interval extended types of sport.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El duatlón es un deporte con un importante componente aeróbico en el cual los atletas compiten de forma secuencial en tres segmentos: carrera (C1), bicicleta (BK) y carrera (C2). El primer tramo de competición es lo que lo diferencia del triatlón; así, por reglamento, en lugar de la natación hay un primer tramo de carrera exactamente doble en kilometraje del segundo tramo de carrera. La casi totalidad de atletas del duatlón, aparte de muy pocas excepciones, son triatletas que durante el periodo invernal se dedican a esta disciplina en diferentes modalidades: sprint (5 km-20 km-2,5 km), olímpica (10 km-40 km-5 km) y media (14 km-60 km-7 km) y larga distancia, incluyendo la modalidad Ironman.

Los segmentos o sectores que constituyen el duatlón son considerados manifestaciones deportivas cíclicas y constituyen una sucesión de movimientos repetitivos a lo largo de un periodo de tiempo que va desde los 80-100 min hasta los 100-150 min, para los de tipo corto (sprint) o largos (olímpico). Dadas las características de esta disciplina, la capacidad de rendimiento del atleta está determinada por la capacidad y por la potencia aeróbica del atleta en porcentajes de alta intensidad. A fin de optimizar y mejorar la economía de movimiento, con el entrenamiento del duatleta, además de dominar las técnicas de las distintas disciplinas, debe alcanzar una gran capacidad aeróbica, desarrollando capacidades fisiológicas necesarias para mantener una tasa metabólica aeróbica elevada durante el esfuerzo¹. Como resultado de varios estudios se evidencia que los triatletas muestran el umbral anaeróbico en porcentajes relativos al $VO_{2\max}$ similares a los especialistas en

cada una de las disciplinas que componen el duatlón <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Ironmantriathlonkona.jpg> y muy altos. De relevante importancia en el duatlón, como en todos los deportes aeróbicos, es el elevado nivel de consumo de oxígeno con que se realiza la competición. La importancia del $VO_{2\max}$ en deportes aeróbicos está demostrada con los datos publicados de varios autores, evidenciándose que los triatletas de nivel internacional poseen consumos de oxígeno alrededor de 75-80 ml/kg/min en la modalidad olímpica y que un triatleta con un consumo máximo de oxígeno inferior a 50 ml/kg/min difícilmente podrá obtener rendimientos en este deporte.

Son varios los estudios que analizan el consumo de oxígeno en cada segmento por separado, utilizando test específicos, y al comparar estos valores con los de nadadores, ciclistas y corredores se observa que no existen grandes diferencias con los triatletas, a pesar del menor volumen de entrenamiento aplicado en cada modalidad^{2,3}.

Otra variable de gran importancia en los deportes de resistencia como el duatlón es la frecuencia cardiaca, y algunos autores describen que la frecuencia cardiaca relativa al $VO_{2\max}$ es un buen indicador de la carga de entrenamiento cuando se utilizan grandes masas musculares, como es el ciclismo y la carrera; sin duda, la relación existente entre estos dos parámetros es un factor que hay que tener en cuenta en la planificación del entrenamiento⁴. Las referencias internacionales se ocupan principalmente del triatlón, y es muy difícil encontrar estudios específicos sobre el duatlón, y en particular en su modalidad sprint.

El objetivo del presente estudio es describir qué niveles de intensidad de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno desarrollan estos atletas en competiciones de duatlón

en modalidad sprint. Otro objetivo es comparar estos valores de la competición con los obtenidos en pruebas máximas de laboratorio, tanto en banda rodante como en cicloergómetro, considerados como referencia para la planificación del entrenamiento.

Método

Aproximación experimental al problema

Los atletas que participaron en el estudio fueron elegidos entre duatletas de nivel nacional, según los resultados de competiciones oficiales. Se recogieron registros de frecuencia cardiaca durante cinco competiciones oficiales de duatlón en modalidad sprint: 5 km (carrera 1) - 20 km (bicicleta) - 2,5 km (carrera 2), desarrollándose dichas competiciones en tramos urbanos e interurbanos y con desniveles que no superaron los 50-100 m y con terrenos asfaltados y muy similares entre las cinco competiciones. Estos datos sirvieron para diseñar un protocolo de evaluación fisiológica en el laboratorio con el objetivo de reproducir y simular con posterioridad una competición de duatlón sprint tanto en niveles de intensidad como en duración.

