

# Oxygen Consumption and Anaerobic Threshold in Young Athletes in Track and Field, Swimming and Triathlon

VICENTE TORRES NAVARRO<sup>1,2\*</sup>  
JOSÉ CAMPOS GRANELL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sport. Faculty of Physical Education and Sport Sciences. University of Valencia (Spain)

<sup>2</sup>Sports Medicine Centre. Cheste Technification Center (Valencia, Spain)

\*Correspondence: Vicente Torres Navarro  
([vicente\\_pirri@hotmail.com](mailto:vicente_pirri@hotmail.com))

# Consumo de oxígeno y umbral anaeróbico en jóvenes deportistas de atletismo, natación y triatlón

VICENTE TORRES NAVARRO<sup>1,2\*</sup>  
JOSÉ CAMPOS GRANELL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Valencia (España)

<sup>2</sup>Centro de Medicina Deportiva. Centro de Tecnificación de Cheste (Valencia, España)

\*Correspondencia: Vicente Torres Navarro  
([vicente\\_pirri@hotmail.com](mailto:vicente_pirri@hotmail.com))

## Abstract

The purpose of this study is to ascertain whether there are differences in the physiological profiles of young athletes according to their sports specialty and age group. The sample is comprised of 400 athletes of both sexes from the Cheste Technification Centre (Valencia) classified into 3 age groups: <12-13, 14-16 and 17-20, and three endurance sports specialties: track and field, swimming and triathlon ( $n=134$ ,  $n=135$  and  $n=131$ , respectively). The physiological profile is analyzed based on the values of maximum oxygen consumption ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and the anaerobic threshold (AnT) based on total body mass, muscle mass and fat-free mass, as well as logarithmic oxygen consumption ( $\log\dot{V}O_2$ ), in order to nullify the effect of body size. The data were obtained from an incremental ergospirometric test on a ramp following the Wasserman protocol. The results stemming from the analysis of variance (Anova) in the sports specialties indicate that there are significant differences in all the variables measured between the athletes in track and field and swimming ( $p<0.05$ ), and between those in triathlon and swimming ( $p<0.05$ ). In contrast, no significant differences were found between the track and field athletes and triathletes ( $p>0.05$ ). Regarding the age groups, significant differences were found in all the variables measured between the <12-13 and 14-16 age groups ( $p<0.05$ ), as well as between the <12-13 and 17-20 age groups ( $p<0.05$ ). However, no significant differences were found between the 14-16 and 17-20 age groups ( $p>0.05$ ).

**Keywords:** maximum oxygen consumption, physiology, young athletes, anaerobic threshold

## Resumen

El objetivo del estudio es conocer si existen diferencias en los perfiles fisiológicos de jóvenes deportistas en función de su especialidad deportiva y grupo de edad. La muestra está compuesta por 400 deportistas de ambos sexos del Centro de Tecnificación de Cheste (Valencia) clasificados en 3 grupos de edad: <12-13, 14-16 y 17-20 años, y de especialidades deportivas de resistencia: atletismo, natación y triatlón ( $n=134$ ,  $n=135$  y  $n=131$  respectivamente). El perfil fisiológico se analiza a partir de los valores del consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2max}$ ) y el umbral anaeróbico (Uan) en base a la masa corporal total, masa muscular y masa libre de grasa, así como del consumo de oxígeno logarítmico ( $\log\dot{V}O_2$ ), con objeto de anular el efecto del tamaño corporal. Los datos se han obtenido de un test ergoespirométrico incremental en rampa siguiendo el protocolo de Wasserman. Los resultados derivados del análisis de varianza (Anova) indican que para el caso de las especialidades deportivas existen diferencias significativas en todas las variables medidas entre los deportistas de atletismo y natación ( $p<0.05$ ), y entre los de triatlón y natación ( $p<0.05$ ). Por el contrario, no se han encontrado diferencias significativas entre los deportistas de atletismo y triatlón ( $p>0.05$ ). Respecto a los grupos de edad, se han encontrado diferencias significativas en todas las variables medidas entre los grupos de <12-13 y 14-16 años ( $p<0.05$ ), así como entre los grupos de <12-13 y 17-20 años ( $p<0.05$ ). No se han encontrado diferencias significativas entre los grupos de 14-16 y 17-20 años ( $p>0.05$ ).

**Palabras clave:** consumo máximo de oxígeno, fisiología, jóvenes deportistas, umbral anaeróbico

## Introduction

Stress tests are an important reference for athletes in that they report information on the levels of maximum oxygen consumption ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), as well as on the main variables that delimit the different metabolic zones (aerobic efficiency, aerobic-anaerobic efficiency and anaerobic efficiency): VAM, VUae and VAnT (Legaz-Arrese, 2012), which are necessary and essential for engaging in systematic, controlled training (Navarro & Oca, 2010). However, Noakes (2008) has criticized administering progressive stress tests until exhaustion because in no sports mode is effort progressive until exhaustion is reached.

The anaerobic threshold (AnT) is the zone which sparks the production of lactate, and its accumulation in the blood begins, with production higher than elimination (Heck et al., 1985), dovetailing with the appearance of metabolic acidosis (Wasserman, 1984). This is considered the aerobic-anaerobic transition zone or intensity (García-Pallarés, Sánchez-Medina, Carrasco, Díaz, & Izquierdo, 2009).  $\dot{V}O_2\text{max}$  is the overall maximum capacity of the pulmonary, cardiovascular and muscular systems to capture, transport and use  $O_2$  (Poole, Wilkerson, & Jones, 2008), and a plateau can be observed in relation to  $\dot{V}O_2$ /intensity (Ekblom, 1969) or a  $\dot{V}O_2$  peak (Lucía, Hoyos, Pérez, Santalla, & Chicharro, 2002).

The evaluation of  $\dot{V}O_2\text{max}$  based on the athlete's total mass ( $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$ ) can lead to errors if their muscle mass is not taken into account, since this takes into account not only fatty mass but also bone and residual mass (Garrido & González, 2006). Therefore, the evaluation of  $\dot{V}O_2\text{max}$  based on muscle mass ( $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ ) enables us to evaluate the  $\dot{V}O_2\text{max}$  in relation to the amount of oxygen that moves the muscle mass, not that moves the body, thus avoiding errors since the lean mass is much more metabolically active than adipose tissue and makes a greater contribution to metabolism, just like fat-free mass (Marlis et al., 2000).

With the problem of body size, the study by Gómez et al. (2014) examined the problem of  $\dot{V}O_2$  adjustment in animals according to the size of the animal, and it determined that this adjustment should also be evaluated in athletes. Contrary to this stance, August Krogh (1929) was the first to suggest that among specimens of very different sizes, such as

## Introducción

Las pruebas de esfuerzo constituyen una referencia importante para los deportistas en la medida que reportan información de los niveles del consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), así como de las principales variables que delimitan las distintas zonas metabólicas (eficiencia aeróbica, eficiencia aeróbica-anaeróbica y eficiencia anaeróbica): VAM, VUae y VUan (Legaz-Arrese, 2012), siendo necesario y esencial para llevar a cabo un entrenamiento sistemático y controlado (Navarro & Oca, 2010). Pero la realización de una prueba de esfuerzo progresiva hasta el agotamiento ha sido criticada por Noakes (2008) por el hecho de que en ninguna modalidad deportiva el esfuerzo es progresivo hasta llegar al agotamiento.

El umbral anaeróbico (Uan) es la zona donde se dispara la producción de lactato y comienza la acumulación en la sangre siendo mayor la producción que su eliminación (Heck et al., 1985), coincidiendo con la aparición de una acidosis metabólica (Wasserman, 1984), y siendo considerado como la zona o intensidad de transición aeróbica-anaeróbica (García-Pallarés, Sánchez-Medina, Carrasco, Díaz, & Izquierdo, 2009). El  $\dot{V}O_2\text{max}$  es la capacidad máxima integrada del sistema pulmonar, cardiovascular y muscular para captar, transportar y utilizar  $O_2$  (Poole, Wilkerson, & Jones, 2008), pudiéndose observar una meseta (*plateau*) en la relación  $\dot{V}O_2$ /intensidad (Ekblom, 1969) o un pico en el  $\dot{V}O_2$  (Lucía, Hoyos, Pérez, Santalla, & Chicharro, 2002).

La evaluación del  $\dot{V}O_2\text{max}$  a partir de la masa corporal total del deportista ( $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$ ) puede conducir a errores si no se tiene en cuenta su masa muscular, ya que no solo tiene en cuenta la masa grasa sino también la ósea y residual (Garrido & González, 2006). Por ello la valoración del  $\dot{V}O_2\text{max}$  en función de la masa muscular ( $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ ) permite valorar el  $\dot{V}O_2\text{max}$  en relación con la cantidad de oxígeno que mueve la masa muscular y no la que mueve el cuerpo, y no conducirnos a error, puesto que la masa magra es mucho más activa metabólicamente que el tejido adiposo y contribuye en mayor medida al metabolismo, ocurriendo lo mismo en la masa libre de grasa (Marlis et al., 2000).

Con el problema del tamaño corporal, en el estudio hecho por Gómez et al. (2014) se estudió el problema del ajuste del  $\dot{V}O_2$  en animales en función del tamaño del animal y se planteó que este ajuste debería valorarse también en deportistas. Contrariamente a este posicionamiento August Krogh (1929) fue el primero en sugerir que entre especímenes de tamaño muy diferentes,

among species, this may not be adequate (Krebs, 1975). Therefore, he suggested that the RMR of mammals should be expressed in relation to the body mass elevated to one exponent ( $M^n$ ) and that this allometric exponent “n” should be empirically determined (Hulbert & Else, 2000). After these findings, several researchers calculated the “n” values for mammals close to 0.75, and this is the value that is used, although there is still controversy in this regard (Hulbert & Else, 2000).

