

# CORRELACIÓN ENTRE EL UMBRAL FUNCIONAL DE POTENCIA (FTP) Y EL UMBRAL DE LACTATO EN LOS CICLISTAS DEL EQUIPO “BOYACÁ ES PARA VIVIRLA”

William Ferney Niño Niño.<sup>a,1,\*</sup>, Jenaro Leguizamo Herrera<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Licenciado en Educación Física Recreación y Deporte.

<sup>b</sup>Licenciado en Educación Física Recreación y Deporte. Magister en Pedagogía de la Cultura Física e-mail: jenarosportlab@gmail.com

## Resumen

El FTP o Umbral Funcional de Potencia se ha convertido en el Gold Estándar para establecer las zonas de entrenamiento en el ciclismo. Dada su importancia en la planificación del entrenamiento, se comparó con el umbral de lactato, Este estudio intenta determinar si existe una correlación, y si la hay, en qué grado están relacionadas estas dos métricas para lo cual se testearon los 23 ciclistas varones del equipo profesional “Boyacá es para Vivirla”, con edad promedio de 24,25,9 años; estatura de 1,690,11 metros; y peso 62,513,5 kg, y una edad deportiva mínima de 4 años, quienes realizaron test de 20 minutos de carga constante para establecer la potencia crítica y a partir de allí el FTP mediante la substracción del 5 %, y a las 72 horas se aplicó test de carácter incremental con escalones que aumentaban 10 W cada 4 minutos, tomando muestra una muestra de sangre al final de cada escalón para determinar el momento en que se rompe el equilibrio entre la producción y remoción del lactato. Para determinar dicho umbral, se tuvo en cuenta el incremento de 1 mmol o más en la concentración de lactato en sangre, entre un escalon y otro, cuya media fue de 250,22 (25,92), contra el FTP que estuvo en 262 (8225). Mostrando que existe una fuerte correlación  $r=0,957 - p=0,00$ . Sin embargo, desde un punto de vista individual, en el 99.5 % de los casos se encontró sobrevalorado el FTP, respecto al LT, concluyendo que lo más recomendable es medir y no estimar ya que este resultado debe ser aplicado de forma individual, teniendo en cuenta que la acumulación de lactato no es lineal, sino que, justamente en el umbral se produce el punto de inflexión donde se dispara su concentración en sangre y con ella se aduce la acidosis metabólica. Es decir, una fuerte correlación estadística es un valor matemático que no necesariamente refleja el comportamiento fisiológico de cada individuo.

Copyright © Publicado por [www.agenf.org](http://www.agenf.org). Todos los derechos reservados *Rev Salud Hist Sanid On-Line* {ISSN: 1909-2407

## Palabras Clave:

Potencia crítica, Umbral funcional de potencia, Umbral de lactato.,

## 1. Introducción

En el campo del entrenamiento deportivo, un factor relevante para la planificación y control de las cargas de entrenamiento, es el poder realizar pruebas o test para poder evaluar si está siendo efectivo o no dicho programa, permitiendo a entrenadores y deportistas observar si se han logrado progresos, adicionalmente, la aplicación de estos test, proporcionan información necesaria para la prescripción en cuanto a intensidad se

refiere, de zonas de entrenamiento individualizadas.

En el ciclismo, donde la resistencia, es la capacidad principal en cuanto a rendimiento se refiere, siempre se ha tratado de predecir con exactitud el momento exacto en el cual se rompe el equilibrio entre producción y aclaramiento del lactato, dicha información es posible obtenerla en el laboratorio, pero al ser un procedimiento poco práctico al que no es fácil tener acceso de forma periódica y con la introducción del potenciómetro en las bicicletas, se ha propuesto el concepto de umbral funcional de potencia (FTP), cuyo uso se ha extendido debido a la practicidad para determinar las zonas de entrenamiento.

El FTP definido como la potencia de salida promedio más alta que puede ser mantenida durante una hora, (Valenzuela et

\* Autor en correspondencia.

Correo electrónico: [wilfer25@hotmail.com](mailto:wilfer25@hotmail.com) (William Ferney Niño Niño.)

