

Revision of Literature

# Reproducibilidad del Tiempo hasta el Agotamiento en el VO<sub>2</sub>max en Ejercicios de Ciclismo en Ciclistas de Competición

Jorge R Perrout De Lima<sup>2</sup>, Vitor Pereira Costa<sup>1,3</sup>, Dihogo Gama De Matos<sup>2</sup>, Leonardo Coelho Pertence<sup>2</sup> y Jonas Almeida Neves Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Higher Education Center of South Region, Santa Catarina State University - UDESC, Laguna, Brasil.

<sup>2</sup>Motor Evaluation Laboratory, Federal University of Juiz de Fora - UFJF, Juiz de Fora, Brasil.

<sup>3</sup>Physical Effort Laboratory/CDS/Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue analizar la reproducibilidad del tiempo hasta el agotamiento ( $T_{max}$ ) en ciclismo en el consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) en ciclistas de competición. Diecisiete sujetos (edad,  $36,9 \pm 7,8$  años; masa corporal,  $71,1 \pm 10,1$  kg; talla,  $1,73 \pm 0,8$  centímetros; porcentaje de grasa corporal,  $13,1 \pm 5,7\%$ ;  $VO_{2max}$ ,  $54,7 \pm 9,0$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) realizaron un test de ejercicio incremental y dos test  $T_{max}$ . Aunque el tiempo hasta el agotamiento en ciclismo se correlacionó en ambos test  $T_{max}$  ( $r = 0,80$ ,  $p = 0,01$ ), el test  $T_{max}2$  ( $238,6 \pm 33,5$  sec) fue significativamente más alto que el test  $T_{max}1$  ( $223,2 \pm 31,3$  sec,  $p < 0,02$ ). De manera similar, la frecuencia cardíaca en el agotamiento se correlacionó en ambos test  $T_{max}$  ( $r = 0,89$ ,  $p = 0,01$ ) pero la diferencia no tuvo ningún valor práctico ( $T_{max}1 = 182 \pm 8$  vs  $T_{max}2 = 183 \pm 7$  bpm). La concentración máxima de lactato sanguíneo en el primer test ( $10,8 \pm 2,0$  mmol·l<sup>-1</sup>) también presentó correlación ( $r = 0,63$ ,  $p = 0,07$ ) sin que se observaran diferencias significativas entre los dos tests ( $9,8 \pm 1,5$  mmol·l<sup>-1</sup>). El  $VO_{2max}$  del primer test ( $56,5 \pm 9,1$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) se correlacionó fuertemente ( $r = 0,94$ ,  $p = 0,06$ ) pero no presentó diferencias con el segundo test ( $54,6 \pm 7,8$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). Estos datos demostraron que el tiempo hasta el agotamiento ( $T_{max}$ ) en el  $VO_{2max}$  en una serie de dos tests de ciclismo es significativamente mayor en el segundo que en el primero.

**Palabras Clave:** reproducibilidad, ciclismo tiempo hasta el agotamiento, VO<sub>2</sub>max

## INTRODUCCION

Varios autores han sugerido el uso de tests de ejercicio incremental para la valoración del consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ), producción de potencia máxima (PPO) y umbral anaeróbico (A) para fijar programas de entrenamiento para ciclistas (13). Una variable que se utiliza frecuentemente es la intensidad en la que se alcanza el  $VO_{2max}$ . Esta variable combina economía y  $VO_{2max}$  en un solo factor; lo que permite explicar diferencias en el rendimiento que estas mediciones fisiológicas por si solas no pueden explicar (3). El tiempo hasta el agotamiento de los atletas en ciclismo ( $T_{max}$ ) en el  $VO_{2max}$  es la capacidad de continuar una tarea que se realiza en la intensidad más baja en la que se alcanza el  $VO_{2max}$ , y que requiere la

movilización de los grandes grupos musculares hasta el agotamiento (2). Durante las últimas décadas, los entrenadores y científicos deportivos han realizado estudios sobre la viabilidad de usar  $T_{max}$ , ya que los aumentos adicionales en  $\dot{V}O_2$  en atletas altamente entrenados sólo pueden ser alcanzados con entrenamiento de ejercicios en el  $\dot{V}O_2$  o por encima del mismo (10).