In consequence, the following hypotheses are posited:

1. The relative and absolute  $\dot{V}O_2$ max will not behave the same way in the different age groups based on their masses.
2. The physiological profiles of the sports specialties of track and field and triathlon will be different than those of swimming.
3. The evaluation of the athletes based on an incremental ergospirometric test on a ramp on an ergometric treadmill will affect the sports specialty of swimming.

The objectives of this study are the following:

1. To describe and compare the physiological profiles ( $\dot{V}O_2$ max and AnT) calculated based on the total body mass (BM), muscle mass (MM) and fat-free mass (FFM) in young athletes according to age group and sex.
2. To describe and compare the physiological profiles ( $\dot{V}O_2$ max and AnT) calculated based on the total mass (BM), muscle mass (MM) and fat-free mass (FFM) in young athletes according to the sports specialty (track and field, swimming and triathlon).

## Methodology

### Design of the Study

This study is descriptive and transversal, and it was conducted in 2015. Based on the available data at the Technification Center on evaluations performed from 2007 to date, a new database was constructed, organized by age group and sex.

por ejemplo entre especies, esto puede no ser adecuado (Krebs, 1975). Por tanto, propuso que el RMR de los mamíferos debía ser expresado en relación a la masa corporal elevada a un exponente ( $M^n$ ) y que este exponente alométrico “n” debía ser determinado empíricamente (Hulbert & Else, 2000). Tras estos hallazgos varios investigadores calcularon valores de “n” para mamíferos cercanos a 0.75 y este es el valor que se utiliza, aunque sigue habiendo controversia a este respecto (Hulbert & Else, 2000).

En consecuencia, se plantean las siguientes hipótesis:

1. El  $\dot{V}O_2$ max relativo y el absoluto no se comportarán igual en los diferentes grupos de edad en base a sus masas.
2. Los perfiles fisiológicos de las especialidades deportivas de atletismo y triatlón serán distintos que los de natación.
3. La evaluación de los deportistas a partir de un test ergoespirométrico incremental en rampa en una cinta ergométrica afectará a la especialidad deportiva de natación.

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

1. Describir y comparar los perfiles fisiológicos ( $\dot{V}O_2$ max y  $U_{an}$ ) calculado en base a la masa total (MC), masa muscular (MM) y masa libre de grasa (MLG) en jóvenes deportistas en función de la categoría de edad y sexo.
2. Describir y comparar los perfiles fisiológicos ( $\dot{V}O_2$ max y  $U_{an}$ ) calculado en base a la masa total (MC), masa muscular (MM) y masa libre de grasa (MLG) en jóvenes deportistas en función de la especialidad deportiva (atletismo, natación y triatlón).

## Metodología

### Diseño del estudio

El estudio es de carácter descriptivo y transversal, realizado en el año 2015. A partir de los datos disponibles en el Centro de Tecnificación sobre evaluaciones realizadas durante 2007 hasta el momento, se ha construido una nueva base de datos ordenada por categoría de edad y sexo.

## Ethical Considerations

Inasmuch as the data on which the study is based comes from the databases of the Technification Center, respect for the ethical principles borne in mind by the Centre for these kinds of studies were maintained and followed in terms of access to the field, the participants' consent, the protection of the anonymity and/or confidentiality of the data.

## Sample

The sample was comprised of a total of 400 young athletes from the Cheste Technification Center, which depends on the Regional Ministry of Culture, Education and Sport of the Government of Valencia. Of these athletes, 134 were from the track and field specialty, 135 were from swimming and 131 were from triathlon, both males and females. The sample is classified by age categories: <12-13, 14-16 and 17-20. These athletes are considered high-level athletes competitive on a national level, and they are highly trained. The inclusion criteria were: being an athlete at the Technification Center and being part of the sports specialization plan of the Government of Valencia, not having suffered from any injuries within 2 months prior to the test, and not having suffered from any illness within 2 months prior to the test.

The distribution of the sample by tests is reflected in *Table 1*.

|   | Sample size (n=400) |       |       | Age group       |
|---|---------------------|-------|-------|-----------------|
|   | <12-13              | 14-16 | 17-20 |                 |
| M | 10                  | 45    | 14    | Track and field |
| F | 10                  | 23    | 10    | Swimming        |
| M | 16                  | 44    | 8     | Triathlon       |
| F | 39                  | 11    | 5     |                 |
| M | 23                  | 44    | 10    |                 |
| F | 18                  | 10    | 5     |                 |

M: male; F: female.

**Table 1.** Sample size

## Variables and Protocols

### Physiological Variables

To develop the physiological profiles, the following parameters were analyzed:

- $\dot{V}O_2$  at VT2 and VAM (direct).
- $\dot{V}O_{2\max}$  absolute (indirect):  $(BM \cdot \dot{V}O_2 / BM) / 1000$ .

## Aspectos éticos

En la medida que los datos sobre los que se basa el estudio corresponden a las bases de datos del Centro de Tecnificación, se mantienen los principios éticos para este tipo de trabajos y que ya fueron en su día tenidos en cuenta por el Centro en cuanto a acceso al campo, el consentimiento de los participantes, la protección del anonimato y/o confidencialidad de los datos.

## Muestra

La muestra se compuso de un total de 400 jóvenes deportistas del Centro de Tecnificación de Cheste, dependiente de la Consejería de Cultura, Educación y Deporte de la Generalidad Valenciana, de los cuales, 134 eran de la especialidad de atletismo, 135 eran de natación y 131 eran de triatlón; tanto de sexo masculino como femenino. La muestra está clasificada por categorías de edad: <12-13, 14-16, y 17-20 años. Estos deportistas son considerados como deportistas de alto nivel, con un nivel competitivo nacional y altamente entrenados. Los criterios de inclusión eran: ser deportista del Centro de Tecnificación y formar parte de los planes de especialización deportiva de la Comunidad Valenciana; no haber padecido lesión 2 meses antes de la prueba, y no padecer ninguna enfermedad al menos 2 semanas antes de la prueba.

La distribución de la muestra en función de las pruebas queda como se refleja en la *tabla 1*.

|   | Tamaño de la muestra (n=400) |       |       | Grupo edad |
|---|------------------------------|-------|-------|------------|
|   | <12-13                       | 14-16 | 17-20 |            |
| M | 10                           | 45    | 14    | Atletismo  |
| F | 10                           | 23    | 10    | Natación   |
| M | 16                           | 44    | 8     | Triatlón   |
| F | 39                           | 11    | 5     |            |
| M | 23                           | 44    | 10    |            |
| F | 18                           | 10    | 5     |            |

M: masculino; F: femenino.

**Tabla 1.** Tamaño de la muestra

## Variabes y protocolos

### Variabes fisiológicas

Para la realización de los perfiles fisiológicos se analizan los siguientes parámetros:

- $\dot{V}O_2$  en VT2 y VAM (directo).
- $\dot{V}O_{2\max}$  absoluto (indirecto):  $(MC \cdot \dot{V}O_2 / MC) / 1000$ .

- $\dot{V}O_2AnT$  absolute (indirect):  $(BM \cdot \dot{V}O_2 \text{ at } VT2) / 1000$ .
- $\dot{V}O_2max/BM$  (direct),  $\dot{V}O_2max/MM$  (indirect) and  $\dot{V}O_2max/FFM$ ; the second was calculated as follows:  $(\dot{V}O_2 \text{ absolute}/MM) \cdot 1000$ , and the third one:  $(\dot{V}O_2 \text{ absolute}/FFM) \cdot 1000$ .
- $\dot{V}O_2AnT/BM$  (indirect),  $\dot{V}O_2AnT/MM$  (indirect) and  $\dot{V}O_2AnT/FFM/min$ . The first was calculated as follows:  $(\dot{V}O_2AnT/BM) \cdot 1000$ . The second as follows:  $(\dot{V}O_2AnT/MM) \cdot 1000$ , and the third one as follows:  $(\dot{V}O_2AnT/FFM) \cdot 1000$ .

To eliminate the effect of body size, the  $\dot{V}O_2$  allometric model was used (Welsman & Armstrong, 2000). This model is calculated by making a mathematical function, in this case dividing the  $\dot{V}O_2$  absolute by a given mass elevated to 0.75. As a model, we can take, for example  $Y/X^b$ , with a specific relationship between Y and X (Rogers, 1995).

- $\log \dot{V}O_2max/BM$  (indirect),  $\log \dot{V}O_2max/MM$  (indirect),  $\log \dot{V}O_2max/FFM$  (indirect).
- $\log \dot{V}O_2AnT/BM$  (indirect),  $\log \dot{V}O_2AnT/MM$  (indirect) and  $\log \dot{V}O_2AnT/FFM$  (indirect). The first was calculated as follows:  $(\dot{V}O_2 \text{ absolute}/BM^{0.75}) \cdot 1000$ ; the second:  $(\dot{V}O_2 \text{ absolute}/MM^{0.75}) \cdot 1000$ ; the third:  $(\dot{V}O_2 \text{ absolute}/FFM^{0.75}) \cdot 1000$ ; the fourth:  $(\dot{V}O_2AnT/BM^{0.75}) \cdot 1000$ ; the fifth:  $(\dot{V}O_2AnT/MM^{0.75}) \cdot 1000$ ; and the sixth:  $(\dot{V}O_2AnT/FFM^{0.75}) \cdot 1000$ .

