

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO DEL CICLISTA ÉLITE COSTARRICENSE SEGÚN ESPECIALIDAD Y TIPO DE PRUEBA

DETERMINATION OF ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS AND MAXIMUM CONSUMPTION OF OXYGEN OF COSTA RICAN PROFESSIONAL CYCLISTS BY AREA OF EXPERTISE AND TYPE OF RACE

Harold Ramos Méndez
Universidad Nacional
Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Heredia, Costa Rica
haras-24@hotmail.com

María Alejandra Murillo Murillo
Universidad Nacional
Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Heredia, Costa Rica
alemurillo08@hotmail.com

Braulio Sánchez-Ureña
Universidad Nacional
Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Heredia, Costa Rica
braulio.sanchez.urena@una.cr

Elizabeth Carpio Rivera
Universidad Nacional
Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Heredia, Costa Rica
elitacarpio@gmail.com

Felipe Araya Ramírez
Universidad Nacional
Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Heredia, Costa Rica
felipe.araya.ramirez@una.cr

Resumen

El propósito de este estudio fue determinar las características antropométricas y el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) de ciclistas élite costarricenses. Participaron un total de 22 ciclistas con un promedio de edad de 24.7 ± 3.7 años, un peso corporal de 64.5 ± 2.7 kg, estatura de 1.73 ± 0.02 m y una experiencia en competencias de 10 ± 2.3 años. Se obtuvieron las siguientes variables: peso, estatura y porcentaje de grasa corporal y $VO_{2\text{máx}}$, el cual se midió forma directa. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (promedios y desviaciones estándar), *t student* para grupos independientes y ANOVA de una vía con *post hoc* de Tukey. No se registraron diferencias estadísticamente significativas en las variables peso ($t_{(20)}=0.24$; $p=.82$), estatura ($t_{(20)}=1.37$; $p=.19$), porcentaje de grasa corporal ($t_{(20)}=0.90$; $p=.38$) y $VO_{2\text{máx}}$ ($t_{(20)}=0.03$; $p=.98$) entre los ciclistas que practican solamente ruta y aquellos que practican ruta y MTB de manera conjunta según el tipo de prueba. En el análisis por especialidad, se detectó diferencias significativas únicamente en el caso del peso corporal ($F_{(2,21)} = 4.95$; $p=.02$), mostrando que los contrarrelojistas son significativamente más pesados que los escaladores. **Conclusión:** las características antropométricas y cardiorrespiratorias según el tipo de prueba y especialidad de los ciclistas costarricenses son similares, con excepción del peso corporal, que fue significativamente mayor en los contrarrelojistas que los escaladores.

Palabras clave: composición corporal, capacidad aeróbica, ciclismo de montaña, ciclismo de ruta

Abstract

The purpose of this study was to determine anthropometric characteristics and the maximum consumption of oxygen ($VO_{2\text{max}}$) of professional Costa Rican cyclists. A total of 22 cyclists participated with an average age of 24.7 ± 3.7 years, a body weight of 64.5 ± 2.7 kg, height of 1.73 ± 0.02 m and competition experience of 10 ± 2.3 years. The following were the variables used: weight, height, body fat percentage and $VO_{2\text{max}}$, which was measured directly. Data obtained was analyzed through descriptive statistics (averages and standard deviation), *t*-student for independent groups and one-way ANOVA with Tukey post hoc. No significant statistical differences were recorded in the following variables: weight ($t_{(20)}=0.24$; $p=.82$), height ($t_{(20)}=1.37$; $p=.19$), body fat percentage ($t_{(20)}=0.90$; $p=.38$) and $VO_{2\text{max}}$ ($t_{(20)}=0.03$; $p=.98$) among the cyclists that only do road cycling and those who do both road and MTB, depending on the type of race. On the analysis by area of expertise, significant differences were detected only in body weight ($F_{(2,21)}=4.95$; $p=.02$) showing that time trialists are significantly heavier than climbers. **Conclusion:** anthropometric and cardiorespiratory characteristics by type of race and area of expertise of Costa Rican cyclists are similar, except for body weight, which was significantly greater in time trialists than climbers.

Keywords: body composition, aerobic capacity, mountain biking, road cycling.

Introducción

La estructura de las carreras de ciclismo pueden variar entre eventos de un único día y por etapas, en el que se incluyen diferentes tipos de pruebas como: contrarreloj, con rutas predominantemente llanas y con rutas donde predomina la montaña (Lee, Martin, Anson, Grundy y Hahn, 2002). El rendimiento deportivo de los ciclistas en estos eventos puede ser influenciado por características

fisiológicas como el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) y el umbral anaeróbico (Menaspà, Abbiss y Martin, 2013), pero también por aspectos antropométricos como la composición corporal (Coutinho, Trigueiro, da Silva, dos Santos y Soares, 2011; Padilla, Mujika, Cuesta y Goiriena, 1999; Peinado et al., 2011).