<sup>1</sup>Sometido : 01/08/2019 Publicado: 14/02/2020.  
DOI:<https://doi.org/10.1909/shs.v13i1.232>

al, 2018, Borszcz FK et al, 2018, Borszcz FK et al, 2019, Coogan A 2010, Gavin TP et al, 2012, Jeffries O et al, 2019, Sanders D et al 2017). Sin embargo, debido a la dificultad física y psicológica de regular un esfuerzo máximo durante una hora, además de su practicidad (Coogan Allen, 2010) han propuesto que el FTP se pueda calcular al restar el 5 % de la potencia media alcanzada durante una prueba de 20 minutos, sin embargo, los conceptos fisiológicos sobre los que se soporta no se entienden y tampoco se ha determinado la procedencia del test.

En el mismo sentido, teniendo en cuenta que el umbral de lactato es uno de los principales métodos en el diagnóstico del rendimiento en deportes de resistencia (Beneke R. (2003) Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP Mercier J. (2003), y con el fin de validar si el FTP se correlaciona con el umbral de lactato (LT), entendido como el punto durante el ejercicio progresivo en el que se acumula el lactato en sangre Carmichael C, Rutberg J. (2012), se hace importante establecer si el FTP puede ser utilizable para inferir el LT y usarlo para determinar la condición física actual de una forma práctica, económica y no invasiva. Como hecho anecdótico, se han observado diferencias en valores de LT y FTP en varios ciclistas amateur en el laboratorio, por lo cual surge la inquietud de conocer el comportamiento de estas dos métricas, la fisiológica (LT) y la funcional (FTP), ahora con ciclistas élite, por lo cual el objetivo de la presente investigación fue analizar si existe una relación, y en qué grado. Para esto se realizó una prueba de 20 minutos, determinando el FTP, y se comparó con el LT a través de una prueba incremental.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Diseño y población de estudio

Esta investigación corresponde al paradigma empírico-analítico, el enfoque es cuantitativo, ya que parte de un paradigma positivista, cuyo propósito es describir y explicar casualmente, así como generalizar, explorar y universalizar, siendo el objeto de esta investigación, hechos, objetivos existentes, sometidos a leyes y patrones generales.

Teniendo en cuenta las variables de estudio, las cuales cuentan con aspectos numéricos de tipo nominal, ordinal y distancial, que permiten establecer, describir y caracterizar mediante dichos datos el comportamiento del umbral funcional de potencia (FTP) y el umbral de lactato (LT), en las pruebas de laboratorio practicadas a los sujetos, para posteriormente establecer si existe algún tipo de relación entre las variables Brooks G. (2018).

Además, teniendo en cuenta que se usaran datos netamente numéricos, desde la recolección de datos, procesamiento de información, presentación de resultados y conclusiones.

Para el presente estudio se trabajó con un total de 23 deportistas de género masculino del equipo profesional de Ciclismo Boyacá es para Vivirla los cuales llevaban mínimo cuatro años de entrenamiento como condición especial para participar en la presente investigación. y residentes en el departamento de Boyacá, región ubicada a 2600400 msnm Para el presente caso la muestra corresponde al total de la población y fue seleccionada por conveniencia del investigador.

### Criterios de Inclusión

1. Pertenecer a la nómina del equipo Boyacá es para vivirla, para la temporada 2019.
2. Tener mínimo cuatro años de edad deportiva
3. No presentar ningún tipo de lesión o dolencia física que pudieran afectar el resultado del estudio.
4. Diligenciar el consentimiento informado.
5. No haber realizado ninguna actividad intensa el día previo a la realización de cada test.
6. Tanto el primer como el segundo test haberlos realizado a la misma hora del día, realizando el mismo protocolo de calentamiento.

### 2.2. Test

Con el fin de eliminar las variables externas que pudieran afectar el resultado de los test, se realizó una adaptación al test de campo de 20 minutos propuesto por Coogan Allen (2010), en el laboratorio.