Diferentes mediciones usadas para una simulación controlada con fines de investigación o de ciencia aplicada, son tests de rendimiento. El concepto de reproducibilidad es central para la administración de un test de rendimiento fisiológico válido, que proporcione el mismo resultado después de realizar el mismo test repetidamente (7). El conocimiento de la reproducibilidad del rendimiento del atleta en un test de ejercicio es importante para la correcta interpretación de los datos de rendimiento. Mientras mayor sea la reproducibilidad, más precisas serán las mediciones (15). Una medida confiable de rendimiento debe tener pequeños cambios sistemáticos en la media y una pequeña variación intra-sujeto entre las repeticiones del test (7). Billat et al. (1) informaron una reproducibilidad significativa de  $T_{max}$  de carrera en  $\dot{V}O_2$  en corredores de sub-élite. Más recientemente, Laursen et al. (11) observaron diferencias significativas en cada valor de  $T_{max}$  medidos en ciclistas y triatletas altamente entrenados. Hasta el momento, no hay ningún estudio que haya investigado la relación entre las variables medidas en el laboratorio y  $T_{max}$  en ciclismo. Así, el propósito de este estudio fue examinar la reproducibilidad en el tiempo hasta el agotamiento ( $T_{max}$ ) en ciclismo en el consumo de oxígeno máximo ( $\dot{V}O_2$ ) en ciclistas de competición.

## MÉTODOS

### Sujetos

Diecisiete ciclistas competitivos participaron voluntariamente en este estudio. Todos los sujetos dieron su consentimiento informado por escrito de acuerdo con la política de ética de la Universidad Federal de Juiz de Fora (Juiz de Fora, Brasil). Sus características físicas (años de entrenamiento y carrera, respectivamente) incluyeron los siguientes parámetros: edad  $36,9 \pm 7,8$  años, masa corporal  $71,1 \pm 10,1$  kg, talla  $173,0 \pm 0,1$  centímetros, porcentaje de grasa corporal,  $13,2 \pm 6,6\%$ , y  $12,4 \pm 6,6$  años de entrenamiento. Los atletas se encontraban en el medio de etapa de base de sus temporadas. En el momento de realizar los tests, ellos pedaleaban entre 12 a 18 horas por semana.

### Procedimientos

Inicialmente, los ciclistas acudieron al laboratorio para 1) que se les realizaran las mediciones antropométricas para estimar el porcentaje de grasa corporal (BF) según la fórmula de tres sitios de Jackson y Pollock: pectoral, abdomen y cuádriceps (8), y 2) realizar un test de ciclismo incremental. El test de ejercicio incremental se realizó en una bicicleta ergométrica con freno electromagnético (*Ergo Fit 167, Pirmansens, Alemania*) que fue modificada con pedales automáticos y asiento de carrera. Las posiciones del asiento y del manubrio de la bicicleta ergométrica fueron ajustadas de modo que fueran similares a las posiciones de las bicicletas propias de cada sujeto. Los ciclistas realizaron una entrada en calor de 5-min a 70 W seguida por 2-min de recuperación pasiva. El test comenzó en una intensidad de 100 W y la intensidad aumentaba 15 W cada 30 seg hasta el agotamiento volitivo o hasta que los sujetos no fueran capaces de mantener una cadencia superior a 60 rpm. El aire expirado fue recolectado continuamente mediante un analizador metabólico previamente calibrado (VO2000, Medical Graphics Inc., Minnesota, EE.UU.). También se identificaron las cargas de trabajo que correspondían a los umbrales ventilatorios 1 y 2 ( $VT_1$  y  $VT_2$ , respectivamente). El umbral ventilatorio 1 ( $VT_1$ ) se determinó utilizando el criterio tanto de un aumento en el  $\dot{V}_E \cdot VO_2$  como en  $P_{ET}O_2$  sin un aumento concomitante en  $\dot{V}_E \cdot VCO_2$  (12). El umbral ventilatorio 2 ( $VT_2$ ) se determinó usando el criterio de un aumento tanto en  $\dot{V}_E \cdot VO_2$  como en  $\dot{V}_E \cdot VCO_2$  y una disminución en  $P_{ET}O_2$  (12). La  $\dot{V}O_{2max}$  se calculó a partir del test incremental y se definió como la carga después de la cual no se observa un aumento en  $\dot{V}O_2$  mayor a  $2,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (a pesar de un aumento en la carga de trabajo, 15W cada 30 seg). La frecuencia cardíaca fue registrada de manera continua durante el test con un monitor de frecuencia cardíaca (*S725X polar, Electro OY Polar, Finlandia*). Un minuto después del final del test, se obtuvieron muestras de sangre capilar del lóbulo de la oreja derecha de cada sujeto y las mismas fueron inmediatamente analizadas usando un la técnica electromagnética (*YSI® 1500 Deporte, Yellow Springs Instruments, Ohio, EE.UU.*). El analizador fue calibrado siguiendo los procedimientos recomendados por los fabricantes. Todos los sujetos cumplieron por lo menos dos de los tres criterios para que la prueba sea considerada  $\dot{V}O_{2max}$ : 1) tasa de intercambio respiratorio (RER) = 1,1; 2) el lactato alcanzó un máximo mayor que 8 mM, y 3) frecuencia cardíaca máxima por encima del 90% del máximo estimado para cada edad (14).

