

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

**Maestrante
WILLIAM FERNEY NIÑO NIÑO**

Trabajo presentado para obtener el título de:

Magíster en Pedagogía de la Cultura Física

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
MAESTRÍA PEDAGOGÍA DE LA CULTURA FÍSICA**

TUNJA

2019

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

Maestrante

WILLIAM FERNEY NIÑO NIÑO

Asesor:

Mg: JENARO LEGUÍZAMO HERRERA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

MAESTRÍA PEDAGOGÍA DE LA CULTURA FÍSICA

TUNJA

2019

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia, a mi esposa, mi hija, mis padres y cada uno de mis hermanos, todos y cada uno de ellos me han motivado emocionalmente a seguir adelante, a cumplir con un escalón más en mi carrera profesional, espero poder retribuir ese apoyo brindado.

A Jenaro Leguízamo, que con su colaboración logre concluir con este proyecto.

Para ellos está dedicada esta tesis, pues es a ellos a quienes se las debo, por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias por creer en mí. Gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es, y lo justa que puede llegar a ser.

No ha sido sencillo el camino hasta aquí, pero gracias a su paciencia, a su amor y apoyo, ha sido más llevadero lograr esta meta. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto y gratitud hacia ustedes.

Tabla de Contenidos

Introducción	7
Planteamiento del problema	9
Pregunta problema	11
Justificación.....	12
Objetivos	14
Objetivo general	14
Marco Referencial	15
Antecedentes	15
Marco conceptual	27
Ácido	28
Base	28
Ph.....	28
Amortiguador o buffer	28
Umbral anaeróbico	30
MLSS (máximo estado estable de lactato).....	30
Umbral de lactato	31
Potencia	32
Umbral Funcional de Potencia (FTP)	34
Metodología	35
Tipo	35
Descriptivo correlacional.	35

Método	36
Operacionalización de Variables.....	36
Test FTP	36
Población y muestra	38
Criterios de Inclusión	39
Análisis de los datos	40
Estudio estadístico.....	40
Resultados	41
Estadística descriptiva	43
Potencia Media.....	43
Potencia Normalizada	44
Umbral Funcional de Potencia	45
Umbral de Lactato	46
Pruebas de Normalidad	47
Lista de referencias	54
Anexo 1: Muestra del consentimiento informado firmado por todas los atletas antes del primer test.	57
Anexo 2: Juicio de Expertos	59
Anexo 3: Ejemplos gráficas obtenidas en el test.....	68

Índice de Tablas

Tabla 1: Terminología usada en relación a la transición aeróbica-anaeróbica	30
Tabla 2: Cuadro de operacionalización de Variables.	36
Tabla 3: Protocolo de Calentamiento.....	38
Tabla 4: Caracterización de la población.....	39
Tabla 5: Resultados de los deportistas	42
Tabla 6: Estadística Descriptiva Potencia Media.....	43
Tabla 7: Estadística descriptiva Potencia Normalizada	44
Tabla 8: Estadística descriptiva Umbral Funcional de Potencia.....	45
Tabla 9: Estadística descriptiva Lactato	46
Tabla 10: Pruebas de normalidad.....	47
Tabla 11: Estadística Correlacional	48

Índice de Figuras

Figura 1: Correlación entre Lactato y Umbral Funcional de Potencia	49
Figura 2: Gráfica test incremental.....	68
Figura 3: Gráfica test de 20 minutos FTP.....	68

RESUMEN

El Umbral Funcional de Potencia (FTP), se ha popularizado como la variable Gold Estándar para a la planificación de la intensidad y control del entrenamiento en el ciclismo. Dada la relevancia que ha cobrado y debido a observaciones anecdóticas en las que se han encontrado algunas diferencias con el umbral de lactato (LT), siendo este el marcador fisiológico con mayor evidencia científica para determinar el umbral en deportes de resistencia, se pretende en este estudio determinar la correlación estadística entre FTP y LT, para lo cual se testearon los 23 ciclistas varones del equipo profesional “Boyacá es para Vivirla”, con edad promedio de $24,2 \pm 5,9$ años; estatura de $1,69 \pm 0,11$ metros; y peso $62,5 \pm 13,5$ 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 determinar el FTP mediante la substracción del 5%. Luego, a las 72 horas se aplicó test de carácter incremental con escalones que aumentaban 10 W cada 4 minutos, tomando 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 escalón y el que le precede, cuya potencia promedio de salida fue de 250,22 ($\pm 25,92$), contra el FTP que estuvo en 262 (82 ± 25). 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.

Palabras clave

Potencia crítica, Umbral funcional de potencia, Umbral de lactato

ABSTRACT

The functional threshold power (FTP) it has become popular as the standard gold variable for intensity planning and cycling training control. Given the relevance it has gained and due the anecdotal observations in which some differences have been found with the lactate threshold (LT). This being the physiological marker with the greatest scientific evidence to determine the threshold in endurance sport. It is intended in this study to determine the statistical correlation between FTP and LT, for which the 23 male cyclist of the professional team were tested “Boyacá es para vivirla”. Average age of $24,2 \pm 5,9$, height $1,69 \pm 0,11$ meters, weight $62,5 \pm 13,5$ 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 blood lactate concentration, between a step and the one that precedes it, was taken into account. Whose average output power was $250,22 \text{ W} (\pm 25,92)$, against the average of the FTP, which was $262 \text{ W} (82 \pm 25)$. 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 individuo.

Key words

Critical power, Functional threshold power, Lactate threshold.

CORRELACION ENTRE EL UMBRAL FUNCIONAL DE POTENCIA Y EL UMBRAL DE LACTATO EN LOS CICLISTAS DEL EQUIPO ÉLITE “BOYACÁ ES PARA VIVIRLA

Introducción

Teniendo en cuenta que el umbral de lactato es uno de los principales métodos en el diagnóstico del rendimiento en deportes de resistencia (Coyle, EF. et al, 1988), y con el fin de validar si el Umbral Funcional de Potencia 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 (Karlsson, J. y Jacobs, I. 1982), se hace importante establecer si el FTP puede ser utilizable para inferir el LT y usarlo para determinar la condición física actual, además, para definir las zonas de entrenamiento de una forma práctica, económica y no invasiva.

Como hecho representativo, 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 es analizar si existe una relación, y en qué grado entre estas dos variables. Para esto se realizó una prueba de 20 minutos, determinando el FTP, y se comparó con el LT realizado 72 horas después, a través de una prueba incremental, testeando a 23 ciclistas del equipo de ciclismo profesional de Boyacá.

Una vez obtenidos los valores de los dos test se sometieron a análisis estadístico con el fin de correlacionar dichos resultados y conocer su significancia estadística.

La presente investigación pertenece a la línea de entrenamiento deportivo ya que podría representar un aporte importante y relevante para la planificación y control de las cargas de entrenamiento en el ciclismo, al validar pruebas o test para evaluar la forma deportiva de nuestros atletas, podrá permitir a entrenadores y deportistas determinar la efectividad, y observar si se han logrado progresos con diferentes programas de entrenamiento, adicionalmente, la aplicación de estos test, proporciona información necesaria para la prescripción en cuanto a intensidad se refiere, de zonas de entrenamiento individualizadas.

Planteamiento del problema

La intensidad del ejercicio a la cual comienza a acumularse lactato en la sangre, se denomina umbral de lactato (LT), siendo este el principal indicador de la capacidad actual del atleta en los ejercicios de resistencia (esto se debe a que, aunque la capacidad cardiovascular de un individuo, es decir su consumo de oxígeno, establece el límite máximo para la producción de energía aeróbica, son las condiciones metabólicas particulares, es decir el LT, las que determinan el porcentaje de este VO_2). Coggan Y Allen, (2010). Existen laboratorios especializados en realizar este tipo de test, pero pocos atletas tienen acceso por sus costos, además de ser un procedimiento poco práctico, al ser un procedimiento invasivo, lo cual requiere equipos y un profesional capacitado para la realización de dicha prueba y posterior análisis e interpretación de resultados.