Se realizó el Test FTP, adaptado de la prueba de campo de 20 minutos para determinar el (FTP), propuesto por Coogan Allen (2010), con carga constante usando cicloergómetro de freno electromagnético Tacx Neo 2, a los 23 ciclistas del equipo profesional Boyacá es para Vivirla, obteniendo la potencia normalizada, y mediante la sustracción del 5 %, se obtiene el FTP.

Se tomó como parámetro la potencia normalizada, y no la potencia media, ya que esta corrige los picos más altos y bajos en cuanto a potencia, que se puedan presentar durante el esfuerzo, haciendo más preciso el resultado. Para el Test de 20 minutos se tuvo en cuenta la validación hecha por (Leguizamo J, 2012), quien envió evaluación a juicio de expertos internacionales y para la validación del mismo hizo confiabilidad en el mismo año con una correlación de Pearson del 0.97 %, el protocolo utilizado se observa en la figura 1.

	Tiempo	Descripción	% of FTP	% OF FTHR
Calentamiento	20 min	Pedaleo ligero	<75	<80
	3 min (5 min IR)	Esfuerzo máximo	Media >118	<106
	5 min (5 min IR)	Esfuerzo máximo	Media >113	<106
Fase principal	8 min	Esfuerzo máximo	Media >108	<106
	30 min	Pedaleo ligero	<75-80	85-90
	20 min	Esfuerzo umbral	100	99-105
Vuelta a la calma	30 min	Pedaleo Ligero	<75-80	85-90

*Nota: Durante los intervalos de recuperación (IR), mantenga la potencia en el nivel 2, al 56-75% del umbral de potencia funcional (FTP).*

Figura 1: Protocolo de test de campo

Se realizo Test LT 72 horas después del test de FTP, se practicó un protocolo en rampa en el mismo cicloergómetro. Con cada sujeto se comenzó con 30 wattios menos que el obtenido para el FTP y se incrementó 10 W cada 4 minuto Chicharro JL, Fernandez A (2010), al final de cada escalón se tomó muestra de lactato en el pulpejo del dedo índice con equipo portátil Lactate Scout y tirillas reactivas de la misma marca.

### 2.3. Análisis estadísticos

Según lo establecido por Hernández (2014), los estudios de tipo correlacional tienen como finalidad determinar el grado de relación que existe entre dos o más variables de estudio. Según lo anterior, en la presente investigación se llevó a cabo el procedimiento estadístico que permitió determinar dicho grado de relación, teniendo en cuenta los siguientes pasos: en primer lugar, se realiza la estadística descriptiva determinando valores estadísticos tales como, promedio, coeficiente de variación, desviación estándar, mediana y moda. Dicha estadística se lleva a cabo con las variables de estudio que para el caso son el Umbral Funcional de Potencia y el Umbral de Lactato de los ciclistas del equipo élite “Boyacá es para vivirla”.

En segundo lugar, se aplican las pruebas de normalidad de los datos obtenidos con el fin de determinar la distribución de los datos planteando las siguientes hipótesis: H0: Las pruebas aplicadas a los deportistas del equipo élite “Boyacá es para vivirla”, presentan una distribución normal. H1: Las pruebas aplicadas a los deportistas del equipo élite “Boyacá es para vivirla”, presentan una distribución no normal. Estas se comprueban haciendo uso de las pruebas de Shapiro-Wilk para determinar normalidad teniendo en cuenta que se evaluó un total de 23 deportistas.

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos tienen una distribución normal ( $p < 0,05$ ), se procede a aplicar la prueba correlacional de Pearson entre las variables Umbral Funcional y Lactato, para de esta forma establecer el grado de relación que existe entre dichas variables. Los datos se sistematizaron en Excel (Microsoft, 2010) para su tratamiento y posterior egreso al paquete estadístico SPSS v.22.0 (IBM Company Chicago) donde se llevó a cabo su interpretación y respectivo análisis.

## 3. Resultados

### 3.1. Caracterización generales

El promedio de edad es de 22,563,66 años, con un peso 59,096,70 kilogramos, y una talla de 1,700,07 metros, lo cual indica que el grupo presenta homogeneidad en aspectos morfológicos, mientras que en cuanto a la potencia se encuentra una heterogeneidad debido a que en potencia se halló una media de 274,3926,21 watts y una normalizada de 276,6526,78 watts. Figura 2.