De esta manera, la medición de las características antropométricas y el $VO_{2\text{máx}}$ son importantes para el buen desempeño del ciclista élite, en las diferentes etapas del entrenamiento, ya que con los datos suministrados se puedan conocer los aspectos a mejorar y planificar mejor la temporada, buscando elevar el nivel del ciclista en las competiciones (Jeukendrup, Craig y Hawley, 2000; Padilla et al., 1999; Peinado et al., 2011).

Algunas mediciones antropométricas específicas, como talla y composición corporal, han sido utilizadas como un índice relacionado con el rendimiento deportivo de los ciclistas (Coutinho et al., 2011; Padilla et al., 1999; Peinado et al., 2011). Por tal razón, en estudios previos se han evaluado las características físicas de ciclistas (Coutinho et al., 2011; Martínez, Fideu y Ferrer, 1993; Peinado et al., 2011; Tuche, Fazolo, Assis, Dantas y Fernandes, 2005), ya que se reconoce la necesidad de realizar estas mediciones para que de esta manera se puedan identificar las particularidades que permitan determinar la especialidad en la que estos atletas puedan tener un desempeño más eficiente (Peinado et al., 2011).

Al respecto, Peinado et al. (2011) realizaron un análisis multivariado discriminante y lograron demostrar que al incluir en el análisis el peso corporal, la altura de los sujetos y el porcentaje de grasa obtenido mediante 6 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaco, muslo y pantorrilla), 3 diámetros (bicondíleo de fémur, bicondíleo de húmero y biestiloideo de muñeca) y 3 circunferencias (brazo contraído, muslo y pantorrilla), así como el $VO_{2\text{máx}}$ e IMC de los ciclistas, se logra discriminar en un 100 % la especialidad que debe desempeñar el atleta, de manera que conocer el comportamiento de estas variables facilita establecer el programa de entrenamiento que necesita el atleta según su especialidad, de manera que se mejore al máximo su rendimiento deportivo.

Además, la evaluación de la antropometría de los ciclistas también es importante, ya que el rendimiento de estos atletas está determinado en gran parte por otras características morfológicas como el peso, el área de superficie frontal (Lucía, Hoyos y Chicharro, 2001; Padilla et al., 1999) y el índice de masa corporal (IMC) (Lucía et al., 2001).

Respecto al $VO_{2\text{máx}}$, esta es una cualidad importante para el rendimiento en el ciclismo (Faria, Parker y Faria, 2005; Impellizzeri y Marcora, 2007; Schmitz, Van Breda y Kuipers, 2007), principalmente si se toma en cuenta que existe una asociación entre el nivel competitivo y valores de $VO_{2\text{máx}}$ por encima de los 70 ml/kg/min como requisito previo para competir en un alto nivel mundial. Inclusive, se ha indicado que poseer valores de $VO_{2\text{máx}}$ cercanos o superiores a 70 ml/kg/min es lo que contribuye con la capacidad del ciclista para mantener altas cargas de trabajo (por encima de 90 % del $VO_{2\text{máx}}$) por períodos prolongados de tiempo (60 minutos o más) (Faria et al., 2005; Lucía, Hoyos y Chicharro, 2000; Lucía et al., 2001), por lo que se recomienda el

análisis de esta variable fisiológica como pauta para lograr un rendimiento óptimo (Faria et al., 2005).

En Costa Rica se carece de investigaciones científicas respecto a la composición corporal y capacidad aeróbica de ciclistas élite, siendo necesario realizar estudios con los que se desarrolle esta área de investigación. De esta manera, el propósito de este estudio fue determinar las características antropométricas y el VO_2 máx del ciclista élite costarricense y comparar estos parámetros según el tipo de prueba que practican los ciclistas con mayor frecuencia o según la especialidad, para tomar como referencia estos datos y de esta manera clasificar y predecir la especialidad en la que los ciclistas emergentes podrían ser los más adecuados.

Metodología

Tipo y diseño de estudio

Se trató de un estudio descriptivo para el análisis de las características antropométricas y de capacidad aeróbica del ciclista élite costarricense.

G1 O1

Participantes

Los sujetos del estudio fueron 22 ciclistas varones élite con edad promedio de 24.7 ± 3.7 años, peso corporal de 64.5 ± 2.75 kg, estatura de 173 ± 2 cm y una experiencia en competencias de 10 ± 2.3 años, integrantes de diferentes equipos de ciclismo categoría élite de Costa Rica, según la Federación Costarricense de Ciclismo (FECOCI). Del total de la muestra, según el tipo de prueba, se clasificaron en dos grupos de ciclistas, los que practican ciclismo de ruta y ciclismo de montaña de manera conjunta ($n=13$) y los sujetos que practican únicamente ciclismo de ruta ($n=9$). Así mismo, con respecto a la especialidad se hicieron tres grupos: ($n=4$) ciclistas escaladores, ($n=6$) ciclistas contrarrelojistas y ($n=12$) sujetos con especialidad en todo terreno. Su participación en el estudio fue voluntaria, los procedimientos experimentales, los riesgos asociados y los beneficios se explicaron a cada participante y esto fue documentado en un formulario de consentimiento informado firmado por cada uno de ellos. El estudio fue diseñado de acuerdo con las recomendaciones para investigación clínica de la Asociación Médica Mundial, Declaración de Helsinki, Fortaleza, 2013.