### Protocol

The data are obtained from an incremental ergospirometric test on a ramp on an h/p/cosmos pulsar® ergometric treadmill. The test corresponds to the Wasserman 7 protocol for women and the Wasserman 8 protocol for men, which after a warm-up period consists of an initial load of 7 km/h for women and 8 km/h for men and a constant incline of 1% (to simulate the conditions of the track and the friction with air) along the entire test, increasing 1 km/h until reaching exhaustion.

As an analyzer of gases, the CPX Ultima System model from Medgraphics and Breeze Gas Suite 6.4.1

- $\dot{V}O_2Uan$  absoluto (indirecto):  $(MC \cdot \dot{V}O_2 \text{ en } VT2) / 1000$ .
- $\dot{V}O_2max/MC$  (directo),  $\dot{V}O_2max/MM$  (indirecto) y  $\dot{V}O_2max/MLG$ ; el segundo se ha calculado así:  $(\dot{V}O_2 \text{ absoluto}/MM) \cdot 1000$ ; y el tercero:  $(\dot{V}O_2 \text{ absoluto}/MLG) \cdot 1000$ .
- $\dot{V}O_2Uan/MC$  (indirecto),  $\dot{V}O_2Uan/MM$  (indirecto) y  $\dot{V}O_2Uan/MLG$ . El primero se ha calculado así:  $(\dot{V}O_2Uan/MC) \cdot 1000$ . El segundo así:  $(\dot{V}O_2Uan/MM) \cdot 1000$ , y el tercero así:  $(\dot{V}O_2Uan/MLG) \cdot 1000$ .

Para eliminar el efecto del tamaño corporal se utiliza el modelo llamado  $\dot{V}O_2$  alométrico (Welsman & Armstrong, 2000). Este modelo es calculado haciendo una función matemática, en este caso dividiendo el  $\dot{V}O_2$  absoluto por la masa determinada, siendo esta elevada a 0.75. Como modelo tomamos por ejemplo  $Y/X^b$ , habiendo una relación específica entre la Y y la X (Rogers, 1995).

- $\log \dot{V}O_2max/MC$  (indirecto),  $\log \dot{V}O_2max/MM$  (indirecto),  $\log \dot{V}O_2max/MLG$  (indirecto).
- $\log \dot{V}O_2Uan/MC$  (indirecto),  $\log \dot{V}O_2Uan/MM$  (indirecto) y  $\log \dot{V}O_2Uan/MLG$  (indirecto). El primero se ha calculado así:  $(\dot{V}O_2 \text{ absoluto}/MC^{0.75}) \cdot 1000$ , el segundo:  $(\dot{V}O_2 \text{ absoluto}/MM^{0.75}) \cdot 1000$ , el tercero:  $(\dot{V}O_2 \text{ absoluto}/MLG^{0.75}) \cdot 1000$ , el cuarto:  $(\dot{V}O_2Uan/MC^{0.75}) \cdot 1000$ , el quinto:  $(\dot{V}O_2Uan/MM^{0.75}) \cdot 1000$ , y el sexto:  $(\dot{V}O_2Uan/MLG^{0.75}) \cdot 1000$ .

### Protocolo

Los datos se obtienen de un test ergoespirométrico incremental en rampa en una cinta ergométrica h/p/cosmos pulsar®. El test corresponde al protocolo Wasserman 7 para mujeres y el Wasserman 8 para varones que tras un periodo de calentamiento consiste en una carga inicial de 7 km/h para mujeres y 8 km/h para hombres y una pendiente constante del 1% (para simular las condiciones de la pista y el rozamiento del aire) a lo largo de toda la prueba aumentando 1 km/h cada minuto hasta el agotamiento.

Como analizador de gases se utilizó el modelo CPX Ultima System de Medgraphics y el software Breeze Gas Suite 6.4.1. Se toman las variables de consumo de oxígeno ( $\dot{V}O_2$ ), producción de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ), ventilación ( $\dot{V}E$ ), equivalente ventilatorio de oxígeno

software were used. The variables oxygen consumption ( $\dot{V}O_2$ ), carbon dioxide production ( $\dot{V}CO_2$ ), ventilation ( $\dot{V}E$ ), ventilatory equivalent for oxygen ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ ) and carbon dioxide ( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ) and blood pressure were taken at the end of each oxygen exhalation ( $PETO_2$ ) and carbon dioxide exhalation ( $PETCO_2$ ). The gases per were measured respiration to respiration, called V-Slope.

In the determination and procedure to calculate the  $\dot{V}O_{2max}$ , the goal was to achieve a respiratory quotient ( $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ ) equal to or greater than 1.15 and the appearance of a plateau in the linear behavior of  $\dot{V}O_{2max}$ , or a  $\dot{V}O_{2peak}$  if these maximality criteria were not reached (García-Pallarés et al., 2009). The determination to calculate the anaerobic threshold was based on the proposal of Gaskell et al. (2001), which entails increasing at the same time the quotient between ventilatory equivalents ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  and  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ) and the point on the ventilation curve ( $\dot{V}E$ ) which increases suddenly (Wasserman, Whipp, Koyl, & Beaver, 1973).

At the time that the tests were administered, all the athletes were in a competition period, so the level of training and performance prior to the testing was high. In any event, in order to lower the load and fatigue from training, the condition was set that the 3 days prior to the test they should engage in sessions with a low training load. Furthermore, the athletes had to eat a high-carbohydrate diet proposed by the nutritionist.

### Data Analysis and Statistical Processing

The statistical calculations were performed using SPSS software version 21.0 (IBM). With it, central tendency and dispersion statistics (means and standard deviations) were calculated, as well as comparative statistics (Pearson's correlation analysis, t-test and Anova).

### Results

Tables 2, 3 and 4 show that the values expressed in kgMM and kgFFM are higher than those expressed in kg in all categories and physiological levels, and that they are higher in males than in females. They also show how generally speaking, as the age increases the values also tend to rise, although not always, as seen, for example in  $\dot{V}O_{2max}/BM$  for males in the triathlon

( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ ) y dióxido de carbono ( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ) y las presiones al final de cada espiración del oxígeno ( $PETO_2$ ) y del dióxido de carbono ( $PETCO_2$ ). La medición de gases se realiza respiración a respiración con un método llamado V-Slope.

En la determinación y procedimiento para el cálculo del  $\dot{V}O_{2max}$  se propuso que se alcanzara un cociente respiratorio ( $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ ) igual o superior a 1.15 y la aparición de una meseta en el comportamiento lineal del  $\dot{V}O_{2max}$ , o un  $\dot{V}O_{2pico}$  si no se cumplieran estos criterios de maximalidad (García-Pallarés et al., 2009). La determinación para el cálculo del umbral anaeróbico se determinó en base a la propuesta de Gaskell et al. (2001), a partir del aumento al mismo tiempo del cociente entre los equivalentes ventilatorios ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ), y del punto en el que la curva de la ventilación ( $\dot{V}E$ ) se viera súbitamente aumentada (Wasserman, Whipp, Koyl, & Beaver, 1973).

En el momento de realización de las pruebas, todos los deportistas se encontraban en periodo de competiciones, por lo que el nivel de entrenamiento y rendimiento previamente al estudio era alto. En todo caso para disminuir la carga y fatiga del entrenamiento se puso la condición de que los 3 días anteriores a la prueba debían realizar sesiones de una baja carga de entrenamiento. Además, los deportistas debían de cumplir una dieta alta en carbohidratos propuesta por el nutricionista.

### Análisis de datos y tratamiento estadístico

Los cálculos estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS versión 21.0 (IBM). Mediante ello calculamos estadísticos de tendencia central y dispersión (medias y desviaciones estándares), así como estadísticos de comparación (análisis correlacional de Pearson, Prueba t y Anova).

### Resultados

En las tablas 2, 3 y 4 se puede observar que los valores expresados en relación a la MM y MLG son más elevados que los expresados relación a la MC, en todas las categorías y niveles fisiológicos, así como también son más elevados en el sexo masculino que en el femenino. Se puede observar como generalmente al incrementarse la edad los valores tienden a subir, pero no siempre ocurre eso, como se puede apreciar por ejemplo en el  $\dot{V}O_{2max}/MC$  del sexo masculino del triatlón o del  $\dot{V}O_{2max}/MLG$ , bajando los valores con la edad.