Desde la década de los 80 se ha implementado el uso de potenciómetros, cuyo principal objetivo fue el de medir, controlar y prescribir las intensidades del entrenamiento, haciéndose cada vez más necesario. Cabe resaltar que en la actualidad el indicador de rendimiento más usado en el ciclismo es la potencia, expresada en wattios, valorada de diversas formas, siendo una de las que más peso tiene la realización de un test incremental cuyo principal objetivo es hallar el momento exacto en el cual mediante un esfuerzo progresivo se empieza a acumular el lactato en sangre por encima de 4 mmol (Mader, A. 1985) o se incrementa 1 mmol o más entre un escalón y otro, en un test incremental (Thoden, J. Et al, 1991).

Con el auge actual del ciclismo, se ha hecho más popular la prueba de Umbral Funcional de Potencia (FTP), definido como la potencia promedio en wattios que el ciclista puede mantener, en un estado estable, es decir, sin fatiga, durante 60 minutos, cuyo desarrollo es más simple, ya

que al tener acceso a un potenciómetro se puede desarrollar sin mayor inconveniente. Es por eso que sus autores (Coggan & Allen, 2010) vieron la necesidad de determinar el umbral y a partir de este las zonas de entrenamiento, y así conseguir los mismos objetivos que se persiguen con el test incremental donde se determina el LT, además de establecer un sin número de ventajas de entrenar por potencia, básicamente haciendo uso de un elemento clave en este aspecto como lo es el potenciómetro.

Los estudios acerca de si el FTP puede ser usado para predecir el umbral de lactato o MLSS son muy recientes. (Borszcz FK et al 2018) hallaron una gran correlación del FTP en 20 minutos con el FTP en 60 minutos, que era el protocolo inicial, pero advierten que estos resultados deben interpretarse con cautela, teniendo en cuenta el umbral anaeróbico individual (IAT), como conclusión validan el test de 20 minutos para el control y seguimiento periódico de la intensidad del entrenamiento, pero previamente probada de forma individual. Del mismo modo (Jeffries O, et, al 2019), evaluaron el FTP obtenido a partir de una prueba de 20 minutos, (266 ± 42 W) con una prueba incremental, y la potencia de salida asociada a la concentración de lactato de 4.0 mmol (268 ± 30 W), presentando una importante correlación. En concordancia con lo anterior (Valenzuela, P. et al. 2018) en su estudio muestra una correlación muy fuerte entre el FTP y el LT. Sin embargo, aunque hubo diferencias triviales y no significativas entre el FTP y el LT, concluyen, que el acuerdo entre ambos marcadores depende del estado físico del individuo, siendo en ciclistas entrenados factible el uso del FTP, y en ciclistas recreativos el FTP podría ser subestimado.

En otras investigaciones (KLika et al (2007), (Gavin, TP et al 2012), Carmichael. C, y Rutberg. J (2012)obtienen el FTP a partir de un test de 8 minutos, hallando correlaciones

importantes, pero que para esta investigación no aplicaría, ya que los protocolos utilizados difieren en la duración del test.

Al ser el FTP un test de origen desconocido, sorprendentemente, ningún estudio ha investigado a fondo la validez del concepto FTP20, a pesar de su uso como predictor del rendimiento en bicicleta o como variable predecible y teniendo en cuenta las características de la población y lugar de entrenamiento, surge a necesidad de saber si su aplicabilidad se puede dar en nuestra población. El resultado de este trabajo será de gran aporte a nuestro deporte insignia, al permitirnos observar si el FTP tiene o no, una correlación directa con el umbral de lactato, y de esta forma ser usado de forma objetiva para la evaluación, control y prescripción de la intensidad del entrenamiento de forma individual.

Pregunta problema

¿Cuál es la correlación entre el Umbral Funcional de Potencia (FTP) y el Umbral de Lactato (LT) en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”?

Justificación

El ciclismo, a través de la historia ha sido el deporte bandera en Colombia y en la última década, con la aparición de figuras representativas a nivel mundial, el auge de este deporte ha aumentado exponencialmente, incrementando su masificación en todas las edades. Con la práctica de forma aficionada, siguen surgiendo figuras, que continúan nutriendo las filas de los equipos world tour, un aspecto que se ha podido evidenciar es, que por lo general no se lleva un control pertinente de la evolución de las nuevas figuras, simplemente surgen por talento propio, o fruto del azar, dejando de lado la planificación y control de las cargas de entrenamiento de forma organizada y progresiva, a través del uso de instrumentos de medición, y de esta forma poder detectar las fortalezas y debilidades de forma individual, haciendo hincapié en cada una de ellas, para de esta manera lograr la mejor forma física y un rendimiento óptimo en dependencia de las condiciones de cada deportista. Dicho de otra forma, a través de enfoques prácticos, se podría ayudar a los entrenadores y atletas a emplear el conocimiento científico para refinar la prescripción del ejercicio.

Siempre se ha hablado de una transición aerobica-anaerobica (umbral), teniendo en cuenta que realizar trabajos por debajo de la intensidad del umbral se consiguen adaptaciones diferentes a las que se obtendrían al realizar trabajos por encima del mismo. Pero el termino Umbral siempre ha sido motivo de confusión entre entrenadores y deportistas, debido a que diversos autores han dado por separado distintas definiciones del mismo, el cual, básicamente es usado para dar el mismo concepto, encontrando términos como: inicio acumulación de lactato en sangre (OBLA), umbral de lactato (UL), Umbral anaeróbico (AT), máximo estado estable de lactato (MLSS), Potencia Crítica de una hora, umbral ventilatorio 2, y el reciente Umbral Funcional de Potencia (FTP) término acuñado por los ya mencionados Andrew Coggan y Hunter Allen, 2010. En este sentido se encuentra similitud en el fundamento fisiológico de cada uno de estos términos; sin embargo,

la principal diferencia es el método que se usa para ser medido o estimado. Por ejemplo, el test de 20 minutos (FTP) es una estimación mientras que los demás son medidos a través de analizadores de gases o muestras de sangre.

A nivel metodológico, la importancia de conocer el umbral con alto grado de precisión radica en que, a partir de este se obtienen las zonas de entrenamiento, y son estas las que a su vez propenden por las diferentes adaptaciones funcionales al ejercicio. En este sentido, dada la practicidad de un test no invasivo y para el cual el único recurso tecnológico es un potenciómetro, esta investigación se justifica porque de determinarse alto grado de correlación entre el FTP y el LT se podría seguir utilizando de manera confiable, al menos con la población objeto y en el mismo contexto, con lo que se facilitaría la manera de evaluar, controlar y planificar el entrenamiento de este equipo de ciclismo, con lo cual se beneficiaría el contexto local y regional.

A nivel académico, el hecho de dar mayor soporte a un valor funcional tan relevante de los últimos tiempos o, en su defecto, desvirtuarlo o ratificarlo, darán reconocimiento a sus autores, y a la Maestría y universidad de donde provienen. A nivel nacional también podría trascender, dado que altitudes similares, tales como el altiplano cundiboyacense, Nariño, y algunas zonas de Antioquia se podría hacer uso de las conclusiones de este estudio.

A nivel internacional, se podría ratificar o desvirtuar las virtudes del test funcional y hacer recomendaciones en concordancia con los resultados de la investigación.