Veinticuatro horas después del test incremental, los sujetos realizaron el primer  $T_{max}$  como test de familiarización. Luego, para el análisis de reproducibilidad del tiempo hasta el agotamiento en ciclismo ( $T_{max}$ ) en el consumo de oxígeno máximo ( $\dot{V}O_2$ ), éste  $T_{max}$  se repitió dos veces (con un intervalo de una semana entre ambos tests,  $T_{max1}$  y  $T_{max2}$ ) en el mismo momento del día. Se realizó una entrada en calor de 5 min, a una intensidad de  $2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  con dos series de 30 a 60 seg a  $4 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ , separadas por 30 seg de recuperación con  $2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Luego se midió el tiempo en que los sujetos podían mantenerse en

IVO\_ con una cadencia por encima de 60 rpm (11). Al final de la prueba, se recolectaron 25µL de sangre del lóbulo de la oreja para la valoración de la lactatemia. La frecuencia cardíaca y el VO<sub>2</sub> fueron registrados en intervalos de 30-seg durante el ejercicio. Luego del ejercicio, se sugirió a los sujetos que realizaran un enfriamiento a cadencia y potencia reducidas durante 5 min.

### Análisis Estadísticos

Los estadísticas descriptivos para todas las variables que fueron determinadas en el laboratorio y en las pruebas de campo, fueron calculados utilizando el software *Graph-pad Prism 5,0*. Las comparaciones entre las variables durante T<sub>max</sub> fueron realizadas usando un test-t de muestras pareadas. Para establecer la relación entre las variables determinadas se utilizó el análisis de correlación producto-momento de Pearson. También se elaboraron gráficos de diagramas de puntos de Bland-Altman con las diferencias entre los dos tests T<sub>max</sub>. Para todos los análisis el nivel de significancia estadística se estableció en un nivel de alfa de p <0,05.

## RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los resultados fisiológicos del test de ejercicio incremental, y la Tabla 2 muestra los resultados de los dos test T<sub>max</sub>. El VO<sub>2</sub> y el lactato del test incremental, no fueron significativamente diferentes en comparación con los valores obtenidos en los dos tests de tiempo hasta el agotamiento en ciclismo. Sin embargo, la media de la frecuencia cardíaca de ambos T<sub>max</sub> fue significativamente menor que la HR máxima registrada durante el test incremental de ciclismo (p <0,001). Además, se encontraron correlaciones no significativas entre el VO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub> durante T<sub>max</sub>1 y T<sub>max</sub>2 (-0,05;-0,04), y entre PPO vs T<sub>max</sub>1 y T<sub>max</sub>2 (-0,11; -0,08); respectivamente.