Instrumentos de medición

Para la medición de los datos antropométricos se utilizaron los siguientes instrumentos y en el orden correspondiente: el peso fue medido mediante una báscula marca Tanita® modelo BF-683W, la cual tiene una precisión de ± 0.1 kg. La estatura se midió utilizando un estadiómetro marca “Tanita®” y la medición de la talla se realizó respetando el plano Frankfort siguiendo el protocolo descrito previamente por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, por sus siglas en inglés, 2009). El porcentaje de grasa fue obtenido por el método de pliegues cutáneos utilizando

la fórmula de 7 pliegues (pectoral, axilar, tríceps, subescapular, suprailiaco, abdominal y muslo), siguiendo el protocolo descrito por el ACSM (2014), y se determinó mediante la utilización de un plicómetro marca “Lange Skinfold Caliper®”, con una precisión de 0.2 mm y una sensibilidad de 1 mm. Se realizaron tres mediciones por cada pliegue utilizándose el promedio de las tres medidas en el lado derecho del cuerpo y se determinó el porcentaje de grasa mediante la fórmula de Jackson y Pollock (1978), mencionada por (Lopategui, 2008).

Para la medición del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$), se realizó de manera directa mediante un analizador de gases marca “Medgraphics®” modelo VO2000, el cual tiene una validez de 0.98 y una confiabilidad de 95 %. (Crouter, Amtezak, Hudak, Della-Valle y Hass, 2006). El $VO_{2\text{máx}}$ se evaluó bajo un protocolo modificado de Bruce (1973), de resistencia escalonada similar en intensidad y a intervalos constantes de tiempo, tomando como referencia el estudio de Lopategui (2012). Se llevó a cabo con la bicicleta de cada uno de los ciclistas, montada sobre un rodillo marca “Tacx CycleForce i-Magic®” y se utilizó el software específico de este rodillo para controlar la carga (Watts) y las revoluciones por minuto (RPM).

Procedimiento

Se contactó a los entrenadores de los diferentes equipos y se les explicó a ellos y a los ciclistas el objetivo del estudio para luego solicitar su participación voluntaria en él. A los ciclistas que accedieron a participar se les pidió que se presentaran en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Programa de Ciencias del Ejercicio y la Salud (PROCESA) de la Universidad Nacional de Costa Rica, lugar donde se realizaron las mediciones antropométricas y fisiológicas.

Al llegar al Laboratorio de PROCESA, a cada ciclista se le tomaron los datos descriptivos (nombre del equipo, nombre del ciclista, edad, experiencia competitiva en años, tipo de prueba y especialidad que desempeña) y luego, de forma individual, se hicieron las mediciones de las variables dependientes en el siguiente orden respectivo: los datos antropométricos (peso, talla y pliegues cutáneos) y al final la prueba del $VO_{2\text{máx}}$. Cada ciclista tuvo un tiempo de calentamiento de 3 minutos con una carga de 50 watts, posteriormente se iniciaba la prueba aumentando la potencia en 50 watts por cada etapa, con una duración de 3 minutos cada una. Si el sujeto llegaba al límite de watts del instrumento evaluador, se incrementó las revoluciones por minuto, pasando a 5 rpm más en cada una de las siguientes etapas. Durante cada etapa, el ciclista debía mantener una cadencia (frecuencia de pedaleo) entre 80 y 85 revoluciones por minuto, en todo momento el sujeto debe permanecer sentado sobre el sillín de la bicicleta. La prueba terminó en el momento en que el ciclista indicó que no podía continuar o cuando el ciclista no logró mantener las revoluciones mencionadas anteriormente. Las mediciones se realizaron en el periodo de pretemporada de los ciclistas.