Sujetos

Diez duatletas varones de las categorías junior y sénior participaron en el estudio de forma voluntaria, y tras conocer los objetivos del mismo firmaron el consentimiento informado. Todos los sujetos estaban familiarizados con los diversos procedimientos de laboratorio, pues ya habían sido objeto de anteriores valoraciones de su condición fisiológica. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Medicina de Málaga, y los estándares y métodos empleados se ajustaron a los procedimientos éticos de la Declaración de Helsinki de la World Medical Association (1964 y ediciones posteriores; <<http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>>).

Recogida de datos de campo

Durante las 5 competiciones se recogieron, mediante pulsómetros (Polar 610i, Polar Electro OY, Finlandia), las frecuencias cardiacas de los atletas, que se analizaron con el programa Polar Precision Performance SW, junto a los registros de competición oficiales, obteniéndose valores de frecuencia cardiaca mínima, media y máxima de cada sector de la competición.

Protocolos de valoración en el laboratorio

Antropometría

Se procedió a la recogida de variables antropométricas por los procedimientos metodológicos de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)⁵. La estimación de la masa grasa se realizó mediante el sumatorio de 6 pliegues y la ecuación de Withers⁶, y la masa muscular esquelética, a partir de la ecuación de Lee⁷, todo ello basándose a las recomendaciones del documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte, para la estimación de

la composición corporal⁸. Igualmente se estimaron los tres componentes del somatotipo antropométrico mediante la metodología antropométrica de Heath-Carter⁹.

Valoración de la potencia aeróbica en el laboratorio

Con una sesión de diferencia de frecuencia cardiaca en las condiciones de descanso y nutrición y a la misma hora del día, se realizaron dos valoraciones funcionales de carácter máximo, una en banda rodante y otra en cicloergómetro, para la obtención de valores fisiológicos de referencia de cada deportista. En una banda rodante (Power Jog J series) se utilizó un protocolo con inicio a 6 km/h y aumento de 1 km/h/min hasta el agotamiento, tras un calentamiento de 5 min a 5 km/h y manteniéndose una pendiente constante del 1%. En el cicloergómetro mecánico (Monark Ergonomic 828 E) se utilizó un protocolo de inicio a 60 vatios, con aumento de 30 vatios/min hasta el agotamiento, tras un calentamiento de 5 min con una carga de 50 vatios. Para el análisis de los gases espirados se utilizó un equipo de Diagnóstico Cardiopulmonar de Esfuerzo, MedGraphics CPX/D (St Paul, Minnesota, EE. UU.) y procesamiento de datos mediante el programa Breeze Suite 6.1 A. Se controlaron los parámetros ambientales según la normativa ICSSPE, con un grado de humedad de 60% y temperatura ambiente entre 22 y 24 °C.

Estimación del VO₂ en competición

La estimación de los valores de consumo de oxígeno se realizó a partir de las ecuaciones de regresión lineal obtenidas para cada individuo entre el VO₂ como variable dependiente y la frecuencia cardiaca obtenida en cada escalón de esfuerzo, como variable independiente. Todos los coeficientes de correlación de Pearson superaron el valor de 0,97 ($p < 0,001$).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS versión 11.5 (SPSS Inc., Chicago, EE. UU.). Los resultados se presentaron como media \pm desviación estándar y se comprobó la distribución de la muestra mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó el análisis de la varianza de una vía (ANOVA) para determinar las diferencias entre grupos (C1-BK-C2). Antes del análisis ANOVA se realizó el test de Levene para comprobar la igualdad de variancias y aplicando con posterioridad el test de Student-Newman-Keuls para la comparación de subgrupos. Para la asociación de variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y la utilización de ecuaciones de regresión generadas. El valor de significación aceptado fue de $p < 0,05$.

Resultados

Los valores antropométricos básicos y de composición corporal se presentan en la [tabla 1](#).

Los porcentajes de frecuencia cardiaca con respecto a la frecuencia cardiaca máxima obtenida en laboratorio, en los tres segmentos, se hallan entre valores del 92,7 y 94,6%, y los porcentajes de consumo de oxígeno, entre el 85,7 y el 89,7%, sin presentar entre ellos diferencias significativas. Los valores de frecuencia cardiaca media entre segmentos