|   | Male   Sexo masculino |              |              | Female   Sexo femenino |              |              |
|---|-----------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|
|   | Age   Edad            |              |              | Age   Edad             |              |              |
|   | <12-13                | 14-16        | 17-20        | <12-13                 | 14-16        | 17-20        |
| $\dot{V}O_2AnT$ abs   $\dot{V}O_2Uan$ abs           | 2.22±1.62             | 2.92±1.23    | 3.19±1.27    | 1.97±0.52              | 2.27±0.76    | 2.26±0.52    |
| $\dot{V}O_2max/BM$   $\dot{V}O_2max/MC$             | 62.7±7.12             | 58.38±8.34   | 58.25±6.76   | 47.77±8.12             | 46.48±6.89   | 48.98±7.34   |
| $\dot{V}O_2max/MM$   $\dot{V}O_2max/MM$             | 90.85±12.34           | 91.23±10.11  | 91.85±12.84  | 72.74±9.23             | 74.88±10.35  | 77.6±13.89   |
| $\dot{V}O_2max/FFM$   $\dot{V}O_2max/MLG$           | 69.48±8.13            | 64.7±9.46    | 64.72±9.04   | 56.82±10.45            | 56.43±9.31   | 59.18±12.83  |
| $\dot{V}O_2AnT/BM$   $\dot{V}O_2Uan/MC$             | 52.96±4.91            | 50.52±4.18   | 52±3.39      | 44.02±6.82             | 43.53±4.90   | 44.78±2.64   |
| $\dot{V}O_2AnT/MM$   $\dot{V}O_2Uan/MM$             | 76.91±6.89            | 79.15±8.54   | 82.45±.88    | 67.07±3.83             | 70.06±6.28   | 71.14±3.67   |
| $\dot{V}O_2AnT/FFM$   $\dot{V}O_2Uan/MLG$           | 58.82±6.81            | 56.13±9.16   | 58.34±6.91   | 52.39±4.81             | 52.8±9.42    | 54.25±2.89   |
| $\log \dot{V}O_2max/BM$   $\log \dot{V}O_2max/MC$   | 159.5±13.89           | 160.9±9.91   | 163.04±10.56 | 123.6±14.78            | 124.95±13.75 | 130.61±12.75 |
| $\log \dot{V}O_2max/MM$   $\log \dot{V}O_2max/MM$   | 210.53±14.62          | 224.74±14.73 | 228.86±13.74 | 169.41±12.87           | 178.73±11.64 | 184.32±10.32 |
| $\log \dot{V}O_2max/FFM$   $\log \dot{V}O_2max/MLG$ | 172.17±12.87          | 173.69±13.77 | 176±11.98    | 140.77±11.87           | 144.56±9.75  | 150.41±8.86  |
| $\log \dot{V}O_2AnT/BM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MC$   | 134.85±8.98           | 139.48±10.66 | 145.49±7.62  | 113.73±11.72           | 116.84±8.91  | 119.18±13.87 |
| $\log \dot{V}O_2AnT/MM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MM$   | 178.38±8.56           | 195.31±8.62  | 206.23±8.02  | 155.95±7.72            | 166.96±12.72 | 168.65±7.82  |
| $\log \dot{V}O_2AnT/FFM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MLG$ | 145.88±9.67           | 150.9±6.82   | 158.6±6.60   | 129.59±7.89            | 135.04±9.52  | 137.62±6.55  |
| $\bar{x} \pm SD$ .   $\bar{x} \pm DE$ .             |                       |              |              |                        |              |              |

**Table 2.** Values of the sample on the physiological profiles ( $\dot{V}O_2max$  and AnT) in track and field

**Tabla 2.** Valores de la muestra de los perfiles fisiológicos ( $\dot{V}O_2max$  y Uan) en atletismo

|   | Male   Sexo masculino |              |              | Female   Sexo femenino |              |              |
|---|-----------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|
|   | Age   Edad            |              |              | Age   Edad             |              |              |
|   | <12-13                | 14-16        | 17-20        | <12-13                 | 14-16        | 17-20        |
| $\dot{V}O_2max$ abs   $\dot{V}O_2max$ abs           | 2.84±0.67             | 3.54±0.65    | 4.55±1.88    | 2.38±1.66              | 2.89±0.76    | 2.3±0.77     |
| $\dot{V}O_2AnT$ abs   $\dot{V}O_2Uan$ abs           | 2.45±0.78             | 3.12±1.78    | 4.07±1.12    | 2.11±1.62              | 2.55±1.66    | 2.09±0.62    |
| $\dot{V}O_2max/BM$   $\dot{V}O_2max/MC$             | 56.44±6.89            | 55.22±7.46   | 52.73±6.12   | 46.71±6.81             | 49.61±8.19   | 37.57±6.57   |
| $\dot{V}O_2max/MM$   $\dot{V}O_2max/MM$             | 83.75±11.89           | 90.01±10.11  | 103.55±9.29  | 74.96±12.87            | 84.63±9.45   | 64.25±9.12   |
| $\dot{V}O_2max/FFM$   $\dot{V}O_2max/MLG$           | 62.78±9.14            | 61.94±8.15   | 58.48±10.45  | 56.84±9.13             | 61.5±13.78   | 45.94±12.89  |
| $\dot{V}O_2AnT/BM$   $\dot{V}O_2Uan/MC$             | 48.75±5.18            | 48.63±7.91   | 47.23±3.82   | 41.36±2.29             | 43.63±3.12   | 34±2.06      |
| $\dot{V}O_2AnT/MM$   $\dot{V}O_2Uan/MM$             | 72.3±8.38             | 79.2±8.567   | 92.68±4.81   | 66.53±7.56             | 74.65±6.63   | 58.28±3.98   |
| $\dot{V}O_2AnT/FFM$   $\dot{V}O_2Uan/MLG$           | 54.19±7.90            | 54.55±7.52   | 52.33±5.98   | 50.45±7.81             | 54.25±11.87  | 41.68±10.73  |
| $\log \dot{V}O_2max/BM$   $\log \dot{V}O_2max/MC$   | 150.3±11.87           | 156.25±12.42 | 160.68±14.76 | 124.87±12.78           | 137.16±13.87 | 105.16±12.91 |
| $\log \dot{V}O_2max/MM$   $\log \dot{V}O_2max/MM$   | 202.1±12.88           | 225.4±10.55  | 266.6±13.12  | 177.94±11.88           | 204.58±9.01  | 157.15±10.21 |
| $\log \dot{V}O_2max/FFM$   $\log \dot{V}O_2max/MLG$ | 162.81±11.89          | 170.31±9.01  | 173.67±10.87 | 144.59±9.15            | 161.03±11.53 | 122.21±9.67  |
| $\log \dot{V}O_2AnT/BM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MC$   | 129.73±11.47          | 137.71±13.42 | 143.84±12.13 | 110.45±8.52            | 120.66±8.67  | 95.32±7.89   |
| $\log \dot{V}O_2AnT/MM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MM$   | 174.35±7.82           | 198.66±13.54 | 238.48±8.53  | 157.75±6.92            | 180.51±9.98  | 142.8±7.45   |
| $\log \dot{V}O_2AnT/FFM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MLG$ | 140.45±7.42           | 150.1±8.72   | 155.35±6.62  | 128.19±6.62            | 142.08±8.62  | 111.05±7.61  |
| $\bar{x} \pm SD$ .   $\bar{x} \pm DE$ .             |                       |              |              |                        |              |              |

**Table 3.** Values of the sample on the physiological profiles ( $\dot{V}O_2max$  and AnT) in swimming

**Tabla 3.** Valores de la muestra de los perfiles fisiológicos ( $\dot{V}O_2max$  y Uan) en natación

|   | Male   Sexo masculino |              |              | Female   Sexo femenino |              |              |
|---|-----------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|
|   | Age   Edad            |              |              | Age   Edad             |              |              |
|   | <12-13                | 14-16        | 17-20        | <12-13                 | 14-16        | 17-20        |
| $\dot{V}O_2max$ abs   $\dot{V}O_2max$ abs           | 2.91±0.56             | 2.47±0.52    | 3.94±1.11    | 2.57±0.62              | 2.71±0.45    | 2.9±0.45     |
| $\dot{V}O_2AnT$ abs   $\dot{V}O_2Uan$ abs           | 2.57±1.72             | 3.06±0.11    | 3.49±0.15    | 2.29±1.62              | 2.35±0.51    | 2.37±0.64    |
| $\dot{V}O_2max/BM$   $\dot{V}O_2max/MC$             | 60.34±7.89            | 58.03±6.24   | 57.82±7.12   | 50.33±7.91             | 46.37±6.13   | 47.76±7.29   |
| $\dot{V}O_2max/MM$   $\dot{V}O_2max/MM$             | 90.23±9.15            | 66.52±11.90  | 96.4±13.20   | 84.12±13.14            | 79.75±8.90   | 76.8±12.67   |
| $\dot{V}O_2max/FFM$   $\dot{V}O_2max/MLG$           | 68.21±7.12            | 46.62±7.90   | 65.1±8.45    | 60.26±9.13             | 57.6±8.67    | 58.5±9.51    |
| $\dot{V}O_2AnT/BM$   $\dot{V}O_2Uan/MC$             | 53.27±6.15            | 51.06±7.35   | 51.2±5.89    | 44.84±5.89             | 40.28±8.21   | 43.07±6.13   |
| $\dot{V}O_2AnT/MM$   $\dot{V}O_2Uan/MM$             | 79.75±6.90            | 82.36±6.91   | 85.46±7.83   | 74.96±5.91             | 69.26±7.52   | 69.02±11.92  |
| $\dot{V}O_2AnT/FFM$   $\dot{V}O_2Uan/MLG$           | 60.29±3.67            | 57.72±7.89   | 57.73±4.23   | 53.69±3.92             | 50.02±7.9    | 52.53±8.5    |
| $\log \dot{V}O_2max/BM$   $\log \dot{V}O_2max/MC$   | 159.06±13.78          | 161.43±12.90 | 166.17±13.92 | 134.55±13.77           | 128.2±12.72  | 133.67±9.51  |
| $\log \dot{V}O_2max/MM$   $\log \dot{V}O_2max/MM$   | 215.03±15.90          | 164.21±9.15  | 243.75±11.82 | 197.78±9.62            | 192.55±9.71  | 218.26±11.82 |
| $\log \dot{V}O_2max/FFM$   $\log \dot{V}O_2max/MLG$ | 174.33±12.89          | 125.78±12.52 | 181.63±10.52 | 153.99±10.62           | 150.85±11.72 | 151.53±13.62 |
| $\log \dot{V}O_2AnT/BM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MC$   | 140.32±9.67           | 142.14±10.16 | 147.03±9.45  | 119.87±6.78            | 111.2±8.90   | 115.15±14.56 |
| $\log \dot{V}O_2AnT/MM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MM$   | 189.9±11.67           | 203.44±6.98  | 215.91±6.78  | 176.23±9.67            | 166.97±9.12  | 164.63±12.61 |
| $\log \dot{V}O_2AnT/FFM$   $\log \dot{V}O_2Uan/MLG$ | 153.96±11.32          | 155.83±7.72  | 160.88±8.95  | 137.21±8.56            | 130.81±8.03  | 134.05±13.48 |
| $\bar{x} \pm SD$ .   $\bar{x} \pm DE$ .             |                       |              |              |                        |              |              |

**Table 4.** Values of the sample on the physiological profiles ( $\dot{V}O_2max$  and AnT) in triathlon

**Tabla 4.** Valores de la muestra de los perfiles fisiológicos ( $\dot{V}O_2max$  y Uan) en triatlón

and  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}$ , where the values lower with age. However, as seen in absolute  $\dot{V}O_2\text{max}$  and  $\dot{V}O_2\text{AnT}$ , all the values do increase with age except  $\dot{V}O_2\text{max}$  in the 14-16 age group in male triathletes. It can also be seen that some sports specialties show higher values than others; for example,  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$  in males is higher in track and field and triathlon than in swimming. Likewise, in swimming, the 17-20 age group shows a higher  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  than the other two specialties. This also holds true for  $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$ ,  $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  and  $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$ . Among females, there are generally more variations than in men; for example,  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$  and  $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}$  in the 17-20 age group in swimming show lower values compared to the other age groups. The values expressed by algorithm do increase with age among the males in all three specialties, and they undergo changes in females except in the track and field specialty.