Lo que se pretende con esta investigación es determinar si el FTP, una prueba funcional, es una medición fiable con el LT, en los integrantes del equipo de ciclismo Boyacá es para vivirla

Objetivos

Objetivo general

Determinar la correlación entre el umbral funcional de potencia y el umbral de lactato en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”

Específicos

1. Establecer el umbral funcional de potencia en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”
2. Hallar el umbral de lactato en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”
3. Analizar estadísticamente la correlación entre el umbral funcional de potencia y el umbral de lactato en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”

Marco Referencial

Antecedentes

Los trabajos iniciales en cuanto a la transición aeróbica-anaeróbica sugerían que el aumento en la concentración de lactato, durante la realización de un ejercicio de tipo incremental, ocurría a causa de un déficit en el aporte de oxígeno a los músculos activos, a partir de esta afirmación numerosos autores han concluido que durante la realización de un ejercicio de tipo incremental los niveles de lactato se mantienen estables respecto a sus valores de reposo, pero a partir de cierta intensidad se produce un incremento progresivo de dicha concentración. Chicharro, (2010). Lo anterior puede interpretarse, en que, a partir de cierta carga de trabajo, la energía para realizar este ejercicio no solo proviene de fuentes aeróbicas, sino que también se obtendrá energía a partir de fuentes anaeróbicas, como consecuencia de esto habrá un aumento en la concentración de lactato en sangre. Así entonces la intensidad del ejercicio en la que ocurre el aumento de los niveles de lactato depende de varios factores, la capacidad cardiovascular, capacidad pulmonar y capacidad metabólica de forma individual, lo cual condicionara su rendimiento. Chicharro, (2010)

Dentro de las primeras investigaciones referentes al umbral anaeróbico se destaca (Meyerhof, 1911) quien deducía que existía una fase aeróbica y una anaeróbica durante la contracción muscular, también concluyó que era el “ácido láctico” el responsable de dichas contracciones. Por su parte (Hill y cols, 1924) concluyeron, que el aumento en la concentración de lactato, durante la realización de un ejercicio físico de intensidad progresiva, se debía a un déficit de oxígeno en los músculos metabólicamente activos. Estos autores también demostraron que existía una correlación importante entre la concentración de lactato y el consumo de oxígeno (VO_2).

En este mismo sentido Douglas (1927) concluyo durante sus diversas investigaciones, que se podía desarrollar cargas progresivas de trabajo durante las cuales no se presenta una acumulación de lactato, pero que existe un punto determinado, a cierta intensidad, en el que la concentración de ácido láctico comenzaba a elevarse de forma continua y progresiva. Dicho autor también afirmo que el aumento en la concentración era causado por el déficit o no de oxígeno. En este mismo año (Heymans y Heymans, 1927) realizan la primera aproximación al denominado posteriormente, umbral ventilatorio, al observar que las concentraciones de lactato sanguíneo, mostraban una importante correlación con la intensidad de la ventilación pulmonar.

Por su parte, (Wasserman y McIlroy, 1964) detectaron la intensidad a partir de la cual el metabolismo anaeróbico inicia su participación en cuanto al aporte de energía se refiere, el objetivo que perseguían era hallar ese momento exacto, y así evitar intensidades de ejercicio altas y agotadoras, que pusieran en peligro a pacientes cardiacos. Así entonces definen por primera vez el umbral anaeróbico (Uan), al que denominaron “umbral de metabolismo anaeróbico” como la carga de trabajo a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso. Los indicadores que sugieren estos autores para detectar este momento clave son:

- Incremento de la concentración de lactato en sangre
- Descenso de la concentración arterial de bicarbonato y del PH
- Aumento del cociente respiratorio (RER)

De igual manera, (Owles 1930) indico la posibilidad de desarrollar ejercicios de intensidad moderada sin incurrir en el aumento de la concentración de lactato en sangre, pero que al alcanzar cierta intensidad “única para cada persona” inevitablemente se produciría un aumento de dichas concentraciones, adicional a esta reacción también se sumó una disminución en la concentración de bicarbonato plasmático, permitiendo una acidosis metabólica.

Un nuevo aporte de, (Wasserman K, 1986) realiza un nuevo aporte, al definir umbral anaeróbico al VO_2 por encima del cual la producción de energía aeróbica se complementa por medio de mecanismos anaeróbicos, lo que genera un incremento en los niveles de lactato y por ende de una acidosis metabólica. Concluyendo que se puede usar el VO_2 para estimar el umbral de lactato o anaeróbico, ya que se puede detectar de forma no invasiva, al haber un aumento significativo de CO_2 .

Posteriormente (Brooks 1985). tras una exhaustiva revisión de lo documentado hasta el momento, crea una controversia, tanto en la explicación como el concepto de umbral anaeróbico (U_{an}). Dicho autor afirma que el lactato se produce en el músculo esquelético como resultado directo del aumento de la tasa metabólica y el flujo de carbono glicolítico. La causa en el aumento de la concentración de lactato, es que existe un ritmo de producción y uno de remoción, y que el aumento del lactato ocurre por una ruptura en dicho equilibrio. Este autor sostiene que es la incapacidad para la remoción del lactato al ritmo que se produce y no por una insuficiencia en el aporte de O_2 a la célula. Supone un fracaso en el concepto de umbral anaeróbico, ya que en diversas investigaciones han producido resultados que indican que los parámetros asociados con la ventilación pulmonar (umbral ventilatorio) no siempre concuerdan con los cambios en la concentración de lactato sanguíneo. En concordancia a lo anteriormente mencionado, (Stainsby y Wech 1968) demostraron que la acumulación de LAC no es causada por la estimulación hipoxica de la glucolisis anaeróbica, sino que es el resultado de un desequilibrio temporal en la tasa de producción y utilización de piruvato por glucolisis aeróbica.

Adicionalmente, (Roig JL. 2019) concluye también, que el aumento de lactato (visto de forma errónea como ácido láctico), al mismo tiempo que se presenta la acidosis, ha hecho que se

presente la confusión al establecerse esta relación, como causa efecto entre el lactato y la fatiga, haciendo creer que este metabolito es el causante de alterar el PH, causando acidez a nivel celular y sanguíneo, afectando la contracción muscular por el impacto que tiene en los mecanismos de aprovisionamiento muscular. Es evidente entonces, que el exceso de H^+ a causa de una mayor tasa glucolítica, pasara fuera de la célula, lo que provocara un aumento en la acidez en el medio extracelular, sin que esta sea la principal causa de afectación al ejercicio.

Nuevamente, (Brooks G 2018) afirma con contundencia que el lactato, no el ácido láctico, se produce no como consecuencia de la deficiencia de O_2 durante la contracción muscular, si no que este también se produce en condiciones aeróbicas normales. Este autor concluye que el transporte entre células productoras y consumidoras de lactato, cumple tres propósitos: el primero es que es una fuente principal de energía, el segundo, que es el principal precursor glucogénico, y tercero, que es una molécula de señalización, de hecho, ya no se considera un biomarcador de estrés.

De la misma forma (Bendahan D Et al, 2017) Afirma que en condiciones aeróbicas normales existe una producción de lactato a partir del catabolismo del glucógeno, presentándose una disminución progresiva en los niveles de O_2 intracelular a medida que aumenta la intensidad del ejercicio, pero que a pesar de esa disminución , muy por encima de la (PO_2C), presión de hipoxia, entendida como la magnitud de presión a partir de la cual la cantidad de O_2 no logra mantener la dependencia mitocondrial para re sintetizar ATP, la formación de lactato comienza a aumentar. Afirmando de esta forma, que el oxígeno por sí solo, no limita el metabolismo. En el mismo sentido (Hsu AC, Dawson MJ, 2000) documentaron que en la célula ocurría el aumento en la formación de lactato a una PO_2 muy por encima de llegar al umbral de hipoxia.