Análisis estadístico

El análisis de la estadística descriptiva se realizó mediante promedios y desviaciones estándar. la normalidad de los datos se evaluó mediante el Shapiro-Wilks Test y la homogeneidad de varianzas por medio del Levene Test. En lo referente al análisis de la estadística inferencial, en el caso de la evaluación para el análisis según el tipo de prueba que practicaban los ciclistas con mayor frecuencia (solamente ruta o ruta en conjunto con MTB), se realizó, para cada variable medida (peso, talla, porcentaje de grasa corporal y VO₂máx), una *t* student para muestras independientes. Para el análisis según la especialidad de cada deportista (todo terreno, contrarrelojistas y escaladores), en primera instancia se evaluó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianza, normalidad e independencia de residuos. Dado que los supuestos se cumplieron, se procedió a evaluar si existía diferencia significativa en cada una de las variables dependientes medidas (peso, talla, porcentaje de grasa corporal y VO₂máx) aplicando para cada una de ellas un ANOVA de una vía para grupos independientes. Así mismo, cuando fue necesario, se aplicó el análisis *post hoc* de “Tukey”. Los datos se analizaron con el programa estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA) versión 22.0, aceptando significancia estadística con un alfa de $p < 0.05$.

Resultados

En la Tabla 1 se muestra la estadística descriptiva de los datos obtenidos a partir de las mediciones antropométricas (porcentaje de grasa corporal, peso, talla) y de la medición del VO₂máx de los ciclistas según el tipo de prueba que practican con mayor frecuencia y según su especialidad.

Tabla 1. Estadística descriptiva (promedio ± DS) para las variables dependientes según el tipo de prueba y la especialidad de los ciclistas

		<i>n</i>	Porcentaje de grasa (%)	Peso (kg)	Talla (m)	VO ₂ máx (ml/kg/min)
Tipo de prueba	MTB-Ruta	13	9.45 ± 2.59	65.1 ± 3.4	1.75 ± 0.04	65.36 ± 6.76
	Ruta	9	10.27 ± 3.3	64.5 ± 7.92	1.72 ± 0.05	65.45 ± 4.60
Especialidad del ciclista	Todo terreno	12	9.25 ± 2.59	63.94 ± 3.65 ^a	1.74 ± 0.06	65.9 ± 5.41
	Contrarrelojistas	6	11.29 ± 3.35	69.60 ± 5.85 ^{a,b}	1.75 ± 0.04	63.53 ± 7.01
	Escaladores	4	9.15 ± 2.73	60.52 ± 5.90 ^{a,c}	1.71 ± 0.05	66.69 ± 6.31

Nota: las abreviaciones significan: *n*= número de sujetos, MTB= mountain bike, VO₂máx= consumo máximo de oxígeno. Letras distintas representan diferencias significativas entre especialidad.

La estadística inferencial mostró que no existe diferencia significativa en las variables peso ($t_{(20)}=0.24$; $p=.82$), estatura ($t_{(20)}=1.37$; $p=.19$), porcentaje de grasa corporal ($t_{(20)}=0.90$; $p=.38$) y VO₂máx ($t_{(20)}=0.03$; $p=.98$) según el tipo de prueba, entre ciclistas que practican solamente ruta y aquellos que practican ruta y MTB de manera conjunta. Además, según la especialidad del ciclista, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa ($F_{(2,21)}= 4.95$; $p=.02$) en la variable

peso. De forma específica y después de aplicar el análisis *post hoc* de Tukey, se obtuvo que los contrarrelojistas son significativamente más pesados que los escaladores en un 5,5 %, mientras que no se encuentran hallazgos que indiquen diferencias significativas entre el peso de contrarrelojistas y todo terreno, tampoco entre el peso de los todoterreno respecto a los escaladores. En relación con las demás variables (estatura, porcentaje de grasa corporal y $VO_2\text{máx}$), no se encontraron diferencias significativas según la especialidad de los deportistas ($F_{(2,21)} = 0.32$; $p=0.73$; $F_{(2,21)} = 1.17$; $p=0.33$; $F_{(2,21)}=0.42$; $p=0.66$, respectivamente).

Discusión

El propósito del estudio fue determinar las características antropométricas y el $VO_2\text{máx}$ del ciclista élite costarricense y, además, comparar si existe diferencia en estas mediciones según la prueba que practican los ciclistas con mayor frecuencia o según la especialidad. Respecto a los resultados antropométricos del presente estudio, a nivel general, se detecta que son muy similares a los reportados en investigaciones previas (Coutinho et al., 2011; Impellizzeri y Marcora, 2007; Tuche et al., 2005). Por ejemplo, Impellizzeri y Marcora (2007) reportaron que los ciclistas de montaña clasificados a la final de los Juegos Olímpicos de Verano de Atenas en el 2004 tenían un promedio de peso de 67 kilos y una estatura promedio entre 176 cm y 180 cm.

Asimismo, Coutinho et al. (2011) realizaron un estudio comparativo de las mediciones antropométricas de 18 varones ciclistas élite de Pernambuco en Brasil con los datos publicados de mediciones antropométricas de ciclistas australianos también élite. Con respecto a los resultados, mostraron que el peso corporal promedio de los ciclistas Brasileños y Australianos fue de 69.9 kg y 72.5 kg respectivamente y la estatura promedio fue de 172.5 cm y 178.0 cm. Si bien los datos de peso corporal son mayores a los de ciclistas costarricenses, la estatura reportada de los ciclistas brasileños, australianos y costarricenses son bastante similares.