In the correlation of  $\dot{V}O_2\text{max}$  in all levels of BM, MM and FFM, we can see that there are significant differences in all of them ( $p < 0.01$ ) with regard to the Pearson's coefficient, with an "r" very close to 1 (Tables 5, 6 and 7).

Pero como vemos en el  $\dot{V}O_2\text{max}$  y  $\dot{V}O_2\text{Uan}$  absolutos todos los valores sí que se incrementan con la edad, excepto el  $\dot{V}O_2\text{max}$  del grupo de edad de 14-16 años del sexo masculino en triatlón. Se puede observar que algunas especialidades deportivas presentan mayores valores que otras especialidades, como por ejemplo el  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$  del sexo masculino es mayor en atletismo y triatlón que en natación. También, en natación, el grupo de edad de 17-20 años presenta un mayor  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  que las otras dos especialidades. Esto también ocurre en el  $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ ,  $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  y  $\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ . En el sexo femenino generalmente se aprecian más variaciones en los valores, como por ejemplo, el  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$  y el  $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$  del grupo de edad de 17-20 años de natación presenta inferiores valores respecto a los otros grupos de edad. En los valores expresados en algoritmo sí que se aprecia que aumentan con la edad en el grupo masculino de las tres especialidades, sufriendo cambios en el sexo femenino excepto en la especialidad de atletismo.

En la correlación del  $\dot{V}O_2\text{max}$  en todos los niveles de MC, de MM y de MLG vemos que en todas hay diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) con relación al coeficiente de Pearson, con una "r" muy próxima a 1 (tablas 5, 6 y 7).

| Pearson's correlation<br>Correlación de Pearson                           | $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$<br>$\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$ | $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}$<br>$\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$ | $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$ | $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$ |
|---|--|--|--|--|
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}   \dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$         |  | 0.671**  | 0.836**  | 0.740**  |
| $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}   \dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$         | 0.671**  |  | 0.689**  | 0.758**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}   \log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$ | 0.836**  | 0.689**  |  | 0.897**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}   \log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$ | 0.740**  | 0.758**  | 0.897**  |  |

Table 5. Correlation matrix of  $\dot{V}O_2$  values related to total body mass (BM, kg)

Tabla 5. Matriz de correlación entre valores de  $\dot{V}O_2$  en relación a la masa corporal (MC, kg)

| Pearson's correlation<br>Correlación de Pearson                           | $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$<br>$\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ | $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$<br>$\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ | $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ | $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ |
|---|--|--|--|--|
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}   \dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$         |  | 0.911**  | 0.987**  | 0.910**  |
| $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}   \dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$         | 0.911**  |  | 0.895**  | 0.987**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}   \log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ | 0.987**  | 0.895**  |  | 0.920**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}   \log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ | 0.910**  | 0.987**  | 0.920**  |  |

Table 6. Correlation matrix of  $\dot{V}O_2$  values related to muscle mass (MM, kg)

Tabla 6. Matriz de correlación entre valores de  $\dot{V}O_2$  en relación a la masa muscular (MM, kg)

| Pearson's correlation<br>Correlación de Pearson                             | $\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}$<br>$\dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$ | $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}$<br>$\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$ | $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$ | $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}$<br>$\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$ |
|---|--|--|--|--|
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}   \dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$         |  | 0.688**  | 0.664**  | 0.641**  |
| $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}   \dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$         | 0.688**  |  | 0.842**  | 0.962**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}   \log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$ | 0.664**  | 0.842**  |  | 0.892**  |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}   \log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$ | 0.641**  | 0.962**  | 0.892**  |  |

Table 7. Correlation matrix of  $\dot{V}O_2$  values related to fat-free mass (FFM, kg)

Tabla 7. Matriz de correlación entre valores de  $\dot{V}O_2$  en relación a la masa libre de grasa (MLG, kg)



|                           | Sig.   |
|---------------------------|--------|
| $\dot{V}O_{2max}/BM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2max}/MM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2max}/FFM$     | 0.462  |
| $\dot{V}O_{2AnT}/BM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2AnT}/MM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2AnT}/FFM$     | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/BM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/MM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/FFM$ | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2AnT}/BM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2AnT}/MM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2AnT}/FFM$ | 0.000* |

**Table 8.**  
T-test between sexes

|                           | Sig.   |
|---------------------------|--------|
| $\dot{V}O_{2max}/MC$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2max}/MM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2max}/MLG$     | 0.462  |
| $\dot{V}O_{2Uan}/MC$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2Uan}/MM$      | 0.000* |
| $\dot{V}O_{2Uan}/MLG$     | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/MC$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/MM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2max}/MLG$ | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2Uan}/MC$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2Uan}/MM$  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_{2Uan}/MLG$ | 0.000* |

**Tabla 8.**  
Prueba t entre sexos

After performing a T-test in the sex category, we found that there are significant differences in all of them ( $p < 0.05$ ) except in  $\dot{V}O_{2max}/FFM$  ( $p > 0.05$ ) (Table 8).

After performing an Anova with Tukey multiple HSD correlation by both age groups and sports specialties, we found the following:

#### By sports specialty

For the values expressed in total weight in  $\dot{V}O_{2max}/BM$ , in  $\dot{V}O_{2AnT}/BM$ , in  $\log\dot{V}O_{2max}/BM$  and in  $\log\dot{V}O_{2AnT}/BM$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between track and field and swimming, and between swimming and triathlon, but no significant differences ( $p > 0.05$ ) between track and field and triathlon.

For the values expressed in muscle weight for  $\dot{V}O_{2max}/MM$  and  $\dot{V}O_{2AnT}/MM$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between track and field and swimming, and between swimming and triathlon, but no significant differences ( $p > 0.05$ ) between track and field and triathlon. For  $\log\dot{V}O_{2max}/BM$  and  $\log\dot{V}O_{2max}/MM$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between swimming and triathlon, but no significant differences ( $p > 0.05$ ) between track and field and swimming, and between track and field and triathlon.

For the values expressed in fat-free weight in  $\dot{V}O_{2max}/FFM$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between the three specialties, and for  $\dot{V}O_{2AnT}/FFM$ ,  $\log\dot{V}O_{2max}/FFM$  and  $\log\dot{V}O_{2AnT}/FFM$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between track and field and swimming, and between swimming and triathlon, but no significant differences ( $p > 0.05$ ) between track and field and triathlon. (Table 9)

Realizando una prueba *t* en la categoría de sexo hemos encontrado que en todas hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) excepto en el  $\dot{V}O_{2max}/MLG$  ( $p > 0.05$ ). (Tabla 8)

Realizando una Anova con correlaciones múltiples de HSD de Tukey tanto por grupos de edad y especialidad deportiva hemos encontrado lo siguiente:

#### Por especialidad deportiva

Para los valores expresados en relación a la masa corporal total, tanto en el  $\dot{V}O_{2max}/MC$ , en el  $\dot{V}O_{2Uan}/MC$ , en el  $\log\dot{V}O_{2max}/MC$  como en el  $\log\dot{V}O_{2Uan}/MC$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre atletismo y natación, y entre natación y triatlón, no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre atletismo y triatlón.

Para los valores expresados en relación a la masa muscular para el  $\dot{V}O_{2max}/MM$  y el  $\dot{V}O_{2Uan}/MM$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre atletismo y natación, y entre natación y triatlón, no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre atletismo y triatlón. Para el  $\log\dot{V}O_{2max}/MC$  y  $\log\dot{V}O_{2max}/MM$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre natación y triatlón, no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre atletismo y natación, y entre atletismo y triatlón.