Es necesario aclarar que para el presente caso se trabajó con la potencia normalizada con el fin de eliminar errores y poder hallar un Umbral Funcional de Potencia más verídico.

### 3.2. Potencia Media

La potencia media, hace referencia al promedio más alto que se puede sostener durante el test de 20 minutos, para el presente caso se puede observar que los deportistas presentan una media de 274,3926,21 watts, (Figura 3) lo cual indica que los deportistas evaluados presentan una heterogeneidad alta, con un

Estadístico	Edad (años)	Talla (m)	Peso (kg)	Potencia Media (w)	Potencia Normalizada (w)	W/kg
Promedio	22,56	1,70	59,09	274,39	276,65	4,69
Máximo	30,11	1,80	76,00	325,00	330,00	5,27
Mínimo	18,30	1,58	49,00	224,00	228,00	4,34
Desv. Est.	3,66	0,07	6,70	26,21	26,78	0,22

Figura 2: Estadísticos de antropometría y potencia

rango de 101 watts. En este caso se puede observar que los deportistas presentan niveles bajos de potencia, lo cual se debe básicamente al hecho de que en su gran mayoría sean escaladores los cuales se caracterizan por tener poca masa muscular como se puede observar en la caracterización de la población.

	Potencia Media	Potencia Normalizada	Umbral Funcional de Potencia	Umbral de Lactato
Media	274,39	276,65	262,82	250,22
Error típico	5,46	5,58	5,31	5,41
Mediana	273	277	263,15	250
Moda	282	287	272,65	270
Desviación estándar	26,21	26,77	25,44	25,92
Varianza de la muestra	686,88	716,96	647,06	671,54
Curtosis	-0,31	-0,36	-0,36	-0,07
Coefficiente de asimetría	0,008	0,11	0,11	-0,32
Rango	101	102	96,9	100
Mínimo	224	228	216,6	200
Máximo	325	330	313,5	300
Suma	6311	6363	6044,85	5755
Cuenta	23	23	23	23

Figura 3: Estadísticos de Potencias y Umbrales analizados

### 3.3. Potencia Normalizada

La potencia normalizada se halla por medio del software Power Agent, el cual lleva a cabo el proceso de sesgo intencionado, eliminando los picos más altos y más bajos obtenidos durante la prueba de tal forma que se puedan obtener resultados más fiables al momento de hallar el FTP, para el presente caso se halló una media de 276,6526,77 watts, (Figura 3) presentando valores similares a los obtenidos en la potencia media y lo cual indica también la existencia de heterogeneidad e el grupo evaluado.

### 3.4. Umbral Funcional de Potencia

El Umbral Funcional de Potencia conocido como la potencia de salida más alta que un ciclista puede mantener en un estado casi estable durante aproximadamente una hora, presentó una media de 262,8225,44 watts, (Figura 3) con un rango de 96,9 watts lo cual indica una alta heterogeneidad en el grupo. Adicionalmente se puede observar que, al momento de establecer un punto de comparación, referidos en datos de ciclistas de alto nivel a nivel mundial se observa niveles bajos de FTP.

### 3.5. Umbral de Lactato

En cuanto al lactato entendido como indicador bioquímico de fatiga, podemos observar que se obtuvo una media de

250,2225,92 watts (Figura 3) que es el punto donde se obtienen las 4 mmol de lactato, con un rango de 100 watts lo cual coincide con la potencia normalizada y con el Umbral Funcional de Potencia, indicando niveles bajos en comparación con referentes nacionales e internacionales.

### 3.6. Estadística Correlacional

Teniendo en cuenta que se evaluó un total de 23 deportistas del equipo Boyacá es para Vivirla, se hace uso de la prueba de Shapiro-Wilk que es la indicada para un número inferior a 50 datos, obteniendo en el Umbral Funcional de Potencia una  $p=0,97$  y en la Potencia una  $p=0,51$ , por lo cual se acepta la hipótesis nula que indica que: las pruebas aplicadas a los deportistas del equipo élite “Boyacá es para vivirla”, presentan una distribución normal. Por tal razón se trabajará con la estadística correlacional de Pearson que es para datos con distribución normal.