Billat LV, (1996) define el umbral anaeróbico, como la intensidad del ejercicio, en un nivel fijo de lactato en sangre o en un estado estable máximo de lactato (MLSS). Los niveles de lactato en sangre se pueden usar para ayudar a determinar la intensidad del ejercicio de entrenamiento. Sin embargo, para interpretar el efecto del entrenamiento sobre el perfil de lactato en sangre, también se debe controlar el estado nutricional del atleta y el protocolo de ejercicio.

En concordancia a lo anterior, (Veronique L, Et al, 2003) definen el estado estable máximo de lactato (MLSS) como la concentración más alta de lactato en sangre (MLSSc) y la carga de trabajo (MLSSw) que puede ser mantenida en el tiempo sin una acumulación continua de lactato en sangre. Citan que existe una estrecha relación entre el rendimiento deportivo de resistencia y el MLSSw, un claro ejemplo es que la velocidad promedio durante un maratón está justo por debajo del MLSSw. Esta tasa de trabajo define los ejercicios de baja a alta intensidad en los cuales los carbohidratos contribuyen con más del 50% de la necesidad total de energía y en los que la mezcla de combustible cambia de predominantemente grasa a predominantemente carbohidrato. La tasa de recambio metabólico de trifosfato de adenosina (ATP) aumenta como una función directa de la producción de potencia metabólica y el lactato sanguíneo en MLSS representa el punto más alto en el equilibrio entre la aparición y desaparición de lactato. Sin embargo, se ha logrado establecer que el MLSSc presenta gran variabilidad entre individuos (de 2 a 8 mmol / L) en sangre capilar y no está relacionado con MLSSw. El destino del aclaramiento de lactato mejorado en individuos entrenados se ha atribuido principalmente a la oxidación en el músculo activo y la gluconeogénesis en el hígado. El transporte de lactato dentro y fuera de las células se ve facilitado por los transportadores de monocarboxilato (MCT), que son proteínas transmembrana y que mejoran significativamente con el entrenamiento. El entrenamiento de resistencia aumenta la expresión de MCT1 con efectos intermitentes en MCT4. Todavía no se ha

informado sobre la relación entre la concentración de los dos MCT y los parámetros de rendimiento (es decir, la distancia máxima recorrida en 20 minutos) en atletas de élite. Sin embargo, se ha informado que el intercambio y la eliminación de lactato estimados indirectamente con constantes de velocidad de la recuperación de lactato sanguíneo individual están relacionados con el tiempo hasta el agotamiento en la absorción máxima de oxígeno.

De igual forma (Beneke R, 1995) afirma también que, durante una prueba de carga incremental, el umbral anaeróbico, dado en 4.0 mmol (AT4), y el umbral anaeróbico individual (IAT), hipotéticamente indican la carga correspondiente al máximo estado estable de lactato (MLSS), conociendo que el MLSS es la concentración más alta de lactato en sangre (BLC) que se puede mantener en un estado estable durante una carga de trabajo submaxima constante. Realizaron una investigación, en la cual el propósito fue determinar la validez del AT4 y el IAT en relación con el MLSS. Nueve remeros (media +/- SD edad 20.2 +/- 1.6 años; HT 187.2 +/- 4.9 cm; WT 81.1 +/- 6.3 kg) realizaron una prueba de carga incremental para determinar AT4, IAT, y carga de trabajo máxima y varias pruebas de 30 minutos con cargas de trabajo constante para la medición MLSS en un ergómetro de remo mecánico. . La prueba de carga incremental se realizó a 215 W y se incrementó en 35 W cada 3.0 min. La primera carga de trabajo constante de 30 minutos se realizó al 60% de la carga de trabajo máxima (363.3 +/- 45.1 W). Si la prueba de carga constante resultó en un estado estable de BLC, se realizaron pruebas de carga constante posteriores y la carga de trabajo aumentó de 3% a 10% después de cada prueba de carga constante hasta que no se pudo observar un estado estable de BLC. AT4 (287.0 +/- 20.5 W), IAT (287.1 +/- 25.1 W) y BLC en IAT (4.2 +/- 0.8 mmol.l-1) fueron más altos (P <0.001) en comparación con la carga de trabajo MLSS (255.1 +/- 17.5 W) y MLSS (3.0 +/- 0.6 mmol.l-1),

respectivamente. En conclusión, independientemente de la aplicación práctica de AT4 e IAT, el resultado de esta investigación fue que AT4 e IAT no representan la carga de trabajo de MLSS.

Ya que la interpretación comparativa de los datos publicados sobre MLSS es complicada por el hecho de que se han utilizado diferentes métodos de prueba. (Beneke R, 2003) quiso comparar tres métodos, correspondientes al curso temporal de los cambios en BLC, concentración más alta de lactato en sangre, incurridos durante 30 minutos (MLSS I) o 20 minutos (MLSS II y III) de ejercicio de carga de trabajo submáxima constante, se compararon en 26 sujetos masculinos [edad (DE) media 24.6 (5.6) años, altura 181.6 (4.9) cm, masa corporal 74.4 (5.2) kg]. MLSS I [5.1 (1.3) mmol·l⁻¹], II [4.9 (1.3) mmol·l⁻¹] y III [4.3 (1.3) mmol·l⁻¹] fueron diferentes ($P < 0.01$). La carga de trabajo correspondiente a MLSS III [244.8 (44.0) W] fue menor ($P < 0.01$) que en MLSS I [254.0 (40.8) W] y II [251.9 (40.4) W]. No se pudo confirmar ninguna diferencia entre las cargas de trabajo establecidas para MLSS I y MLSS II. Las diferencias entre MLSS I, MLSS II y MLSS III y las cargas de trabajo correspondientes reflejan una contribución insuficiente a la cinética del lactato al probar procedimientos que dependen en gran medida del curso temporal de los cambios en BLC durante los primeros 20-25 minutos de ejercicio de carga de trabajo constante. Según hallazgos, las pruebas de carga constante que duran al menos 30 minutos y un aumento de BLC de no más de 1.0 mmol·l⁻¹ después del décimo minuto de prueba parecen ser las más razonables con respecto a los resultados de prueba válidos.

Andrew M, et, al (2019). El estado estable máximo de lactato (MLSS) y la potencia crítica (CP) son dos indicadores ampliamente utilizados de la tasa metabólica oxidativa más alta que se puede mantener durante el ejercicio continuo y que a menudo se consideran sinónimos. Sin embargo, aunque tal vez tengan similitudes en principio, las diferencias metodológicas en la evaluación de estos parámetros generalmente hacen que el MLSS se produzca a un rendimiento

de potencia o velocidad de carrera algo menor y que el ejercicio en la CP sea sostenible por no más de aproximadamente 20-30 min. Esto ha llevado a la opinión de que la CP sobrestima el estado estable metabólico máximo "real" y que MLSS debería ser considerada la métrica del "patrón oro" para la evaluación de la capacidad de ejercicios de resistencia. En este artículo presentaremos evidencia coherente con la conclusión contraria: es decir, que (1) como se define actualmente, MLSS subestima naturalmente el estado estable metabólico máximo actual; y (2) CP solo representa el límite entre los dominios de intensidad de ejercicio discretos dentro de los cuales las respuestas dinámicas cardiorrespiratorias y metabólicas musculares al ejercicio difieren profundamente. Mientras tanto el MLSS como la CP pueden tener relevancia para el entrenamiento atlético y el rendimiento, nosotros insistimos a que la distinción entre los dos conceptos / métricas se aprecie mejor y que las comparaciones entre MLSS y CP, llevadas a cabo en la creencia errónea que son teóricamente sinónimos, se suspendan. La CP representa el verdadero límite del ejercicio en el que se puede mantener la homeostasis fisiológica, del ejercicio en el que no puede, y debe ser considerado el estándar de oro, cuando el objetivo es determinar el estado metabólico estable máximo.