Para los valores expresados en el peso libre de grasa en el  $\dot{V}O_{2max}/MLG$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las tres especialidades, y para el  $\dot{V}O_{2Uan}/MLG$ ,  $\log\dot{V}O_{2max}/MLG$  y  $\log\dot{V}O_{2Uan}/MLG$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre atletismo y natación, y entre natación y triatlón, no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre atletismo y triatlón. (Tabla 9)

|                               | Type of sport   |                 | Sig.   |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| $\dot{V}O_2\text{max/BM}$     | Track and field | Swimming        | 0.002* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.981  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.002* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.001* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.981  |
|                               |                 | Swimming        | 0.001* |
| $\dot{V}O_2\text{AnT/BM}$     | Track and field | Swimming        | 0.001* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.977  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.001* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.003* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.977  |
|                               |                 | Swimming        | 0.003* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max/BM}$ | Track and field | Swimming        | 0.18   |
|                               |                 | Triathlon       | 0.77   |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.18   |
|                               |                 | Triathlon       | 0.002* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.77   |
|                               |                 | Swimming        | 0.002* |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT/BM}$ | Track and field | Swimming        | 0.013* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.956  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.013* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.006* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.956  |
|                               |                 | Swimming        | 0.006* |
| $\dot{V}O_2\text{max/MM}$     | Track and field | Swimming        | 0.25   |
|                               |                 | Triathlon       | 0.195  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.025* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.000* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.195  |
|                               |                 | Swimming        | 0.000* |
| $\dot{V}O_2\text{AnT/MM}$     | Track and field | Swimming        | 0.022* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.399  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.022* |
|                               |                 | Triathlon       | 0.000* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.399  |
|                               |                 | Swimming        | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max/MM}$ | Track and field | Swimming        | 0.09*  |
|                               |                 | Triathlon       | 0.209  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.09*  |
|                               |                 | Triathlon       | 0.001* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.209  |
|                               |                 | Swimming        | 0.001* |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT/MM}$ | Track and field | Swimming        | 0.79   |
|                               |                 | Triathlon       | 0.385  |
|                               | Swimming        | Track and field | 0.079  |
|                               |                 | Triathlon       | 0.002* |
|                               | Triathlon       | Track and field | 0.385  |
|                               |                 | Swimming        | 0.002* |

**Table 9.** Tukey multiple HSD correlation by type of sport

### By age groups

For the values expressed in total weight in  $\dot{V}O_2\text{max/BM}$  and  $\dot{V}O_2\text{AnT/BM}$ , there are no significant differences ( $p < 0.05$ ) between any age group. In  $\log\dot{V}O_2\text{max/BM}$  and  $\log\dot{V}O_2\text{AnT/BM}$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between the age groups  $< 12-13$  and  $14-16$ , and between  $< 12-13$  and  $17-20$ , and no significant differences ( $p > 0.05$ ) between  $14-16$  and  $17-20$ .

For the values expressed in muscle weight in  $\dot{V}O_2\text{max/MM}$ ,  $\dot{V}O_2\text{/AnT/MM}$ ,  $\log\dot{V}O_2\text{max/MM}$  and  $\log\dot{V}O_2\text{AnT/MM}$ , we found significant differences

|                               | Modalidad deportiva |           | Sig.   |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------|
| $\dot{V}O_2\text{max/MC}$     | Atletismo           | Natación  | 0.002* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.981  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.002* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.001* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.981  |
|                               |                     | Natación  | 0.001* |
| $\dot{V}O_2\text{Uan/MC}$     | Atletismo           | Natación  | 0.001* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.977  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.001* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.003* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.977  |
|                               |                     | Natación  | 0.003* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max/MC}$ | Atletismo           | Natación  | 0.18   |
|                               |                     | Triatlón  | 0.77   |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.18   |
|                               |                     | Triatlón  | 0.002* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.77   |
|                               |                     | Natación  | 0.002* |
| $\log\dot{V}O_2\text{Uan/MC}$ | Atletismo           | Natación  | 0.013* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.956  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.013* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.006* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.956  |
|                               |                     | Natación  | 0.006* |
| $\dot{V}O_2\text{max/MM}$     | Atletismo           | Natación  | 0.25   |
|                               |                     | Triatlón  | 0.195  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.025* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.000* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.195  |
|                               |                     | Natación  | 0.000* |
| $\dot{V}O_2\text{Uan/MM}$     | Atletismo           | Natación  | 0.022* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.399  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.022* |
|                               |                     | Triatlón  | 0.000* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.399  |
|                               |                     | Natación  | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max/MM}$ | Atletismo           | Natación  | 0.09*  |
|                               |                     | Triatlón  | 0.209  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.09*  |
|                               |                     | Triatlón  | 0.001* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.209  |
|                               |                     | Natación  | 0.001* |
| $\log\dot{V}O_2\text{Uan/MM}$ | Atletismo           | Natación  | 0.79   |
|                               |                     | Triatlón  | 0.385  |
|                               | Natación            | Atletismo | 0.079  |
|                               |                     | Triatlón  | 0.002* |
|                               | Triatlón            | Atletismo | 0.385  |
|                               |                     | Natación  | 0.002* |

**Tabla 9.** Correlaciones múltiples de HSD de Tukey por modalidad deportiva

### Por grupos de edad

Para los valores expresados en el peso total en el  $\dot{V}O_2\text{max/MC}$  y el  $\dot{V}O_2\text{Uan/MC}$  no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ningún grupo de edad. En el  $\log\dot{V}O_2\text{max/MC}$  y el  $\log\dot{V}O_2\text{Uan/MC}$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos de edad de  $< 12-13$  y  $14-16$ , y entre  $< 12-13$  y  $17-20$ , no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre  $14-16$  y  $17-20$ .

Para los valores expresados en relación a la masa muscular tanto en el  $\dot{V}O_2\text{max/MM}$ , en el  $\dot{V}O_2\text{Uan/MM}$ , en el  $\log\dot{V}O_2\text{max/MM}$  como en el  $\log\dot{V}O_2\text{Uan/MM}$

( $p < 0.05$ ) between the age groups <12-13 and 14-16, and between <12-13 and 17-20. No significant differences were found ( $p > 0.05$ ) between 14-16 and 17-20.

For the values expressed in fat-free mass in  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}$  and  $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}$ , there are no significant differences ( $p < 0.05$ ) between any age group. In  $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{FFM}$  and  $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{FFM}$ , we found significant differences ( $p < 0.05$ ) between the age groups <12-13 and 14-16, and between <12-13 and 17-20. No significant differences were found ( $p > 0.05$ ) between 14-16 and 17-20 (Table 10).

encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos de edad de <12-13 y 14-16, y entre <12-13 y 17-20. No encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre 14-16 y 17-20.

Para los valores expresados en relación a la masa libre de grasa en el  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$  y el  $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$  no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ningún grupo de edad. En el  $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MLG}$  y el  $\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MLG}$  encontramos diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos de edad de <12-13 y 14-16, y entre <12-13 y 17-20, no encontrando diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre 14-16 y 17-20. (Tabla 10)

|                                      | Age group |        | Sig.   |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------|
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$     | <12-13    | 14-16  | 0.088  |
|                                      |           | 17-20  | 0.728  |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.088  |
|                                      |           | 17-20  | 0.623  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.728  |
| $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}$     | <12-13    | 14-16  | 0.055  |
|                                      |           | 17-20  | 0.63   |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.055  |
|                                      |           | 17-20  | 0.627  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.63   |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{BM}$ | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.003* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.797  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.003* |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{BM}$ | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.001* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.838  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.001* |
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$     | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.004* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.9    |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.004* |
| $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$     | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.002* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.934  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.002* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.000* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.997  |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$ | <12-13    | 14-16  | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 0.000* |
|                                      | 14-16     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 17-20  | 1      |
|                                      | 17-20     | <12-13 | 0.000* |
|                                      |           | 14-16  | 1      |

Table 10. Tukey multiple HSD correlation by age groups

|                                      | Grupo de edad |        | Sig.   |
|--------------------------------------|---------------|--------|--------|
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$     | <12-13        | 14-16  | 0.088  |
|                                      |               | 17-20  | 0.728  |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.088  |
|                                      |               | 17-20  | 0.623  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.728  |
| $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$     | <12-13        | 14-16  | 0.055  |
|                                      |               | 17-20  | 0.63   |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.055  |
|                                      |               | 17-20  | 0.627  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.63   |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MC}$ | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.003* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.797  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.003* |
| $\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MC}$ | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.001* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.838  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.001* |
| $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$     | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.004* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.9    |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.004* |
| $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$     | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.002* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.934  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.002* |
| $\log\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$ | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.000* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.997  |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.000* |
| $\log\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$ | <12-13        | 14-16  | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 0.000* |
|                                      | 14-16         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 17-20  | 1      |
|                                      | 17-20         | <12-13 | 0.000* |
|                                      |               | 14-16  | 1      |

Tabla 10. Correlaciones múltiples de HSD de Tukey por grupos de edad

## Discussion

AnT and  $\dot{V}O_2\text{max}$  are two of the best indicators of endurance (García-Pallarés et al., 2009), so in very high-level endurance athletes,  $\dot{V}O_2\text{max}$  levels tend to range between 84-92 ml/kg·min (Saltin et al., 1995; Weston, Mbambo, & Myburgh, 2000; Larsen, 2003), and in high-level athletes between 75-85 ml/kg·min (Casajús, Piedrafita, & Aragonés, 2009). However, in young athletes,  $\dot{V}O_2\text{max}$  is difficult to improve, between 10-20%, and AnT is closer to  $\dot{V}O_2\text{max}$  due to their late use (García-Verdugo & Miguel-Landa, 2005), as puberty is the critical phase due to hormonal change (García, Campos, Lizaur, & Pablos, 2003). In different studies in young athletes with moderate and high training records,  $\dot{V}O_2\text{max}$  values stand at around 45-65 ml/kg·min (Reybrouk, 1985), and those athletes with better physiological profiles show higher performance in their specialty, as in the athletes in this study. However, in young athletes there is the problem of a dearth of studies due to the low reliability of the values since they are in a developmental period (Biddle, 1993).