Variables	Media ± DS
HRmax (lat·min <sup>-1</sup> )	187 ± 9
PPO (W)	367,4 ± 28,6
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	54,7 ± 9,0
[La] máx (mmol·l <sup>-1</sup> )	10,0 ± 1,2
VT1 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	32,8 ± 5,4
VT2 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	44,4 ± 7,3

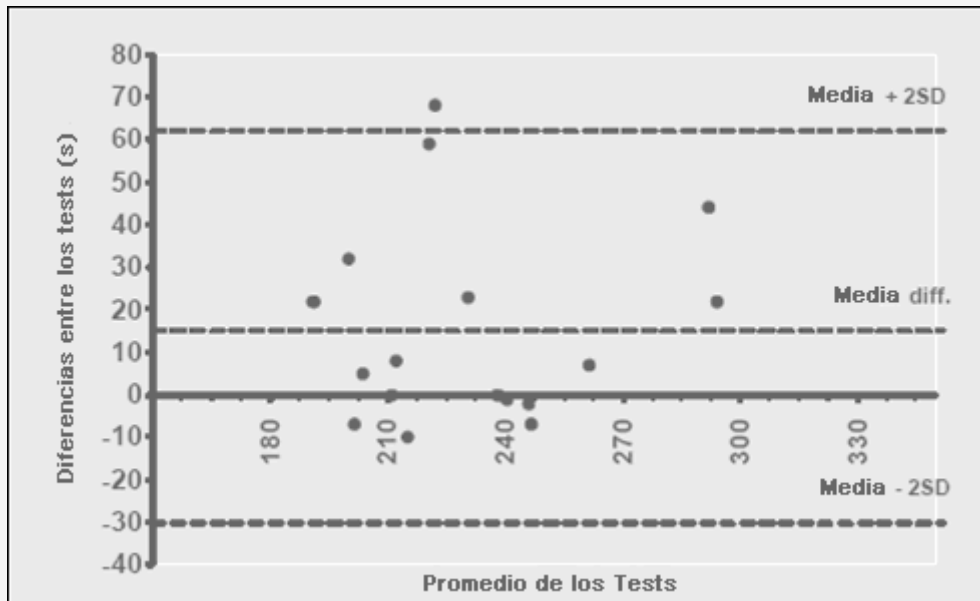
**Tabla 1.** Variables máximas del test de ejercicio incremental. HRmax= Frecuencia cardíaca máxima; PPO = Producción de potencia máxima; VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno máximo, [La] máxima = Concentración máxima de lactato en sangre, VT<sub>1</sub> = primer umbral ventilatorio, VT<sub>2</sub> = segundo umbral ventilatorio

La Tabla 2 presenta las diferencias significativas en el tiempo al agotamiento entre T<sub>max</sub>1 y T<sub>max</sub>2 (223,2 ± 31,3 vs. 238,6 ± 33,5 seg, p <0,02). No se observaron diferencias significativas en HR (182 ± 8 lpm y 183 ± 7 lpm, p <0,01), lactato sanguíneo (10,8 ± 2,0 y 9,8 ± 1,5 mmol·l<sup>-1</sup>, p <0,07), y VO<sub>2</sub> (54,3 ± 7,8 y 55,8 ± 9,3 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, p <0,06). Se encontraron correlaciones altas y significativas entre todos los parámetros medidos durante ambos test T<sub>max</sub>.