Hasta antes de la aparición de los potenciómetros la principal forma de controlar la intensidad del ejercicio a la cual se determinaba el umbral de lactato, era a través de la frecuencia cardiaca, Para adentrarnos ya en el objetivo de esta investigación se debe comenzar a hablar del umbral funcional de potencia (FTP), cuya contextualización se asemeja al umbral de lactato y/o al máximo estado estable de lactato, esto debido a que un ejercicio realizado por encima del FTP, no alcanzará el estado estable y conducirá al agotamiento, (Borszcz FK et, al 2018).

Un estudio realizado por (Valenzuela, P. et al. 2018), titulado “¿Es el umbral funcional de potencia (FTP) un valor sustituible del umbral de lactato (LT)?” 20 atletas realizaron un test incremental en el que se determinó el LT, 48 horas después, realizó el test de 20 minutos, tomando con FTP el 95% de la potencia media durante esos 20 minutos, concluyendo que, “Se debe tener cuidado al usar FTP de manera intercambiable con LT, ya que el sesgo entre los marcadores parece depender del estado físico del atleta. Mientras que FTP proporciona una buena estimación del LT. El FTP puede subestimar al LT”. en un 6.5% y 1.6% en ciclistas clasificados como recreativos o aficionados y entrenados respectivamente.

De igual forma (Borszcz FK et al 2019) realizaron un estudio cuyo objetivo fue el de determinar la validez del FTP para predecir el máximo estado estable de lactato (MLSS), aplicando el test de 20 minutos, determinando el FTP y varias pruebas de carga constante para determinar el MLSS, quince ciclistas, 7 clasificados como entrenados y 8 ciclistas, como, bien entrenados, realizaron una prueba incremental hasta el agotamiento, una prueba de FTP 20 min, y varias pruebas de carga constante para determinar el MLSS obteniendo como conclusión principal que en ciclistas bien entrenados es una alternativa la utilización del FTP para estimar el MLSS, ya que tuvo una correlación casi perfecta ($r = 0.91$).

En otra investigación, (Borszcz FK et, al 2018) 23 ciclistas realizan un test incremental hasta el agotamiento, test de 20 minutos, test de 60 minutos, reiterando que, por practicidad, el FTP obtenido al sustraer el 5% de la potencia media en una prueba de 20 minutos es válido para reemplazar la prueba original de 60 minutos. En este estudio se puso a prueba esta suposición, a la vez que se compara con el umbral anaeróbico individual (IAT). La potencia de salida, la frecuencia cardíaca y el consumo de O₂ no fueron diferentes entre FTP 20, FTP 60 y el IAT ($p > 0.05$). FTP₂₀ y FTP₆₀ no deben ser usados indistintamente de forma individual y su validez

contra IAT debe interpretarse con cautela. Por lo tanto, valida el concepto, de que la potencia media de salida en los 20 minutos, es viable para la prescripción y seguimiento periódico de la intensidad del entrenamiento.

En otra investigación (Jeffries O, et al 2019), en la cual se testaron 20 ciclistas masculinos competitivos, quienes realizaron una prueba máxima de 20 minutos y un test incremental para establecer el rango de los parámetros de lactato sanguíneo, se evaluó la relación entre el FTP con el parámetro de lactato de 4.0 mmol, obteniendo un FTP (266 ± 42 W) y la potencia de salida asociada a la concentración de lactato de 4.0 mmol (268 ± 30 W) presentaron una importante correlación ($r = 0.88$, $p < 0.001$), llegando a concluir que en ciclistas entrenados se puede utilizar el FTP como un método práctico para estimar el máximo estado estable de lactato (MLSS). Sin embargo, no hubo buena correlación con el LT (236 ± 32 W), IAT (244 ± 33 W). Concluyen que, si bien hubo una fuerte correlación entre el FTP con el LT4, no hubo una relación directa con el LT y el IAT, y no recomiendan usar el FTP como predictor del umbral de lactato.

Carmichael. C, y Rutberg. J (2012), para estimar de una forma más práctica el FTP de 60 minutos, realizaron una prueba de tiempo de 8 minutos, tomando el 90% de la potencia media como FTP. Siendo práctico para definir el FTP (301 ± 13 W) respecto a una relación fija de lactato de 4.00mmol (303 ± 23 W), sin embargo, el FTP en 8 minutos no era compatible con la potencia de salida del umbral de lactato, definida como el punto en que los valores de lactato aumentan 1 mmol por encima de la etapa anterior (264 ± 9 W).

Afirmando lo anterior, (Gavin Timothy P. et, al 2012) también sugiere que la estimación del FTP se da por la potencia de salida promedio durante una prueba de tiempo de 8 o 20 minutos de

duración, ya que son representativas a la potencia de salida en el umbral de lactato. Dichos autores tomaron como referencia un FTP de 8 minutos, realizando una comparación de una prueba de campo de 8 minutos para estimar el FTP y el LT, siendo el hallazgo principal la equivalencia de estas dos métricas cuando se asume que el umbral de lactato se da a los 4.0 mmol. Sin embargo, el FTP es mayor que el LT cuando se da un aumento mayor a 1 mmol entre cada escalón del test progresivo. De forma contraria (Sanders, et al. 2017) comparando el FTP en los 8 minutos, sobreestimo el LT en un 6%, tomando como referencia el LT en 4.0 mmol, se podría pensar que estos resultados contrastantes se deben al uso de concentraciones fijas de lactato.

En otro estudio (Klika et al 2007) demostró que la potencia promedio durante el 8MTT fue 7.5% mayor que la potencia de salida probada en el umbral de lactato (determinado por el aumento de 1 mmol por encima de la línea base) en 56 atletas que iban desde ciclistas novatos hasta atletas master, basados en esta evidencia anecdótica, y en el hecho de que este estudio se realizó a 2.400 metros de altitud. Sin embargo, los resultados son cuestionables al considerar que los participantes de este estudio eran ciclistas recreativos. En sentido opuesto Gavin Timothy P et, al 2012) usó ciclistas bien entrenados (VO_{2max} 65.3ml, min, kg) pero con un tamaño de muestra limitado ($n=7$).

Marco contextual

El departamento de Boyacá es por tradición, ciclístico, debido a su gran afición y el aporte de grandes figuras a lo largo de la historia del ciclismo en Colombia. Para el presente estudio se trabajó con un total de 23 deportistas de género masculino del equipo profesional de Ciclismo Boyacá es para Vivirla, residentes en el departamento de Boyacá, región ubicada a 2600 ± 400 m.s.n.m. Los resultados obtenidos de este estudio, podrán extrapolarse al resto de la población que practica este deporte, ya que en este equipo se encuentra las figuras más representativas del departamento.