In our study,  $\dot{V}O_2\text{max}$  values related to body mass (ml/kg·min) in track and field and swimming are similar to those found in the study by Garrido and González (2006) (mean age: 20), but related to muscle mass (ml/kgMM·min) our studies shows lower values, which may be due to the fact that the athletes have lower muscle mass (Torres, 2016). Through this, we can see the importance of body composition in obtaining optimal performance (Carter & Heath, 1990), which can affect the performance of athletes in each sports specialty in different and specific ways. In track and field, according to the study performed by Canda, Sainz, De Diego and Pacheco (2001), both males and females obtained the mesomorph-balanced somotype, unlike the study performed by Pons et al. (2015) which obtained the ectomorph-balanced type. In swimming, the study performed by Pons et al. (2015) revealed that the predominant somotype was mesomorph-balanced for both males and females, dovetailing with the study performed by Rodríguez, Oscar, Tejo and Rozowski (2014). In the case of the triathlon, the study performed by Lentini, Gris, Cardey, Aquilino and Dolce (2004) showed that in males the somotype was ecto-mesomorph and in females it was endo-mesomorph.

## Discusión

El Uan y el  $\dot{V}O_2\text{max}$  son dos de los mejores indicadores de la resistencia (García-Pallarés et al., 2009), por ello en deportistas de resistencia de muy alto nivel los valores del  $\dot{V}O_2\text{max}$  suelen oscilar entre 84-92 ml/kg·min (Saltin et al., 1995; Weston, Mbambo, & Myburgh, 2000; Larsen, 2003), y en deportistas de alto nivel entre 75-85 ml/kg·min (Casajús, Piedrafita, & Aragonés, 2009). Pero en jóvenes deportistas el  $\dot{V}O_2\text{max}$  es poco susceptible de mejora, entre un 10-20% y situándose el Uan más próximo al  $\dot{V}O_2\text{max}$  debido a la tardía utilización de estos (García-Verdugo & Miguel-Landa, 2005), siendo la pubertad la fase crítica debido a los cambios hormonales (García, Campos, Lizaur, & Pablos, 2003). En diferentes estudios en jóvenes deportistas con un entrenamiento moderado y alto, los valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  se sitúan alrededor de 45-65 ml/kg·min (Reybrouk, 1985), presentando mejores marcas deportivas en su especialidad aquellos deportistas con mejores perfiles fisiológicos, como ha ocurrido en los deportistas en cuestión del estudio realizado. Pero, en jóvenes deportistas existe la problemática de no haber muchos estudios por la baja fiabilidad de los valores debido a que están en un período de desarrollo (Biddle, 1993).

En nuestro estudio, los valores del  $\dot{V}O_2\text{max}$  expresados en peso total (ml/kg·min) son similares en atletismo y natación a los obtenidos en el estudio de Garrido y González (2006) (media de edad: 20 años), pero expresados en masa muscular (ml/kgMM·min) nuestro estudio presenta valores inferiores, lo que puede deberse a que los deportistas tengan menor masa muscular (Torres, 2016). Con esto podemos observar la importancia de la composición corporal para la obtención de un rendimiento óptimo (Carter & Heath, 1990), que puede afectar de manera diferente y específica al rendimiento de los deportistas de cada especialidad deportiva. En atletismo, según un estudio realizado por Canda, Sainz, De Diego y Pacheco (2001), tanto para sexo masculino como femenino, obtuvieron el somatotipo de tipo mesomorfo-balanceado, a diferencia del estudio realizado por Pons et al. (2015) que lo obtuvieron de tipo ectomorfo-balanceado. En natación, el estudio realizado por Pons et al. (2015) puso de manifiesto que el tipo de somatotipo predominante fue mesomorfo balanceado tanto para sexo masculino como femenino, coincidiendo con el estudio realizado por Rodríguez, Oscar, Tejo y Rozowski (2014). En el caso del triatlón, el estudio realizado por Lentini, Gris, Cardey, Aquilino y Dolce (2004) demostró que en sexo masculino el tipo de somatotipo fue ecto-mesomorfo y en sexo femenino fue endo-mesomorfo.

The differences in body composition can be at least partly explained by the differences in behavior associated with the  $\dot{V}O_2\text{max}$  values ( $\text{ml}/\text{kgMM}\cdot\text{min}$ ) throughout development, since children tend to have more fat-free weight before puberty. After adolescence,  $\dot{V}O_2\text{max}$  values drop in children, too, so it has been proposed that the best development in order to lower the effect of body weight is to raise the weight to 0.75 to express the  $\dot{V}O_2\text{max}$  in relative terms (Hulbert & Else, 2000), and to use the body surface area ( $\text{ml}/\text{m}^2\text{BSA}\cdot\text{min}$ ) (Armstrong, 2007), since we must bear in mind that the stress test is performed on a treadmill, and for swimmers it is far from the medium in which they work and train (Torres, Campos, & Aranda, 2016). In this sense, the percentage of fat on swimmers cannot be as harmful as it is for runners and triathletes, since swimmers work in water, and in this sense a somewhat higher percentage of fat has not been proven to be harmful (Fernandes, Sousa, Machado, & Vilas-Boas, 2011). Initially, the fact that the data were extracted based on an incremental ergospirometric test on a ramp on an ergometric treadmill already poses a clear disadvantage to swimmers, since they perform their activity in micro-gravity yet are being evaluated with a test that is not specific for them in which they are attributed lower values (Peyrebrune, Toubekis, Lakomy, & Nevill, 2012). For this reason, the values in the swimmers are not totally valid for establishing subsequent training guidelines, as suggested by Ogita (2006), hence the differences in relation to the track and field and triathlon athletes in which running is a specific activity. Therefore, the metabolic specificity of the stress test may influence the results, which may be altered if the test with spirometric gases is performed in water, given that the active mass would be the upper extremity and the area by  $\text{cm}^2$  of body size would be higher (Armstrong, 2007), which would change the  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kgMM}\cdot\text{min}$  value (Torres et al., 2016). Evaluations must be performed from a specific approval of the type of athletic effort made in each discipline (Rama, Santos, Gomes, & Alves, 2006).

Las diferencias en la composición corporal pueden explicar, al menos de forma parcial, las diferencias de comportamiento ligadas al sexo en los valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  ( $\text{ml}/\text{kgMM}\cdot\text{min}$ ) a lo largo del desarrollo, ya que los niños tienen mayor peso libre de grasa antes de la pubertad. Después de la adolescencia, los valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  disminuyen también en niños, por ello se ha propuesto que el desarrollo más adecuado con el fin de reducir el efecto del peso corporal sea elevar el peso a 0.75 para expresar en términos relativos el  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Hulbert & Else, 2000), y la utilización del área de superficie corporal ( $\text{ml}/\text{m}^2\text{SC}\cdot\text{min}$ ) (Armstrong, 2007), ya que tenemos que tener en cuenta que la prueba de esfuerzo se realiza sobre treadmill, y por ello en el caso de los nadadores resulta un alejamiento del medio en el que trabajan y entrenan (Torres, Campos, & Aranda, 2016). En este sentido, el porcentaje graso de los nadadores puede no ser tan perjudicial como lo sería para corredores y triatletas, ya que los nadadores desarrollan su actividad en el medio acuático y, en este sentido, un porcentaje graso algo más elevado no está demostrado que sea perjudicial (Fernandes, Sousa, Machado, & Vilas-Boas, 2011). De entrada, el hecho de realizar la extracción de los datos a partir de un test ergoespirométrico incremental en rampa en cinta ergométrica ya condiciona una clara desventaja en los nadadores, debido a que estos realizan su actividad en microgravedad, y se les está evaluando mediante una prueba no tan específica para ellos/ellas en la que se le atribuyen valores inferiores (Peyrebrune, Toubekis, Lakomy, & Nevill, 2012). Por esto, los valores en los nadadores no son totalmente válidos para establecer pautas de entrenamiento posteriores tal como propugna Ogita (2006). De ahí las diferencias en relación a los/las deportistas de atletismo y triatlón con los que la carrera a pie constituye una actividad específica. Por tanto, la especificidad metabólica de la prueba de esfuerzo puede ser influyente en los resultados, pudiendo ser alterados si el test con los gases espirométricos se realiza en el agua dado que la masa activa sería la extremidad superior, y el área por  $\text{cm}^2$  de tamaño corporal sería mayor (Armstrong, 2007), lo cual modificaría el valor del  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kgMM}\cdot\text{min}$  (Torres et al., 2016). Es necesario realizar valoraciones desde una aprobación específica al tipo de esfuerzo deportivo realizado en cada disciplina (Rama, Santos, Gomes, & Alves, 2006).

## Conclusions

The relative and absolute  $\dot{V}O_2\text{max}$  do not behave identically as age increases due to the increase in total weight, with a gradual decrease in the relative  $\dot{V}O_2\text{max}$  and a progressive increase in absolute  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Therefore, evaluating the  $\dot{V}O_2\text{max}$  based on total mass could lead to error by bearing in mind the fatty, bone and residual mass.

Given this, we should focus on evaluations of  $\dot{V}O_2\text{max}$  and AnT in youths based on:

- muscle mass: since it is related to the volume of oxygen consumed by muscles.
- $\log\dot{V}O_2$ : since it eliminates the effect of body size by elevating it to 0.75.

$\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  and  $\dot{V}O_2\text{AnT}/\text{MM}$  are higher in swimming than in triathlon and track and field, perhaps justified by swimmers' higher muscle mass.

The results of swimmers differ from those of the other two specialties, which may be due to their motor and metabolic differences.

## Limitations of the Study

In the development of this study, the sampling procedure may have affected the results, since the athletes are not the product of random selection but were instead chosen as athletes within the special sports plan from the Chestre Technification Centre.

Likewise, the fact that the tests were performed on an ergonomic treadmill means disadvantages for swimmers, since they are not being evaluated in the medium in which they train and compete, namely water. For this reason, the future intention is to perform tests in a more specific way for each sport.