Variables	Media ± DS	P	R
T <sub>max</sub> 1 (s)	223,2 ± 31,3	0,02	0,80 *
T <sub>max</sub> 2 (s)	238,6 ± 33,5		
HR T <sub>max</sub> 1 (l·min <sup>-1</sup> )	182 ± 8	0,01	0,89 *
HR T <sub>max</sub> 2 (l·min <sup>-1</sup> )	183 ± 7		
VO <sub>2</sub> T <sub>max</sub> 1 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	54,3 ± 7,8	0,06	0,94 *
VO <sub>2</sub> T <sub>max</sub> 2 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	55,8 ± 9,3		
[La] T <sub>max</sub> 1 (mmol·l <sup>-1</sup> )	10,8 ± 2,0	0,07	0,63 *
[La] T <sub>max</sub> 2 (mmol·l <sup>-1</sup> )	9,6 ± 1,6		

**Tabla 2.** Variables y correlaciones de  $T_{max1}$  y  $T_{max2}$ .  $T_{max}$  = Tiempo hasta el agotamiento; HR = Frecuencia cardíaca; VO2 = Consumo de Oxígeno; [La] = concentración de lactato sanguíneo.

En la Figura 1 se observan los diagramas de puntos de Bland-Altman con barras que corresponden a dos desviaciones estándar de la media. Aunque los dos valores de tiempo hasta el agotamiento en los test de tiempo hasta el agotamiento tenían una fuerte correlación (Tabla 2),  $T_{max2}$  difirió de  $T_{max1}$ , con una concordancia relativamente buena (Figura 1).



**Figura 1.** Diagramas de puntos de Bland-Altman que muestran las diferencias entre  $T_{max1}$  y  $T_{max2}$  para cada sujeto.

## DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue determinar la reproducibilidad de las mediciones fisiológicas y de tiempo de ciclismo hasta el agotamiento en el VO<sub>2</sub>, en ciclistas de competición. Los resultados principales indican que se observaron correlaciones significativas entre todas las mediciones de laboratorio luego del test-retest de intensidad constante. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tests en el tiempo hasta el agotamiento. También se observaron correlaciones más leves y no significativas entre los parámetros fisiológicos tanto de los tests constante como del test incremental.

Las mediciones directas de  $T_{max}$  en el VO<sub>2</sub>, indican que el mismo está comprendido entre 2 min y 30 seg a 10 min, y depende del tipo de disciplina. Billat et al. (1) informaron que el tiempo límite en el VO<sub>2</sub> es  $222 \pm 91$  seg para los ciclistas,  $376 \pm 134$  seg para kayakistas,  $287 \pm 160$  seg para nadadores, y  $321 \pm 84$  seg para corredores. Los ciclistas y triatletas altamente entrenados investigados por Laursen et al. (11) presentaron valores similares de  $T_{max1}$  ( $237 \pm 57$  seg, y  $T_{max2}$  ( $245 \pm 57$  seg) comparados con los ciclistas del grupo francés De hecho, el tiempo límite informado para los ciclistas en los estudios anteriores, concuerda con lo observado en el presente estudio donde  $T_{max1} = 223,2 \pm 31,3$  seg y  $T_{max2} = 238,6 \pm 33,5$  seg, respectivamente. Las diferencias en el tiempo límite en el VO<sub>2</sub> para los deportes están relacionadas, en parte, con la masa muscular involucrada durante la actividad. La producción de potencia en kayakistas en el VO<sub>2</sub> era el 57% de la de los ciclistas. Sin embargo, el tiempo hasta el agotamiento para estos atletas era significativamente mayor que el de los ciclistas (1). En contraste, los mayores valores de PPO y VO<sub>2</sub> en los atletas entrenados indican un menor tiempo hasta el agotamiento. De hecho, la relación inversa entre tiempo hasta el agotamiento y VO<sub>2</sub> se observa en diferentes modalidades. En el estudio de Billat et al. (1), los corredores que tenían el mayor VO<sub>2</sub> y la mayor velocidad o potencia en VO<sub>2</sub> pico

alcanzaron el tiempo hasta el agotamiento más temprano. En el estudio presente, nosotros también observamos una correlación negativa no significativa entre la PPO,  $VO_{2\max}$  y ambos  $T_{\max}$ .