Tabla 1 Medidas antropométricas y de composición corporal

VARIABLES	Media	DE	IC del 95%
Edad (años)	24,80	6,8	19,92-29,67
Peso (kg)	67,12	8,1	61,34-72,89
Talla (cm)	174,39	6,8	169,50-179,28
Índice de masa corporal (kg/m ²)	22,02	1,7	20,82-23,21
Sumatorio de 4 pliegues	29,07	7,8	22,55-35,59
Sumatorio de 6 pliegues	42,42	9,8	34,19-50,65
Sumatorio de 8 pliegues	52,24	13,3	41,12-63,35
Masa grasa (kg)	5,96	1,72	4,53-7,40
Masa grasa (%)	8,59	1,45	7,38-9,80
Masa muscular esquelética (kg)	34,38	2,95	31,90-36,85
Masa muscular esquelética (%)	50,56	2,25	48,67-52,44
Endomorfia	1,84	0,37	1,53-2,14
Mesomorfia	5,08	0,45	4,70-5,46
Ectomorfia	3,11	0,74	2,48-3,73

DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza.

Tabla 2 Porcentajes medios de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno

Segmento	FCM (latidos/min)	FCMLab (%)	VO _{2max} (ml/kg/min)	VO _{2max} Lab (%)
Carrera 1	178 ± 9	94,6 ± 3,0	53,10 ± 6,8	89,7 ± 6,1
Bicicleta	168,6 ± 9 ^a	94,5 ± 2,9	54,53 ± 5,3	85,7 ± 6,9
Carrera 2	174,4 ± 8	92,7 ± 3,5	51,68 ± 7,1	87,3 ± 8,7

Los porcentajes de FCMLab y de VO_{2max}Lab corresponden a valores de prueba de esfuerzo máximo.

^a Diferencia entre Carrera 1 y Bicicleta (p < 0,05).

C1 y B presentan diferencias significativas (p < 0,05) (tablas 2 y 3).

Discusión

El duatlón es la modalidad invernal del triatlón, y por ello en la discusión del presente artículo podemos encontrar varias referencias al deporte del triatlón en sus diferentes modalidades (corta, media y larga distancia), por la similitud del tipo de ejercicio. Esto se justifica porque los atletas de este estudio son en otros momentos de la temporada triatletas, y de hecho introducen cargas de entrenamiento específico de triatlón aun en la temporada invernal de duatlón. De hecho, técnicamente estamos hablando de los mismos atletas, que en este periodo invernal realizan esta actividad competitiva

específica intercambiando el segmento de natación por el de carrera, por lo cual indistintamente nos estamos refiriendo a que en general consiguen las mismas adaptaciones fisiológicas que les produce el entrenamiento.

El triatlón y el duatlón han conseguido en España una gran aceptación, pues ofrecen a multitud de atletas la posibilidad de realizar competiciones en circuitos generalmente cerrados al tráfico, bien señalizados, seguros y no excluyentes desde el punto de vista de la diversidad de los deportistas.

Considerando el duatlón en sus modalidades de corta y media distancia, tiene muchas similitudes con el triatlón, y éstas se basan en la rápida y cíclica ejecución de movimientos, desarrollados a una alta intensidad de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno¹⁰. La mayoría de los estudios se han realizado sobre la modalidad del triatlón, y uno de los

Tabla 3 Valores fisiológicos de esfuerzo máximo en banda rodante y cicloergómetro

	Banda rodante			Cicloergómetro		
	VAM (km/h)	FC _{max} (lat/min)	VO _{2max} (ml/kg/min)	PAM (vatios)	FC _{max} (latidos/min)	VO _{2max} (ml/kg/min)
Media	20,3	187,4	59,2	366,7	178,0 ^a	63,6
DE	0,8	9,7	6,1	29,2	12,1	5,5
Min	19	174	48,5	330	168	53,5
Max	21	205	67,1	420	203	70,1

VAM: velocidad aeróbica máxima (km/h); FC_{max}: frecuencia cardiaca máxima; VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno; PAM: potencia aeróbica máxima (vatios); DE: desviación estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo.

^a Diferencia entre FC_{max} de banda rodante y cicloergómetro (p = 0,012); VO_{2max}: no significativo.

determinantes de este deporte es fundamentalmente la gran cantidad de entrenamiento que se realiza¹¹ para lograr un buen nivel de economía de movimientos y de esfuerzo^{12,13}. Por otra parte, los factores metabólicos de esta modalidad deportiva tienen una gran influencia sobre el coste energético y son el factor que diferencia a los atletas, aun con semejantes características fisiológicas. Esto adquiere mayor importancia en las competiciones de larga distancia que se ven influidas por aspectos de coste energético y que son conferidas, entre otras, por las condiciones ambientales, la especificidad de la prueba y las necesidades del metabolismo según el estado de entrenamiento y/o la fatiga. Otros factores fisiológicos, como el aumento de la temperatura central o la falta de un aporte hídrico y su balance corporal, también pueden determinar un aumento en el coste energético total¹⁴.