De igual forma, se han reportado en otros estudios (Martínez et al., 1993; Tuche et al., 2005) datos de peso y estatura que se asemejan a los detectados en ciclistas costarricenses, esto principalmente en la estatura. Al respecto, Tuche et al. (2005) identifican las características físicas de ciclistas Brasileños, para esto analizaron una muestra total de 18 sujetos, y encontraron que los deportistas tenían un peso de 70.1 kg y una estatura de 176.6 cm. Asimismo, Martínez et al., (1993) determinaron las características antropométricas de 58 ciclistas de competición y encontraron que los ciclistas pesaban 69.6 kg, y tenían una estatura de 173.2 cm, valores que, como se mencionó previamente, son semejantes a la demostrada en ciclistas élite costarricenses.

En relación con los análisis realizados según el tipo de prueba, en el presente estudio se demostró que no existe diferencia significativa en las variables antropométricas medidas entre ciclistas que practican solamente ruta y aquellos que practican ruta y MTB de manera conjunta, aunque tomando en cuenta las características del MTB mencionadas por algunos autores (Impellizzeri y Marcora, 2007; Lee et al., 2002), como por ejemplo el tipo de terreno en el que se incluyen ascensos y descensos, senderos de tierra y senderos entre la montaña y el campo, así como el mayor peso de la bicicleta (Impellizzeri y Marcora, 2007), se consideró que podrían existir diferencias bien

marcadas en el perfil antropométrico de los ciclistas que realizaban únicamente ruta respecto a los ciclistas que realizaban ruta en combinación con MTB.

Estos hallazgos se oponen a lo reportado por [Lee et al. \(2002\)](#) quienes, al comparar las características fisiológicas y antropométricas de los ciclistas que practican MTB y los ciclistas profesionales que practican ruta, analizaron un total de 7 deportistas de montaña y 7 ciclistas de ruta y encontraron que los deportistas que realizan montaña tienen un peso significativamente menor en comparación con los ciclistas que ejecutan ruta, 65.3 kg y 74.7 kg respectivamente. Además, mostraron que los ciclistas que practican montaña tienen un porcentaje de grasa de 1.8 % menor respecto a los ciclistas que practican ruta. Una posible explicación a la discrepancia con los resultados reportados por [Lee et al. \(2002\)](#), y al hecho de no detectar diferencia significativa en la características antropométricas en la muestra analizada, es que en la presente investigación se incluyen 13 ciclistas que practican ambas modalidades de ciclismo, es decir, MTB y ruta, lo que podrían estar permitiendo el desarrollo de características de ambas modalidades, de manera que no se permitió diferenciar cualidades específicas para cada prueba de ciclismo realizada. Esta conjetura se sustenta en una de las limitaciones del estudio, que es de forma específica la carencia de un grupo de ciclistas de nivel profesional que únicamente realizaran MTB, con la que se pudiera realizar una comparación más certera. Sin embargo, es prudente esclarecer que esta limitación es muy difícil de solventar ya que, a nivel nacional, no se logró identificar un grupo de ciclistas de nivel élite dedicado únicamente a pruebas de montaña, por lo que se recomienda ahondar en esta línea de investigación. Esta situación se repite en los valores de VO_2 máx obtenidos por tipo de prueba, por lo que de igual manera se recomienda ahondar en esta línea de investigación.

Respecto a los análisis aplicados según la especialidad, se detecta que existe diferencia únicamente en la variable peso. De forma específica, se demostró que los contrarrelojistas son significativamente más pesados que los escaladores, mientras que no se encuentran hallazgos que indiquen diferencias entre el peso de contrarrelojistas y todoterreno, tampoco entre el peso de los todoterreno respecto a los escaladores. Estos resultados concuerdan con los reportados por [Peinado et al. \(2011\)](#), quienes al determinar las diferencias en las características antropométricas y las características fisiológicas de ciclistas aficionados élite, analizaron una muestra total de 20 atletas según su especialidad (contrarreloj, escaladores y todoterreno), demostrando que los ciclistas de contrarreloj reflejan en las variables antropométricas la mayoría de las diferencias ya que son, de forma significativa, más pesados y altos, resultado de una mayor masa muscular y porcentaje de grasa (71.8 kg y 179.7 cm) respecto a los ciclistas escaladores (58.8 kg y 169.9 cm). Así mismo, este resultado es congruente con lo encontrado por [Padilla et al. \(1999\)](#), quienes al evaluar las capacidades fisiológicas de 24 ciclistas de clase mundial, separados por su especialidad en escaladores, contrarrelojistas y todoterreno, demostraron que los ciclistas escaladores tienen un peso menor de forma significativa en comparación con los ciclistas especialistas en pruebas contrarreloj.