Marco conceptual

La prescripción, control de la intensidad, además de la evaluación de las adaptaciones del entrenamiento, requieren de la aplicación de pruebas o test, para a partir de allí, hallar el punto exacto donde se rompe el equilibrio entre la producción y remoción del lactato, denominado umbral de lactato, ya que este es el marcador más usado como predictor del rendimiento en deportes de resistencia,

A través del tiempo se han empleado diferentes términos para definir el momento exacto en el que el metabolismo anaeróbico inicia su participación, llamado Umbral y ha sido motivo de discusión, de cuál es la forma correcta de enunciarlo, debido a que se han dado distintas definiciones del mismo, el cual básicamente es usado para definir el mismo momento metabólico, he aquí algunos de las distintas definiciones, para el mismo principio, sien actualmente el más popular, el umbral de lactato (UL), también llamado Umbral anaeróbico (UL), o máximo estado estable de lactato (MLSS), también Potencia Crítica de una hora, umbral ventilatorio 2, inicio acumulación de lactato en sangre (OBLA), y el reciente Umbral Funcional de Potencia (FTP) término acuñado por los ya mencionados Andrew Coggan y Hunter Allen, 2010. En este sentido se encuentra similitud en el fundamento fisiológico de cada uno de estos términos; sin embargo, la principal diferencia es el método que se usa para ser medido o estimado. Por ejemplo, el test de 20 minutos (FTP) es una estimación mientras que los demás son medidos a través de analizadores de gases o muestras de sangre (Coggan y Allen, 2010).

Ácido

Según definición de Arrgenious del año 1887, es toda sustancia que al disociarse produce iones de Hidrogeno. Posteriormente en 1923 Brónsted y Lowry definen, acido, a toda sustancia capaz de ceder protones (H^+) (Mario A, et al, 2010 p.556).

Base

Brönsted y Lowry formulan la teoría de ácido-base , la cual propone que una base es aquella sustancia capaz de aceptar un protón (H^+). Lewis en 1923 amplio aún más la definición de ácido-base. Según esta teoría una base es aquella sustancia que puede ceder un par de electrones. Es importante recordar que todo compuesto puede actuar como una base o como un ácido y esto depende del PH de la solución con la cual esta interactuando y la constante disociación (Pk). (Mario A, et al, 2010 p.556)

Ph

Definido por Sorensen en 1909, el potencial hidrogeno (Ph) como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrogeno, o lo que es lo mismo, de la concentración de protones. Este sistema nace ante la necesidad de expresar en cifras manejables la concentración de H^+ en el plasma. La concentración normal de H^+ es de 0,00004 mEq/L, o lo que es igual un Ph de 7,4. El Ph típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, son acidas las disoluciones con Ph menores de 7 y básicas las que tienen ph mayores de 7. El Ph=7 indica la neutralidad de la disolución (si el disolvente es agua), (Mario A, et al, 2010 p.557).

Amortiguador o buffer

Es una sustancia que tiene la capacidad de unirse a iones hidrogeno en una solución a la que se ha añadido un ácido, o de liberar iones hidrogeno en una solución a la que se ha añadido una base, permitiendo mantener el Ph de la solución relativamente constante (Mario A, et al, 2010 p.557)

Cabe resaltar que durante el ejercicio físico, la vía aeróbica u oxidativa tiene como productos finales CO_2 Y H_2O , y que al momento en que se incorpora la vía glucolitica en la producción de

ATP, habrán dos fuentes de producción de CO₂ de forma simultánea, la aeróbica y la segunda que es la que corresponde a la amortiguación de los H⁺ que se generan por la producción del lactato, tienen como consecuencia la estimulación del centro respiratorio y por consiguiente un aumento en la ventilación pulmonar cuyo objetivo es poder eliminar el CO₂ del organismo y poder regular el PH durante la actividad física de alta intensidad. Se debe tener en cuenta que, en estas altas intensidades, la producción de H⁺ como consecuencia del aumento de la producción de ácido láctico, excede la capacidad del organismo en cuanto a los sistemas de tampón de amortiguación. En esas condiciones el PH de la sangre descenderá y se producirá una acidosis metabólica. (fisiología del ejercicio, chicharro). (Lopez C. Jose 2010, p.418).

Con las diferentes investigaciones que se han planteado desde 1964 en relación a la transición aeróbica anaeróbica, ha surgido diferente terminología para referirse de distintas formas al mismo umbral anaeróbico, es decir, al mismo momento metabólico, pero evaluado con diferente metodología. Cada justificación de cada metodología empleada para referirse a este momento, refuerza las bases fisiológicas de la transición aeróbica anaeróbica. (Lopez C. Jose 2010, p420).

Tabla 1: Terminología usada en relación a la transición aeróbica-anaeróbica

TERMINOLOGIA USADA EN RELACION A LA TRANSICION AEROBICA ANAEROBICA
Umbral que indican el comienzo de la producción de lactato:
- Punto de optima eficiencia respiratoria (Hollman, 1959)
- Umbral de metabolismo anaeróbico (Wasserman y McIlroy, 1964)
- Umbral aeróbico (Kindermann y cols, 1979)
- Transición anaeróbica individual (Pesenhofer y cols, 1981)
- OPLA inicio de la acumulación de lactato en plasma, (Farrell y cols, 1979)
- Umbral Láctico (Davis y cols, 1976)
- Umbral ventilatorio 1 (VT1) (Orr y cols, 1982)
UMBRALES QUE INDICAN UN MAXIMO ESTADO ESTABLE DEL LACTATO EN SANGRE
- Umbral aerobico-anaerobico (Mader y cols, 1976)
- Umbral anaeróbico (kindermann y cols, 1979)
- IAT Umbral anaeróbico individual (Keul y cols, 1979)
- Umbral anaeróbico individual (Stegmann y cols, 1981)
- OBLA Inicio en la acumulación de lactato en sangre (Sjödin y Jacobs, 1981)
- Umbral ventilatorio 2 (VT2) (Orr y cols, 1982)

Fuente: Chicharro

Umbral anaeróbico

(Wasserman y Mc Ilroy 1964) lo definen como la carga de trabajo a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso.

MLSS (máximo estado estable de lactato)

Se define como la intensidad más alta y constante del ejercicio que se puede mantener durante un periodo prolongado de tiempo, sin un aumento en la concentración de lactato en sangre, y es el parámetro estándar para la evaluación aeróbica. La determinación del MLSS se basa en varios

test de 30 minutos (de 2 a 5) realizadas durante varios días, lo cual requiere varias visitas al laboratorio, siendo poco práctico y accesible para muchos atletas. (Borzcz FK. Et al, 2019)

El tiempo que un ciclista entrenado o bien entrenado se mantiene hasta el agotamiento a una intensidad del MLSS es de aproximadamente 60 minutos, lo que se correlacionaría con el protocolo inicial de FTP, que se desarrolla en 60 minutos.

EL MLSS se determina mediante la aplicación de pruebas realizadas durante varios días, con una duración de 30 minutos con una carga estable, durante cada test se tomara una muestra de sangre, en el minuto 5 y en el minuto 30, determinando la concentración de lactato, si dicha concentración no supera en 1 mmol la diferencia entre el minuto 5 y el minuto 30, se realizara un nuevo test con un aumento de 20% en la carga, al momento en que la concentración de lactato, supere en 1 mmol, comparando la muestra del minuto 5 con el minuto 30, se determinara que ha pasado su MLSS, para corroborar dicho resultado, se realiza una nueva prueba con el 10% menos que en la anterior, si aún sigue sobrepasando la diferencia en 1 mmol de lactato, se realizara de nuevo otra prueba, esta vez restando un 5% con respecto a la anterior (Lopez C. Jose 2010, p422).

Umbral de lactato

El umbral de lactato se define como la intensidad de ejercicio o consumo de oxígeno definido como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, permite la cuantificación del metabolismo energético, ya que el O₂ se utiliza como comburente en todas las combustiones que tienen lugar en las células y que permiten la transformación de la energía química en energía mecánica (contracción muscular) (Lopez C. Jose 2010, p405). Que precede inmediatamente al incremento inicial y continuo del

lactato sanguíneo desde los valores de reposo. Teniendo en cuenta esta definición se podría esperar que, en un ejercicio a carga constante en correspondiente al umbral de lactato, se pueda soportar durante un tiempo prolongado sin llegar a un incremento en los niveles de lactato sanguíneo. (Lopez C. Jose 2010, p420). Es uno de los más populares marcadores de la llamada transición anaeróbica, siendo además el marcador más usado como predictor del rendimiento en deportes de resistencia, así como para el control y prescripción del entrenamiento. (Valenzuela PL, et al, 2018).