## Practical Applications

This study can be transferred to practice because the values studied provide information on the athlete's performance status with knowledge of their physiological profiles and adequate control of them throughout the training cycles, seeing the evolution of the athlete once the parameters studied have been examined. Performance variables can also be compared (such as their records) with their physiological values, and their relationship can be checked.

## Conclusiones

El  $\dot{V}O_2\text{max}$  relativo y el absoluto no se comportan de la misma forma al aumentar la edad debido al aumento del peso total, habiendo un descenso progresivo en el  $\dot{V}O_2\text{max}$  relativo y un aumento progresivo en el  $\dot{V}O_2\text{max}$  absoluto. Por ello la valoración del  $\dot{V}O_2\text{max}$  en base a la masa total podría conducir a error por tener en cuenta la masa grasa, ósea y residual.

Ante eso, se deberían primar las valoraciones del  $\dot{V}O_2\text{max}$  y Uan en jóvenes en base a:

- la masa muscular: ya que tiene relación con el volumen de oxígeno que se consume a nivel muscular.
- $\log\dot{V}O_2$ : ya que elimina el efecto del tamaño corporal, elevándolo a 0.75.

El  $\dot{V}O_2\text{max}/\text{MM}$  y  $\dot{V}O_2\text{Uan}/\text{MM}$  es mayor en natación que en triatlón y atletismo, justificándose posiblemente por una mayor masa muscular de los nadadores.

Los resultados en los nadadores difieren respecto de las otras dos especialidades, pudiendo ser debido a su diferencia motriz y metabólica.

## Limitaciones del estudio

En el desarrollo de este estudio el procedimiento del muestreo puede afectar a los resultados obtenidos, ya que los deportistas no eran producto de una selección aleatoria, sino que eran elegidos de los planes de especialización deportiva pertenecientes al Centro de Tecnificación de Chestre.

Seguidamente, el hecho de realizar las pruebas en una cinta ergométrica condiciona una desventaja en los nadadores, ya que no se les está evaluando en el medio donde entrenan y compiten, que es el medio acuático. Por ello, la intención futura es realizar las pruebas de una forma más específica para cada deporte.

## Aplicaciones prácticas

Este estudio se traslada a la práctica debido a que los valores estudiados proporcionan información sobre el estado de rendimiento del deportista, conociendo sus perfiles fisiológicos y teniendo un control adecuado de ellos a lo largo de los ciclos de entrenamiento, viendo la evolución del deportista una vez trabajado los parámetros estudiados. También se podrán comparar variables de rendimiento (por ejemplo sus marcas) con sus valores

Likewise, they can be compared with other athletes who have an assigned physiological profile and specific records.

On the other hand, the results via a non-specific test with swimmers are not totally valid for establishing training guidelines. Furthermore, to optimally advise on training guidelines for triathletes, they should perform specific swimming and cycling tests in order to establish a comprehensive physiological profile.

## Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

## References | Referencias

- Armstrong, N. (2007). Paediatric Exercise Physiology. En N. Spurway & D. MacLaren (Eds.), *Advances in Sport and Exercise Sciences Series* (Cap. 2). London: Churchill Livingstone Elsevier.
- Biddle, S. J. (1993). Children. Exercise and Mental Health. *International Journal of Sport Psychology*, 24, 200-216.
- Canda A., Sainz L., De Diego T., & Pacheco J. L. (2001). Características morfológicas del decatleta vs especialistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, XVIII, 84, 277-284.
- Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). Somatotyping: development and implications. *Cambridge Studies in Biological Anthropology* (Vol. 5). Cambridge University Press.
- Casajús, J. A., Piedrafita, E., & Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(35), 217-231.
- Eklblom, B. (1969). Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta Physiologica Scandinavica* (Suppl. 328), 1-45.
- Fernandes, R. J., Sousa, M., Machado, L., & Vilas-Boas, J. P. (2011). Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 940-946. doi:10.1055/s-0031-1283189
- García Manso, J. M., Campos, J., Lizaur, P., & Pablos, C. (2003). *El talento deportivo. Formación de elites deportivas*. Madrid: Gymnos.
- García Verdugo, M., & Miguel Landa, L. (2005). *Medio fondo y fondo. La preparación del corredor de resistencia*. Real Federación Española de Atletismo.
- García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Carrasco, L., Díaz, A., & Izquierdo, M. (2009). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 629-638. doi:10.1007/s00421-009-1061-2
- Garrido Chamorro, R. P., & González Lorenzo, M. (2006). Volumen de oxígeno por kilogramo de masa muscular en futbolistas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 6(21), 44-61.
- Gaskill, S. E., Ruby, B. C., Walker, A. J., Sanchez, O. A., Serfass, R. C., & Leon, A. S. (2001). Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1841-1848. doi:10.1097/00005768-200111000-00007
- Gómez, M. C., Sabater, F., Olaso, G., Ferrando, B., Derbre, F., Salvador-Pascual, A., ... Pareja-Galeano, H. (2014). Redox regulation of E3 ubiquitin ligases and their role in skeletal muscle atrophy. *Free Radical Biology and Medicine*, 75(Suppl. 1), S43-S44. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2014.10.799
- Hech, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3), 117-30. doi:10.1055/s-2008-1025824
- Hubert, A. J., & Else, P. L. (2000). Mechanisms underlying the cost of living in animals. *Annual Review of Physiology*, 62, 207-235. doi:10.1146/annurev.physiol.62.1.207
- Krebs, H. A. (1975). The August Krogh Principle: For many problems there is an animal on which it can be most conveniently studied. *Journal of Experimental Zoology*, 194(1), 221-226. doi:10.1002/jez.1401940115
- Larsen, H. B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular and Integrative Physiology* 136(1), 161-170. doi:10.1016/S1095-6433(03)00227-7
- Legaz-Arrese, A. (2012). *Manual de entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Lentini A., Gris, M., Cardey, L., Aquilino, G., & Dolce, A. (2004). Estudio somatotípico en deportistas de alto rendimiento de Argentina. *Archivos de Medicina del Deporte*, XXI(104).
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., Santalla, A., & Chicharro, J. L. (2002). Inverse relationship between VO<sub>2</sub>max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 2079 - 2084. doi:10.1097/00005768-200212000-00032
- Marliss, E. B., Kreisman, S. H., Manzon, A., Halter, J. B., Vranic, M., & Nessim, S. J. (2000). Gender differences in glucoregulatory responses to intense exercise. *Journal Applied Physiology*, 88(2), 457-466. doi:10.1152/jappl.2000.88.2.457
- Navarro, F., & Oca, A. (2010). *Planificación y Control del Entrenamiento*. Madrid: RFEN/Ciultivalibros.
- Noakes, T. D. (2008). Testing for maximum oxygen consumption has produced a brainless model of human exercise performance. *Journal of Sports Medicine*, 42(7), 551-5. doi:10.1136/bjsm.2008.046821
- Ogita, F. (2006). Energetics in competitive swimming and its application for training. *Biomechanics and Medicine in Swimming*, X. Porto, 117-121.

- Peyrebrune, M. C., Toubekis, A. G., Lakomy, H. K. A., & Nevill, M. E. (agosto, 2012). Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports*.
- Pons, V., Riera, J., Galilea, P. A., Drobnic, F., Banquells, M., & Ruiz O. (2015). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referencia del CAR de Sant Cugat, 1989-2013. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 50(186), 65-72. doi:10.1016/j.apunts.2015.01.002
- Poole, D. C., Wilkerson, D. P., Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise test. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403-410. doi:10.1007/s00421-007-0596-3
- Rama, L., Santos, J., Gomes, P., & Alves, F. (2006). Determinant factors related to performance in young swimmers. En J. P. Vilas-Boas, F. Alves & A. Porto Marques, *Biomechanics and Medicine in Swimming X*. (Eds.), *Portuguese Journal of Sport Science*, 246-249.
- Reybrouk, T. (1985). Ventilatory anaerobic threshold in healthy children. Age and sex differences. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(3), 278-284. doi:10.1007/BF00426145
- Rodríguez, P., Oscar, V., Tejo, C., & Rozowski, N. (2014). Somatotipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Revista chilena de nutrición*, 41(1). doi:10.4067/S0717-75182014000100004
- Rogers, M. (1995). Scaling for the VO<sub>2</sub> to body-size relationship among children and adults. *Journal of Applied Physiology*, 79, 958-967. doi:10.1152/jappl.1995.79.3.958
- Saltin, B., Kim, C. K., Terrados, N., Larsen, H., Svedenhag, J., & Rolf, C. J. (1995). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scandinavian. Journal of Medicine & Science in Sports* 5, 222-230 doi:10.1111/j.1600-0838.1995.tb00038.x
- Torres, V., Campos, J., & Aranda, R. (2016). Estudio de los perfiles fisiológicos de jóvenes deportistas de diferentes especialidades deportivas. *IX Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*. Toledo (España).
- Torres, V. (junio, 2016). Influencia de la masa muscular de la extremidad inferior y la masa muscular de la extremidad superior en el volumen de oxígeno máximo por kilogramo de masa muscular en diferentes especialidades deportivas de resistencia. *XII Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud*. Pontevedra (España).
- Wasserman, K. (1984). Anaerobiosis, lactate and gas exchange during exercise issues. *Federation Proc*, 45, 2409-2416.
- Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyl, S. N., & Beaver, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 236,243. doi:10.1152/jappl.1973.35.2.236
- Welsman, J., & Armstrong, N. (2000). Statistical techniques for interpreting body-size related exercise performance during growth. *Pediatric Exercise Science*, 12(2), 112-127. doi:10.1123/pes.12.2.112
- Weston, A. R., Mbambo, Z., & Myburgh, K. H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(6), 1130-1134. doi:10.1097/00005768-200006000-00015