Otro ámbito donde se sustenta una parte del rendimiento deportivo en los deportes de resistencia es la relación con los factores morfológicos, como son un bajo peso corporal y un bajo peso de grasa. Los datos antropométricos básicos de los sujetos del presente estudio se encuentran en concordancia con los de otros estudios de triatletas internacionales^{3,13}, destacando también con los publicados en triatletas españoles¹⁵. Un componente importante de la composición corporal es la masa muscular esquelética (MME), y estos deportistas destacan por tener valores que superan el 50% de la masa corporal. Algunas determinadas variables, como el bajo peso corporal, la talla y unos valores bajos de superficie corporal, confieren unos valores de potencia que son considerados determinantes en el rendimiento en triatlón, sobre todo en el segmento de bicicleta^{4,13}. En el presente estudio se han obtenido valores medios de potencia de $5,46 \pm 0,87$ vatios/kg de peso corporal, estando éstos también en concordancia con triatletas de nivel nacional y sólo observados en deportistas con altos niveles de carga de entrenamiento¹³.

El somatotipo predominante de los duatletas es mesoectomórfico, y es igualmente concordante al comparar cada uno de los componentes, destacando unos valores bajos de endomorfia y unos valores medio-altos de mesomorfia. Esta configuración somatotípica se relaciona con altos valores de masa muscular esquelética y ofrece la posibilidad de generar una alta potencia en los test de valoración de potencia aeróbica realizados¹⁶.

De la misma forma que el triatlón, el duatlón se basa en un grado de condición física con preponderancia de la resistencia aeróbica, tanto en niveles submáximos como máximos¹⁶⁻¹⁹. Son de destacar aspectos tales como altos valores de consumo máximo de oxígeno^{4,18,19}, alta velocidad de carrera, cercana al valor de velocidad aeróbica máxima, y valores también altos de velocidad de carrera a niveles estables de umbral láctico de 4 mMol/l^{16,19}. La importancia de este factor está demostrada con los datos publicados por otros autores²⁰ que compararon el VO_{2max} de triatletas de élite con el de triatletas amateurs, siendo significativamente mayor el VO_2 de los profesionales. Los estudios que analizan los valores de VO_{2max} desarrollados en cada segmento son parecidos a los valores que presentan los de nadadores, ciclistas y corredores^{13,16,21,22}, y sólo se observa

alguna diferencia relativa al nivel deportivo (profesional, internacional, nacional o amateur).

El hallazgo más importante del presente trabajo es la similitud de los valores de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno en una disciplina cíclica con tres segmentos, en la que los determinantes fisiológicos son de gran importancia en base a la ejecución de movimientos con alta intensidad y rapidez¹⁰.

Los porcentajes de frecuencia cardiaca media entre 93 y 94,5% demuestran que la intensidad de trabajo se establece ligeramente por encima del umbral de compensación respiratoria (VT2), que en estos atletas se halla entre el 90 y el 92% del VO_{2max} . De la misma forma, los porcentajes medios de VO_2 en los tres segmentos se sitúan en valores de 86-90%, también por encima de los niveles del umbral anaeróbico entre 70 y 84% del VO_{2max} ²³. Estos altos valores de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno por encima del umbral anaeróbico se unen a valores medios entre 4,6 y 6,3 mMol/l (datos no publicados) en una prueba simulada en laboratorio²⁴, y sin duda el mantenimiento de los niveles de esfuerzo tiene que ver con la disponibilidad de recursos energéticos y el grado de oxidación. Se evidencian mayores consumos de oxígeno en cada uno de los segmentos de competición al compararlos con modalidades de triatlón de larga distancia²⁵.

El menor valor del porcentaje de VO_{2max} en el tramo de ciclismo respecto a los tramos de carrera ha corroborado en un reciente estudio de competición simulada de duatlón sprint²⁴ y podría estar relacionado con el hecho de que en la bicicleta el deportista utiliza una fracción menor de la masa muscular activa^{17,23} y, por tanto, utiliza una menor cantidad de oxígeno²².

El VO_{2max} es un buen parámetro indicador de la potencia aeróbica en triatlón. Algunos autores lo consideran de la máxima importancia, y para el rendimiento en triatlón es el tiempo en que un atleta es capaz de mantener su consumo de oxígeno cerca del valor máximo: cuanto mayor sea este tiempo, mayores posibilidades tendrá el triatleta de obtener un buen rendimiento. En nuestra opinión, esto también se puede afirmar claramente para el duatlón, visto que las características fisiológicas de las dos especialidades son muy similares.