En consecuencia, el umbral de lactato es el factor fisiológico de rendimiento más importante que van desde un esfuerzo muy breve, como una prueba de persecución individual que dura 4 minutos aproximadamente, hasta un evento de tres semanas. Dado que el esfuerzo que experimenta un deportista cuando realiza un trabajo en cualquier nivel de intensidad depende de la potencia producida en relación con su potencia en el umbral de lactato. (Coogan, A, Allen H, 2010).

Klitzke Borzcz F. et al (2019), (Valenzuela. PL, et al 2018) concluyen que el FTP en 20 minutos demostró diferencias triviales y correlaciones muy grandes con el FTP 60 ($d=0.14$, $r=0.88$) y el tiempo hasta el agotamiento en el FTP20 ($51t/-16$ min), que estaba cerca de lo encontrado en el MLSS (48.2 a 55.2 min, adicionalmente, El FTP20 mostro mínimas diferencias (d menor 0.2), y correlaciones moderadas o casi perfectas ($r=0.61-0.90$) con el umbral anaeróbico.

Potencia

Andrew Coggan, doctor en fisiología del ejercicio, inicio sus trabajos con ergómetros a principios de los años 80 en su laboratorio, creando protocolos de pruebas que usaban cargas de trabajo en wattios. Escribió más de 50 documentos científicos relacionados con el tema y tomó ventaja de los ergómetros para mejorar su propio rendimiento con gran éxito. Con la

introducción del medidor de potencia a finales de los 90's, con los datos obtenidos en entrenamientos de carretera y con lo aprendido en el laboratorio creó un esquema de entrenamiento con medidor de potencia y empezó a enseñar a los entrenadores de Estados Unidos como utilizar el esquema, convirtiéndose en el padre del entrenamiento por potencia (Coogan A, 2010).

La potencia determinada como la magnitud energética entendida como la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, esto es, recorrer una distancia en el menor tiempo posible, la unidad de medición es el wattio, el cual expresa la relación entre trabajo y tiempo (julios/segundo). Fue justamente sobre esta unidad, el wattio, que Coggan inicio a planificar el entrenamiento convirtiéndose en la medida de mayor importancia para planificar y controlar la carga externa en el ciclismo, en este momento todos los equipos World Tour utilizan sistemas de medición por wattios para entrenar y competir. (Leguizamo J. 2012).

Los indicadores de la potencia son la potencia mecánica (velocidad a la cual se produce el trabajo), el pico de potencia (máximo valor alcanzado en un periodo respecto de los valores obtenidos en cada instante del movimiento), la potencia crítica (potencia promedio sostenida para un tiempo determinado), La potencia submáxima es la capacidad que el ciclista tiene de producir potencia a una intensidad promedio menor al VO₂max., por lo cual se emplean pruebas contra reloj entre 10 y 30 minutos de duración para su valoración, un esfuerzo mayor subestimaría su valor la potencia relativa (relación peso potencia expresada en w/kg), la potencia media (promedio en un tiempo determinado) y el umbral funcional de potencia (FTP), (Coogan, A, Allen H, 2010).

Umbral Funcional de Potencia (FTP)

Es el punto en wattios a partir del cual se presume, da inicio la acumulación de lactato en sangre, por lo cual resulta un valor predictivo de la capacidad aeróbica. Definido como la potencia de salida (PO) más alta un ciclista puede mantenerse en un estado casi estable durante aproximadamente 60 min (FTP60) sin aparición de fatiga. (Valenzuela et al, 2018, Borszcz FK et al, 2018, Borszcz FK et al, 2019, Hunter A, Coggan A 2010, Gavin TP et al, 2012, Jeffries O et al, 2019, Sanders D et al 2017) Su conceptualización se asemeja a la del umbral de lactato LT, o al estado estable máximo de lactato (MLSS), debido a que un ejercicio sostenido a intensidades superiores al FTP no alcanza el estado estable y conducirá al agotamiento. Para la realización de este test se requiere una contrarreloj de 60 minutos (TT). Sin embargo, debido a la dificultad física y psicológica. (Coggan y Allen, 2010) prefieren el test de 20 minutos. El cual consiste en realizar el mejor desempeño en ese tiempo, como si se tratase de una prueba contra reloj, la meta ha de ser realizar el mayor promedio posible de wattios durante el test. A este promedio se le sustrae el 5% y se obtiene el (FTP).

La razón para realizar el esfuerzo en 20 minutos y no en una hora, de acuerdo a la definición del (FTP), es porque a un corredor le cuesta mucho mantenerse enfocado en el esfuerzo durante los 60 minutos, pudiendo llegar a darse una subestimación del umbral. Coggan y Allen proponen, que en 20 minutos se puede hacer un test más regular y de mayor calidad. Pero dado que el periodo de tiempo es más corto y se involucra la capacidad anaeróbica, el resultado se sesga aproximadamente un 5%, así que, dicha sustracción se hace para encontrar el número de wattios que el corredor puede mantener durante una hora.

A pesar del uso extendido del FTP basado en la prueba de 20 minutos, como sustituto del LT, Hasta donde sabemos, hay poca literatura que pueda asegurar que el FTP puede ser usado como predictor del umbral de lactato.

Metodología

Esta investigación corresponde al paradigma empírico-analítico. El *enfoque es cuantitativo*, 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 del 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 (Carballo & Guelmes, 2016).

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

Tipo

Descriptivo correlacional.

Esta propuesta de investigación se fundamenta en un *diseño descriptivo correlacional* ya que tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre el umbral funcional de potencia (FTP) y el comportamiento de la concentración del Lactato en sangre, umbral de lactato (LT) durante un test incremental. La investigación correlacional se caracteriza por ser un tipo de estudio que tiene como finalidad conocer la relación que existe entre dos o más conceptos o variables en una muestra o contexto en particular (Hernández, 2014).

Por otro lado, según (sabino 1985) este tipo de investigación descriptiva tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal o existente entre dos o más variables. Se caracteriza porque primero se miden las variables, y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación.

Método

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 (2010), en el laboratorio. Para esto, las dos pruebas o test se realizaron en el laboratorio “jenarosport” ubicado en la ciudad de Sogamoso, en la calle 20 No. 9^a-49, barrio los alisos.

Los deportistas evaluados se dividieron en 3 grupos, el lunes 12 de Agosto se realizó el test de FTP , y este mismo grupo realizo la prueba incremental el jueves 15 de agosto, el segundo grupo realizo el primer test, el martes 13, y el segundo test el viernes 16 de agosto, y al tercer grupo, se le realizaron las pruebas el lunes 19 y jueves 22, FTP y test incremental respectivamente.

Operacionalización de Variables

Tabla 2: Cuadro de operacionalización de Variables.

Variable	Nombre	Indicadores	Valor Final	Tipo
Umbral Funcional de Potencia (FTP)	Supervisión	Potencia	Watts	Cuantitativa
Lactato (LT)	Asociada	Concentración de Lactato en Sangre	mmol/L	Cuantitativa

Fuente: Autor.