No se observaron diferencias significativas entre el  $VO_{2\max}$  medido durante el test de ejercicio incremental y el  $VO_2$  determinado durante los dos tests  $T_{\max}$ . Este hallazgo es similar a lo informado en una investigación previa de  $T_{\max}$  realizada por Laursen et al. (11). De manera similar a lo observado en aquel estudio, los resultados del presente estudio sugieren que el  $VO_{2\max}$  puede ser evaluado usando un test constante hasta el agotamiento en ciclistas de competición. Además, el presente estudio reveló que el lactato sanguíneo máximo alcanzado durante el test incremental ( $10,0 \pm 1,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) no era significativamente diferente del obtenido durante los tests  $T_{\max}$  ( $10,8 \pm 2,0$  vs.  $9,6 \pm 1,6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Se ha reconocido que, tanto el lactato muscular como el sanguíneo, tienen variaciones dependientes del tiempo y de la tasa de trabajo durante los ejercicios incrementales y de carga constante. En el músculo esquelético, el lactato sanguíneo aumenta rápidamente al principio del ejercicio y produce un gradiente de concentración que es necesario para el movimiento del lactato hacia la sangre. A medida que la duración, en cualquier tasa de trabajo se prolonga, disminuye el gradiente de músculo a sangre; sin embargo, las características de circuito abierto de  $T_{\max}$  en el  $VO_{2\max}$  realizado hasta el agotamiento volitivo presentan un lactato similar al del test de ejercicio incremental. Nosotros también observamos que la HR máxima alcanzada durante el test de ejercicio progresivo fue significativamente mayor que la obtenida durante ambos tests constantes. Laursen et al. (11) informaron que la HR máxima alcanzada durante el test  $T_{\max 1}$  ( $182 \pm 10$ ) fue significativamente menor que la obtenida durante el test de ejercicio progresivo ( $192 \pm 11$ ,  $p < 0,001$ ).

Previamente, Billat et al. (1) no observaron diferencias entre dos valores de  $T_{\max}$  en un grupo de 8 corredores de sub élite. De hecho, ellos informaron una alta confiabilidad en el tiempo  $T_{\max}$  ( $404 \pm 101$  seg vs.  $402 \pm 113$  seg) y elevada correlación entre los tests ( $r = 0,86$ ,  $p < 0,05$ ). Después, Hinckson y Hopkins (6) utilizaron diferentes métodos para derivar las estimaciones del error test-retest de las mediciones de tiempos hasta el agotamiento en los tests realizados a velocidad de carrera constante. Ellos sugirieron que el tiempo hasta el agotamiento es una medida fiable, y que la elección del modelo puede provocar diferencias sustanciales en las estimaciones de la distancia de carrera. Para tiempos hasta el agotamiento comprendidos entre 1 a 10 min, el modelo log-log parece ser apropiado y superior a otros. Recientemente, Laursen et al. (9) confirmaron la validación del modelo log-log de Hinckson y Hopkins (6) a partir de comparación directa de la confiabilidad de los tests de tiempo hasta el agotamiento en corredores.

Mientras que los estudios han investigado los tests de tiempo hasta el agotamiento en corredores, sólo el estudio de Laursen et al. (11) informó la confiabilidad del test de velocidad constante en ciclistas y triatletas. El hallazgo principal de los autores fue que la segunda de dos mediciones de  $T_{\max}$  en un grupo de atletas altamente entrenados, se correlacionaba ( $r=0,88$ ,  $p<0,001$ ) y era significativamente mayor que la primera ( $p=0,047$ ). Esto concuerda con lo observado en el estudio presente donde los ciclistas competitivos presentaron diferencias significativas entre  $T_{\max 1}$  y  $T_{\max 2}$  y una correlación alta entre ambos tests. El pequeño aumento en el tiempo en  $T_{\max 2}$  probablemente se deba a efectos psicológicos, ya que los resultados demuestran que las variables fisiológicas (es decir, HR, [La], y  $VO_2$ ) no fueron diferentes entre los dos tiempos límites. Hickey et al. (4) informaron que la diferencia significativa en la prueba contrarreloj con carga de trabajo constante, y las variables fisiológicas no fueron diferentes entre las pruebas contrarreloj. Los autores atribuyeron la diferencia de tiempo a los factores psicológicos. Coincidentemente, Laursen et al. (11) informaron que el  $VO_2$ , RER y HR tampoco fueron significativamente diferentes entre ambos  $T_{\max}$ . Por consiguiente, los estudios previos realizados en ciclismo y los resultados del presente estudio apoyan la postulación de los factores psicológicos como una causa posible para el tiempo significativamente más largo registrado en el test de  $T_{\max}$  final.