Conclusión y aplicaciones prácticas

El estudio evidencia que en competiciones de duatlón en modalidad sprint el porcentaje de la carga de frecuencia cardiaca es entre el 92 y el 95% de la frecuencia cardiaca máxima, correspondiente a un consumo de oxígeno entre el 85 y el 89% del VO_{2max} .

Las pruebas de valoración del metabolismo aeróbico en el laboratorio y el control de la respuesta de la frecuencia cardiaca se hacen imprescindibles para el control de variables fisiológicas determinantes en el rendimiento competitivo.

Estos parámetros podrían considerarse valores de referencia para el entrenamiento en intensidades relativas al entrenamiento específico del duatlón sprint.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Chavarren Cabrero J, Dorado García C, López Calbet JA. Triatlón: factores condicionantes del rendimiento y del entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 1996;10:29–37.
- O'Toole ML, Douglas PS. Applied physiology of triathlon. *Sports Med*. 1995;19:251–67.
- Sleivert GG, Rowlands DS. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Med*. 1996;22:8–18.
- Millet GP, Candau RB, Barbier B, Busso T, Rouillon JD, Chatard JC. Modeling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *Int J Sports Med*. 2002;23:55–63.
- ISAK. International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2001.
- Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. Relative body fat and. Eur J Appl Physiol. 1987;56:191–200.
- Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:796–803.
- Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Riaza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanido J, et al. Body composition assessment in Sports Medicine. Statement of Spanish Group of Kinanthropometry of Spanish Federation of Sports Medicine. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2009;26:166–79.
- Carter JEL. The Heath-Carter Anthropometric Somatotype. Instruction Manual. 2002. Disponible en: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>.
- Hue O, Galy O, Le Gallais D. Exercise intensity during repeated days of racing in professional triathletes. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006;31:250–5.
- Holly RG, Barnard RJ, Rosenthal M, Applegate E, Pritikin N. Triathlete characterization and response to prolonged strenuous competition. *Med Sci Sports Exerc*. 1986;18:123–7.
- Miura H, Kitagawa K, Ishiko T. Economy during a simulated laboratory test triathlon is highly related to Olympic distance triathlon. *Int J Sports Med*. 1997;18:276–80.
- Sleivert GG, Wenger HA. Physiological predictors of short-course triathlon performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:871–6.
- Hauswirth C, Lehénaff D. Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. *Sports Med*. 2001;31:679–89.
- Alvero-Cruz JR, Alvero-Cruz JR. La producción científica en cineantropometría: Datos de referencia de composición corporal y somatotipo. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2006;111:17–35.
- Suriano R, Bishop D. Physiological attributes of triathletes. *J Sci Med Sport*. 2010;13:340–7.
- Alvero Cruz JR, Marin González MC, Álvarez Rey G, Ávila Romero F, García Romero J. Aspectos diferenciales en las pruebas de esfuerzo en cicloergómetro y banda rodante en triatletas. *Apunts Med Esport*. 2004;143:27–32.
- Bentley DJ, Millet GP, Vleck VE, McNaughton LR. Specific aspects of contemporary triathlon: implications for physiological and clinical practice. *Sports Med*. 2002;32:345–59.
- Schabert EJ, Killian SC, St Clair Gibson A, Hawley JA, Noakes TD. Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:844–9.
- Laurenson NM, Fulcher KY, Korkia P. Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running. *Int J Sports Med*. 1993;14:455–9.
- O'Toole ML, Douglas PS, Hiller WD. Applied physiology of a triathlon. *Sports Med*. 1989;8:201–25.
- Schneider DA, Lacroix KA, Atkinson GR, Troped PJ, Pollack J. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22:257–64.
- Diego Acosta AM, Ronconi M, Alvero-Cruz JR. Heart rate maximal oxygen uptake at ventilatory threshold and maximal effort in trained duathletes. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;128:531–2.
- Ronconi M, González-Haro C, Alvero-Cruz JR, Carrillo M, García Romero J, Diego Acosta AM, et al. Effect during a short distance duathlon laboratory simulation on fat and carbohydrate oxidation rate. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:S545.
- Laursen PB, Rhodes EC, Langill RH, Mc Kenzie DC, Taunton JE. Relationship of exercise test variables to cycling performance in an Ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol*. 2002;42:396–402.