Una posible explicación al hallazgo obtenido de que los ciclistas especialistas en escalada son menos pesados en comparación con los ciclistas contrarreloj puede ser lo expuesto por varias

investigaciones (Impellizzeri, Ebert, Sassi, Menaspà, Rampinini y Martin, 2008; Lucia, Joyos y Chicharro, 2000; Lucía et al., 2001; Padilla et al., 1999; Peinado et al., 2011), que indican que los ciclistas escaladores tienden a ser más delgados y con menor estatura, debido a que requieren de estas cualidades antropométricas para vencer la mayor resistencia a la que están expuestos, es decir, la fuerza de la gravedad (Lucía et al., 2001; Peinado Lozano et al., 2011), disminuyendo la resistencia aerodinámica (Padilla et al., 1999). La combinación de estas demandas en la competencia, además de las diferentes características morfológicas y fisiológicas de los ciclistas, ha llevado al desarrollo de especialidades dentro del deporte, lo que favorece que los escaladores necesitan de un peso menor, ya que la adición de masa corporal para ser transportada cuesta arriba, enlentece la aceleración y añade resistencia a la rodadura (Jeukendrup et al., 2000; Swain, 1994).

Otra posible explicación al resultado de que los ciclistas contrarreloj sean más pesados respecto a los escaladores, es la brindada por Padilla et al. (1999), quienes manifiestan que se ha demostrado que la altura y el tamaño del cuerpo está positivamente relacionada con una actuación favorable en una contrarreloj de 26 o más kilómetros de distancia, prólogos y carreras finalizadas en llano, debido a valores más altos de potencia submáxima relativa según la fuerza absoluta (Padilla et al., 1999). En este punto es importante mencionar que si bien han transcurrido 17 años desde la publicación del artículo de Padilla et al. (1999), no se ubicó un referente teórico más actualizado al respecto.

Por su parte, los resultados que indican que no existe diferencia significativa entre características antropométricas de ciclistas todoterreno respecto a ciclistas escaladores y contrarrelojistas, más bien concuerdan con los hallazgos reportados por Impellizzeri y Marcora (2007), quienes al comparar las características físicas de 15 ciclistas todoterreno respecto a las características físicas de 34 ciclistas élite, separados en especialidad de escaladores ($n=9$), todoterreno ($n=15$) y especialistas en pruebas planas o lo que en el presente estudio se denominó contrarreloj ($n=10$), concluyeron que no existió diferencia significativa entre atletas todoterreno respecto a los otros ciclistas (Impellizzeri y Marcora, 2007). De manera semejante, el resultado que indica que no existe diferencia significativa entre las variables antropométricas de ciclistas todoterreno y escaladores, es congruente con los datos demostrados por Padilla et al. (1999), quienes exponen que las características entre estas especialidades de ciclistas no difieren ya que el trabajo realizado en las competencias por ambos es muy semejante (Padilla et al., 1999).

Con respecto al porcentaje de grasa, el no detectar diferencia significativa según el tipo de prueba o la especialidad practicada por los ciclistas se explica con lo expuesto por Lucía et al. (2001), quienes indican que el porcentaje de grasa corporal no difiere significativamente entre los diferentes tipos de ciclistas, principalmente cuando se obtienen valores cercanos al 10 % y utilizando la técnica de pliegues cutáneos.

En cuanto a los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$, los ciclistas profesionales costarricenses son ligeramente más bajos en comparación a los reportados en la literatura previa que oscilan entre los 66.5 y 78 ml/kg/min (Impellizzeri y Marcora, 2007; Lucia, Hoyos y Chicharro, 2000). Por ejemplo, Lucía, Joyos y Chicharro (2000) evaluaron el $\text{VO}_2\text{máx}$ de 9 ciclistas profesionales, de los cuales algunos estaban catalogados dentro de los mejores 20 ciclistas según la Unión Ciclista Internacional para el año 1998. El $\text{VO}_2\text{máx}$ promedio reportado fue de 72.6 ml/kg/min (Lucía et al., 2000). De manera semejante, Padilla et al. (1999) midieron la capacidad aeróbica de 24 ciclistas de clase mundial y encontraron valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ de 78.8 ml/kg/min.

Posibles explicaciones a la diferencia mostrado en los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ de los ciclistas nacionales con respecto a ciclistas de clase mundial podría ser la diferencia que existe entre ambas muestras respecto a la carga de entrenamiento y la exposición a competencias de alto nivel (Lucía et al., 2000; Schmitz et al., 2007). Los ciclistas profesionales de clase mundial deben cumplir con una mayor carga de entrenamiento y exponerse de forma más frecuente a competencias de alta exigencia, lo que los lleva a desarrollar al extremo el $\text{VO}_2\text{máx}$ de tal manera que se logra un valor que no puede ser incrementado ni elevando el volumen o la intensidad de entrenamiento (Lucía et al., 2000; Schmitz et al., 2007). Sin embargo, debemos reconocer que esta es una posible explicación, la cual debe interpretarse con cautela, ya que no se tiene el registro exacto de la cantidad de entrenamiento de los ciclistas costarricenses.