## Conclusiones

Dado que la producción de potencia en el  $VO_{2\max}$  contiene al  $VO_2$  y a la economía de pedaleo en un término, debería usarse la intensidad en el  $VO_{2\max}$  para monitorear el entrenamiento de ciclismo. Teóricamente la potencia mínima que se necesita para producir el  $VO_{2\max}$  es la carga de trabajo ideal para eventos de ciclismo de corta o media distancia. Los datos de este estudio son similares a los obtenidos por Laursen y colegas (11). Colectivamente, demostraron que la interpretación de los resultados debe ser realizada con cuidado, ya que los programas de entrenamiento para los ciclistas basados en  $T_{\max}$  pueden no estar calibrados con la carga de trabajo óptima. Además, se observaron correlaciones significativas entre todas las determinaciones de laboratorio después de los test-retest de tiempo límite. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tests de  $T_{\max}$  en el tiempo hasta el agotamiento. Por consiguiente, nosotros observamos que el segundo valor en una serie de dos tiempos de pedaleo en dos tests hasta el agotamiento era significativamente mayor que el primero, en ciclistas de competición.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los ciclistas que participaron voluntariamente en este estudio.

## Dirección para Envío de Correspondencia

Vitor Pereira Costa, MS, Higher Education Center of South Region, Santa Catarina State University - UDESC, Laguna, Brazil. Teléfono: +55 (48) 8462-8399; correo electrónico: vitorcosta@racepace.com.br; [costavp2@yahoo.com.br](mailto:costavp2@yahoo.com.br).

## REFERENCIAS

---

1. Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, Faccini P, De Angelis M, Koralsztein JP, Dalmonte A (1996). A comparison of time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics* 39(2):267-277
2. Billat LV, Koralsztein JP (1996). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med* 22:90-108
3. Di Prampero PE (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med* 7:55-52
4. Hickey MS, Costill DL, McConell GK, Widrick JJ, Tanaka H (1992). Day to day variation in time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 13:467-470
5. Hill DW, Leiferman JA, Lynch NA, Dangelmaier BS, Burt SE (1998). Temporal specificity in adaptations to high-intensity exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 30:450-455
6. Hinckson EA, Hopkins WG (2005). Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and loglog modeling. *Med Sci Sports Exerc* 37(4):696-701
7. Hopkins WG (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* 30(1):1-15
8. Jackson AS, Pollock ML (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 40(3):497-504
9. Laursen PB, Francis GT, Abbiss CR, Newton MJ, Nosaka N (2007). Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. *Med Sci Sports Exerc* 39(8):1374-1379
10. Laursen PB, Jenkins DG (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 32(1):53-73
11. Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG (2003). Reproducibility of the cycling time to exhaustion at VO<sub>2</sub>peak in highly trained cyclists. *Can J Appl Physiol* 28(4):605-615
12. Lucia A, Hoyos J, Perez M, et al (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* 32:1777-82
13. Paton CD, Hopkins WG (2001). Tests of cycling performance. *Sports Med* 31:489-96
14. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A (1955). Maximal oxygen intake as objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol* 8:73-80
15. Watt KKO, Hopkins WG, Snow, RJ (2002). Reliability of performance in repeated sprint cycling tests. *J Sci Med Sport* 5(4):354-361

### Cita Original

Costa V. P., Matos D. G., Pertence L. C., Martins J. A. N., Lima J. R. P. Reproducibility of Cycling Time to Exhaustion at VO<sub>2</sub> Max in Competitive Cyclists. *JEPonline*; 14 (1): 28-34: 2011.