Con el objetivo de determinar la correlación que existe entre el Umbral Funcional de Potencia y el Umbral de Lactato de los ciclistas del equipo profesional Boyacá de género masculino, se hizo uso del Coeficiente de Correlación de Pearson y del coeficiente de determinación ( $R^2$ ), para establecer si el Umbral Funcional de Potencia es un predictor fiable de Lactato en sangre.

Se halló una  $R=0,957$ , lo cual indica que existe una relación fuerte positiva (directamente proporcional) entre las dos variables estudiadas (lactato y umbral funcional de potencia), es decir que el umbral funcional de potencia es probablemente un indicador fiable de lactato en sangre, lo cual se puede corroborar teniendo en cuenta que para el presente estudio se halló una  $p=0,00$ , lo cual indica que fue altamente significativa.

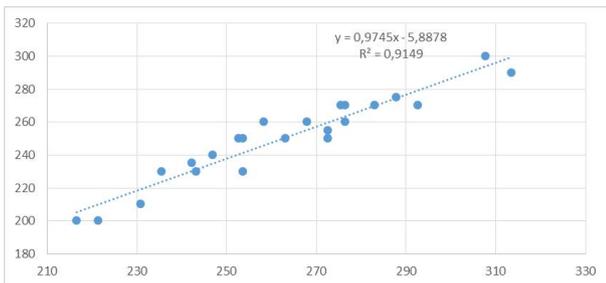


Figura 4: Diagrama de dispersión LT Vs FTP

El coeficiente de determinación hallado en la presente investigación indica que el 91,49 % de los cambios en el Umbral Funcional de Potencia se deben a la acumulación de Lactato en sangre. De acuerdo con lo anterior se puede evidenciar en el presente estudio que el umbral funcional de potencia se establece como una herramienta que permite detectar el umbral de lactato siendo una prueba no invasiva y de fácil acceso; sin embargo, es necesario que esta investigación se replique en un mayor número de deportistas con el fin de hacer un proceso deductivo de la relación existente entre el lactato y el umbral funcional de potencia. Figura 4.

## 4. Discusión y Conclusiones

Este estudio presentó una correlación de 0,957, lo cual significa que existe una fuerte correlación estadística entre el LT y el FTP, lo que quiere decir, que el umbral funcional de potencia sería un indicador fiable para predecir el umbral de lactato. Sin embargo, teniendo en cuenta el incremento de 1 mmol por escalón en la concentración de lactato para detectar el umbral de lactato, su media fue de 250,22 (25,92), contra el FTP que estuvo en 262 (8225). En el 99,5 % de los casos se encontró sobrealorado el FTP respecto al LT, yendo desde el 1 % hasta el 9,65 %.

Lo que nos conduce a concluir, que sería mejor medir que estimar, ya que este valor debe ser netamente individual, dado que, la acumulación de lactato no es lineal, sino que, justamente en el umbral se produce el punto de inflexión donde se dispara su concentración en sangre y con ella se aduce la acidosis metabólica. Es decir, una fuerte correlación estadística es un valor matemático que no necesariamente refleja el comportamiento fisiológico de cada individuo.

Habiéndose hallado una media de desviación del 5 % sería conveniente pensar en reducir a la potencia media del test de 20 minutos no un 5 % como lo sugiere Allen y Coogan sino un 10 %.

Valdría la pena, mediante la misma metodología investigar con otro tipo de población entre ellos ciclistas amateurs y de ambos géneros.

Debido a las diferencias entre la producción de potencia en simulador y en carretera valdría la pena emplear un método similar en campo, para encontrar mayor confiabilidad en el resultado.

## 5. Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## 6. Financiación

Este proyecto no fue financiado por ninguna institución.