Por otra parte, los resultados que evidencian que no existe diferencia significativa en el $\text{VO}_2\text{máx}$ de los ciclistas según la especialidad realizada son congruentes con los hallazgos demostrados por Peinado et al. (2011), quienes al determinar las diferencias en las características fisiológicas de 20 ciclistas aficionados élite, según su especialidad (terreno plano, escaladores y todoterreno), demostraron que no existía diferencia significativa en el $\text{VO}_2\text{máx}$ de los ciclistas. Este resultado también lo logran demostrar Schmitz et al. (2007), quienes, al evaluar ciclistas holandeses, de forma específica 23 ciclistas profesionales y 15 ciclistas aficionados de élite, obtuvieron que el $\text{VO}_2\text{máx}$ no difería significativamente entre grupos (Schmitz et al., 2007). Resultados similares fueron registrados por Lucia et al. (2000), quienes encontraron diferencias significativas entre escaladores y contrarrelojistas.

Una posible explicación al hallazgo demostrado de no detectar diferencia significativa en el $\text{VO}_2\text{máx}$ entre los ciclistas, según el tipo de prueba o según la especialidad en la que se desempeña el deportista, puede ser la brindada por Schmitz et al. (2007). Estos investigadores expresan que cuando el nivel de entrenamiento de los ciclistas es semejante, el $\text{VO}_2\text{máx}$ tiende a no diferir de forma significativa (Schmitz et al., 2007), ya que la combinación de las demandas de la competencia en ruta y MTB, o según la especialidad, ha llevado al desarrollo de diferentes cualidades dentro del biotipo del ciclista, adaptándose a las exigencias de ambas disciplinas en sus diferentes especialidades.

Por tanto, con base en la información previamente expuesta, se concluye que las características antropométricas de los ciclistas costarricenses según el tipo de prueba (los que practican ciclismo de montaña y ciclismo de ruta de manera conjunta o que solamente practican ciclismo de ruta) son

similares, ya que no se encontraron diferencias significativas ni en los datos antropométricos ni en el consumo máximo de oxígeno. Así mismo, las características antropométricas según la especialidad entre ciclistas escaladores, contrarrelojistas y todoterreno también son similares con excepción del peso corporal (siendo significativamente mayor en los contrarrelojistas que los escaladores). Finalmente, el VO_2 máx del ciclista profesional costarricense es menor a lo reportado en la literatura en ciclistas de la élite mundial independientemente del tipo de prueba o la especialidad que practiquen.

Cabe resaltar que la muestra de este estudio fue elegida al azar, por lo que sería conveniente en estudios posteriores realizar pruebas específicamente con ciclistas que solo practican ciclismo de montaña o ciclismo de ruta, y sus respectivas clasificaciones, además de que se pueden incluir mujeres en futuros estudios para de esta manera tener datos claros de cómo se encuentran las ciclistas profesionales costarricenses con respecto a las del orbe.

Aunado a esto, se pueden incluir más variables como diámetros óseos, circunferencias musculares, composición de los diferentes tipos de fibra muscular y las reservas glucogénicas musculares concretas, para determinar un perfil antropométrico claro, ya que es de suma importancia para evaluar y comparar las mejoras de estos en diferentes momentos de la temporada, y sirve de ayuda para adecuar métodos y medios de entrenamiento para favorecer el rendimiento deportivo del ciclista profesional costarricense.

Otros datos a tener en cuenta son los estudios comparativos con las selecciones de ciclistas a nivel mundial, clasificando por continentes, países y zonas específicas, para realizar estudios más elaborados de comunes denominadores o predictores de rendimiento.

También se pueden incluir evaluaciones en pruebas de campo específicas del ciclismo, como lo son el lactato en sangre (muestra de sangre), el consumo máximo de oxígeno (análizador de gases portátil), eficiencia de pedaleo, potencia máxima desarrollada (potenciómetro), entre otros, dentro de un velódromo, donde se tomen en cuenta aspectos importantes como temperatura, velocidad del viento, resistencia a la rodadura (superficie) y hora del día, para que en futuros estudios se pueda hacer una réplica de dichas pruebas sin tantos aspectos que contaminen el estudio por omisión de datos.

Conclusión

Con base en la información previamente expuesta se concluye que las características antropométricas de los ciclistas costarricenses, según el tipo de prueba (los que practican ciclismo de montaña y ciclismo de ruta de manera conjunta o que solamente practican ciclismo de ruta), son similares, ya que no se encontraron diferencias significativas ni en los datos antropométricos, ni el consumo máximo de oxígeno. Así mismo, las características antropométricas según la especialidad entre ciclistas escaladores, contrarrelojistas y todoterreno también son similares con excepción del peso corporal (siendo significativamente mayor en los contrarrelojistas que en los escaladores).