## English Summary

### Correlation between the Functional Power Threshold (FTP) and the lactate threshold in the “BOYACÁ ES PARA VIVIRLA” team riders

#### Abstract

The functional threshold power (FTP) has become the gold standard in the control and prescription of the intensity of cycling training. Given its importance in training planning, it was compared to the lactate threshold. This study in intended to determine if there is a correlation, and if so, to what degree these

two metric are related, FTP and LT. For which they tested the 23 male cyclist of the professional team “Boyacá es para vivirla”. Average age of 24,25,9, height 1,690,11 meters, weight 62,513,5 kg, and a sport age of minimum four years. Those who performed a 20-minute constant load test to establish the critical power and from there, the FTP by subtraction of 5 %. At 72 hours the incremental test was applied with steps that increased 10 wattios every 4 minutes, taking a blood sample at the end of each step to determine when the balance between production and lactate removal is broken. To determine said threshold, the increase of 1 mmol or more in the lactate concentration, between one step and another, was taken into account. Whose average was 250,22 W (25,92), against the average of the FTP, which was 262 W (8225). Showing that there is a strong correlation,  $r=0,957 - p=0,00$ . However, from an individual point of view, in 99.5 % of cases, the FTP was found to be valued, compared to LT, concluding that it would be better to measure than to estimate, since this result must be applied individually, taking into account that the accumulation of lactate is not linear, but, just at the threshold, the inflection point occurs where its concentration in blood is triggered and with it metabolic acidosis is adduced. That is, a strong statistical correlation is a mathematical value that does not necessarily reflect the physiological behavior of each individual.

*Keywords:*

Critical power, Functional threshold power, Lactate threshold.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Maestría en Pedagogía de la cultura física de la UPTC, por apoyar la elaboración del artículo de investigación, a los directivos y deportistas del equipo de ciclismo “BOYACÁ ES PARA VIVIRLA” por su paciencia y cooperación.

**Referencias**

1. Allen, H y Coggan, (2010) A. Entrenando y compitiendo con un medidor de potencia. Boulder, CO: VeloPress, 2010.
2. Beneke R. (2003) Methodological aspects of maximal lactate-implications for performance testing. European Journal of applied Physiology, March, Volumen 89, Issue 1, pp 95-99
3. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP Mercier J. (2003). The concept maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. Sport Med; 33(6): 407-26.
4. Borszcz FK, Tramontin AF, Bossi AH, Carminatti LJ, ... Costa VP. (2018). Functional threshold power in cyclist: Validity of the concept and physiological responses. Int J Sports Oct; 39(10): 737-742
5. Borszcz FK, Tramontin AF, Costa VP. (2019) Is the functional threshold power interchangeable with the maximal lactate steady state in trained cyclist? Int J Sport Physiol Perform Jan 24:1-21
6. Brooks G.( 2018) The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. Cell Metab, Apr 3;27(4):757-785.
7. Carmichael C, Rutberg J. (2012). The time-crunched cyclist: Fit, fast and powerful in 6 hours a week. Boulder, CO: VeloPress, 2012.
8. Chicharro JL, Fernandez A (2010). Fisiología del ejercicio..Panamericana 2010. Pag 416-439.
9. Gavin TP, Van Meter JB, Brophy PM, Dubis GS, Potts KN Hickner RC. (2012) Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. J Strength Cond Res. Feb;26(2):416-21.
10. Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Sexta edición.
11. Jeffries O, Simmons R, Patterson SD Waldro M.(2019). Functional threshold power is not equivalent to lactate parameters in trained cyclist. J Strength Cond Res Jul 1.
12. Leguizamo J. (2012) Efectos del entrenamiento concurrente sobre la producción de potencia mecánica submáxima de ciclistas ruterros.
13. Sanders D, Taylor RJ, Myers T, Akubat I. A. (2017) field-based cycling test to assess predictors of endurance performance and establishing training zones. J Strength Cond Res; Mar 25:Epub ahead of print.
14. Valenzuela PL, Morales JS, Foster C, Lucia A de la villa P. (2018) Is the functional threshold power a valid surrogate of the lactate threshold? Int J Sport Perform Nov 20:1-6.