Aplicaciones prácticas

Los datos acá suministrados permiten a entrenadores conocer los parámetros antropométricos y de capacidad aeróbica del ciclista de élite costarricense. Esta información puede ser útil al momento de perfilar jóvenes deportistas hacia la élite del ciclismo nacional, buscando alcanzar valores mínimos deseables en las variables analizadas.

Referencias

- American Collage of Sport Medicine (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 9th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Coutinho, H., Trigueiro, J., da Silva, W., dos Santos, C., & Soares, A. (2011). Análise antropométrica comparativa entre a elite de ciclistas de estrada pernambucanos e a elite de ciclistas australianos. *RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 3(13), 63-68. Recuperado de <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/viewFile/143/147>
- Crouter, S.E., Antczak, A., Hudak, J.R., DellaValle, D.M, Haas, J.D. (2006). Accuracy and reliability of the ParvoMedics True One 2400 and MedGraphics VO2000 metabolic systems. *Eur J Appl Physiol*, 98(2), 139-51. Doi: 10.1007/s00421-006-0255-0
- Faria, E., Parker, D., & Faria, I. (2005). The science of cycling. *Sports medicine*, 35(4), 285-312. Doi: <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Impellizzeri, F., & Marcora, S. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports medicine*, 37(1), 59-71. Doi: 10.2165/00007256-200737010-00005
- Impellizzeri, F.M., Ebert, T., Sassi, A., Menaspà, P., Rampinini, E., & Martin, D.T.(2008). Level ground and uphill cycling ability in elite female mountain bikers and road cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 102(3), 335-41. Doi:10.1007/s00421-007-0590-9
- Jeukendrup, A., Craig, N., & Hawley, J. (2000). The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(4), 414-433. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1440-2440\(00\)80008-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1440-2440(00)80008-0)
- Lee, H., Martin, D., Anson, J., Grundy, D., & Hahn, A. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 1001-1008. Doi:10.1080/026404102321011760
- Lopategui, E., (2012). Experimento de Laboratorio F-11. Prueba submáxima en el cicloergómetro. (Prueba de Söstrand Modificada por la YMCA) Recuperado de http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB_F11-Sostrand_YMCA.pdf

- Lopategui, E., (2008). Experimento de Laboratorio H-18, determinación de la composición corporal: método de plicometría o pliegues subcutáneos. Recuperado de http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB_H18-Porciento_Grasa.pdf
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J.L. (2000). The slow component of VO₂ in professional cyclists. *British journal of sports medicine*, 34(5), 367-374. Doi: 10.1136/bjism.34.5.367
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J.L. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports medicine*, 31(5), 325-337. Doi:10.2165/00007256-200131050-00004
- Lucía, A., Joyos, H., & Chicharro, J.L. (2000). Physiological response to professional road cycling: climbers vs. time trialists. *Int J Sports Med*, 21(7), 505-12. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/12256684_Physiological_Response_to_Professional_Road_Cycling_Climbers_vs_Time_Trialists
- Martínez, L., Fideu, M., & Ferrer, V. (1993). Estudio cineantropométrico en 58 ciclistas de competición. *Archivos de medicina del deporte*, X, 38, 121-125. Recuperado de http://femede.es/documentos/Cineantropometria_ciclismo_121_38.pdf
- Menaspà, P., Abbiss, C., & Martin, D. (2013). Performance analysis of a world-class sprinter during cycling grand tours. *International journal of sports physiology and performance*, 8(3), 336-340. Doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.3.336>
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., & Goirienea, J. J. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(6), 878-885. Doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00017>
- Peinado, A., Benito, P., Díaz, V., González, C., Zapico, A., Álvarez, M., Maffulli, N., & Calderón, F. (2011). Discriminant analysis of the specialty of elite cyclist. *Journal of Human Sport And Exercise*, 6(3), 480-489. Doi:10.4100/jhse.2011.63.01
- Schmitz, H., Van Breda, E., & Kuipers, H. (2007). *Physiological parameters in professional and elite amateur road cyclists* (Tesis sin publicar). Maastricht University, Países Bajos, Europa.
- Swain, D. (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(1), 58-63. Doi: 10.1249/00005768-199401000-00011
- Tuche, W., Fazolo, E., Assis, M., Dantas, P., & Fernandes, J. (2005). Perfil dermatoglífico e somatotípico de ciclistas de alto rendimento do Brasil. *Revista de Educação Física*, 132, 14-19. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/228802966_Perfil_dermatoglifico_e_somatotipico_de_ciclistas_de_alto_rendimento_do_Brasil

Recibido: 18 mayo 2017

Corregido: 27 enero 2017

Aceptado: 29 enero 2017