Test FTP

Se realizó el test, 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 la aplicación el Test de 20 minutos se tuvo en cuenta la validación hecha por (Leguizamo J, 2012), quien envió evaluación a juicio de expertos con Dr. JOH IRIBERRI Dr. MIKEL ZABALA DIAZ, Dr. JOSU LARRAZABAL e IÑIGO MUJICA (expertos internacionales) y para la validación del mismo hizo confiabilidad en el mismo año con una correlación de PEARSON del 0.97%. Además de lo anterior al momento de realizar la revisión bibliográfica, (Borszcz et al. 2018), (Jeffries O, et al 2019), (Valenzuela, P. et al. 2018), (Borszcz FK et al 2019), también usaron en sus investigaciones el test de 20 minutos, determinando el FTP con base en el 95% de la potencia media obtenida en ese tiempo, en dichos estudios, se pretendía validar el FTP, respecto al umbral de lactato, o máximo estado estable de lactato, afirmando y corroborando lo propuesto por Andrew Coggan Hunter Allen, desde hace un poco más de tres décadas, incluso aplicando el mismo protocolo de calentamiento propuesto por Coggan y Allen (2010). dicho protocolo que también fue usado en la presente investigación, fue el siguiente:

Tabla 3: Protocolo de Calentamiento

	TIEMPO	DESCRIPCION	% DE FTP	% DE FTTHR	RPE
CALENTAMIENTO	20 min	Paso de resistencia	65	70	5 -6
	3 *1 min/1' rec	Pedaleo rapido 100 rpm	N/A	N/A	8
	5 min	Rodada suave	65	<70	5-6
PARTE PRINCIPAL	5 min	Maximo esfuerzo	Max	>106	9-10
	10 min	Rodar suave	65	<70	5-6 8,5-
	20 min	Contrareloj	Max	99/105	10
ENFRIAMIENTO	10/15 MIN	Rodar suave	65	<70	4-5

Nota: FTP=umbral funcional de potencia. FTTHR=ritmo cardiaco al umbral funcional de potencia. N/A= no aplicable. IR= intervalo de recuperación. REP= percepción de esfuerzo

Test LT

72 horas después del test de FTP, se practicó un protocolo en rampa en el mismo cicloergómetro, la misma hora en la que se realizó el test de FTP, y con el mismo protocolo de calentamiento. Con cada sujeto se comenzó con 30 wattios menos que el obtenido para el FTP y se incrementó 10 W cada 4 minutos (Padilla, S. et al. 2001), 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, finalizando el test en el momento en que se observaba el aumento de 1 mmol o más en la concentración de lactato, entre un escalon y otro.

Los dos test, FTP y LT fueron analizados con el software “PowerAgent versión 7.9.28.

Población y muestra

Para el presente estudio, se tuvo en cuenta a la población practicante del ciclismo, y residente en el departamento de Boyacá, región ubicada a 2600±400 m.s.n.m. Sogamoso, el municipio en este caso, donde se realizaron los test, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 2.569 m.s.n.m.

La muestra para la presente investigación corresponde al total de los integrantes del equipo de ciclismo Boyacá es para vivirla, y fue seleccionada por conveniencia del investigador. corresponde a un muestreo de tipo no probabilístico determinada por 23 deportistas hombres, el 100% de la nómina del equipo “Boyacá es para Vivirla” para la temporada 2019. El promedio de edad es de $22,56 \pm 3,66$ años, con un peso $59,09 \pm 6,70$ kilogramos, y una talla de $1,70 \pm 0,07$ 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 $274,39 \pm 26,21$ watts y una normalizada de $276,65 \pm 26,78$ watts. 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 preciso.

Tabla 4: Caracterización de la población.

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

Fuente: Autor.

Criterios de Inclusión

- Pertenecer a la nómina del equipo Boyacá es para vivirla, para la temporada 2019.
- Tener mínimo cuatro años de edad deportiva
- No presentar ningún tipo de lesión o dolencia física que pudieran afectar el resultado del estudio.
- Diligenciar el consentimiento informado.
- No haber realizado ninguna actividad intensa el día previo a la realización de cada test.

- Tanto el primer como el segundo test haberlos realizado a la misma hora del día, realizando el mismo protocolo de calentamiento.

Hipotesis.

- H_0 : No Existe correlación entre el Umbral Funcional de Potencia y el Umbral de Lactato de los ciclistas del equipo "Boyacá es para Vivirla".
- H_a : Existe correlación entre el Umbral Funcional de Potencia y el Umbral de Lactato de los ciclistas del equipo "Boyacá es para Vivirla".

Análisis de los datos

Estudio estadístico

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 ($p \leq 0,05$), 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.

Resultados

En el presente estudio se muestran los resultados de la investigación realizada, se presentan los datos de acuerdo al desarrollo del proceso, encontrando así en primer lugar los resultados estadísticos descriptivos de las variables evaluadas haciendo uso de la media como estadístico principal de comparación y la desviación como medida de dispersión principal para el análisis de los datos. En segundo lugar, se realiza la prueba de normalidad para posteriormente elegir la prueba correlacional que se aplicará y finalmente se muestra el grado de relación entre ambas variables.

Tabla 5: Resultados de los deportistas

Dep.	Edad	Talla	Peso	Media	NP**	FTP*	LT	DS1	DS2	W/kg
1	19,83	1,80	76,00	325,00	330,00	313,50	290,00	7,50	12,12	4,34
2	21,37	1,71	65,00	295,00	298,00	283,10	270,00	4,63	9,40	4,58
3	19,84	1,80	65,00	299,00	303,00	287,85	275,00	4,46	9,24	4,66
4	20,23	1,59	53,00	242,00	243,00	230,85	210,00	9,03	13,58	4,58
5	18,94	1,68	62,00	281,00	287,00	272,65	255,00	6,47	11,15	4,63
6	20,56	1,75	62,50	282,00	287,00	272,65	250,00	8,31	12,89	4,59
7	20,00	1,58	52,00	253,00	255,00	242,25	235,00	2,99	7,84	4,90
8	18,91	1,74	57,00	264,00	267,00	253,65	250,00	1,44	6,37	4,68
9	18,30	1,61	53,00	253,00	256,00	243,20	230,00	5,43	10,16	4,83
10	21,96	1,65	49,00	224,00	228,00	216,60	200,00	7,66	12,28	4,65
11	27,48	1,68	60,00	272,00	277,00	263,15	250,00	5,00	9,75	4,62
12	27,70	1,75	67,00	320,00	324,00	307,80	300,00	2,53	7,41	4,84
13	24,66	1,62	52,50	250,00	248,00	235,60	230,00	2,38	7,26	4,72
14	26,72	1,80	54,50	273,00	272,00	258,40	260,00	0,62	4,41	4,99
15	24,73	1,71	61,00	266,00	266,00	252,70	250,00	1,07	6,02	4,36
16	19,55	1,80	67,00	306,00	308,00	292,60	270,00	7,72	12,34	4,60
17	22,51	1,77	65,00	293,00	291,00	276,45	260,00	5,95	10,65	4,48
18	28,86	1,68	57,70	282,00	282,00	267,90	260,00	2,95	7,80	4,89
19	30,11	1,62	51,40	259,00	260,00	247,00	240,00	2,83	7,69	5,06
20	25,73	1,74	64,00	287,00	291,00	276,45	270,00	2,33	7,22	4,55
21	22,82	1,68	55,00	289,00	290,00	275,50	270,00	2,00	6,90	5,27
22	18,55	1,65	52,40	230,00	233,00	221,35	200,00	9,65	14,16	4,45
23	19,62	1,67	57,00	266,00	267,00	253,65	230,00	9,32	13,86	4,68

**Potencia Normalizada *Umbral Funcional de Potencia

Fuente: Autor.

Estadística descriptiva

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 $274,39 \pm 26,21$ watts, lo cual indica que los deportistas evaluados presentan una heterogeneidad alta, con un rango de 101 watts. En este caso se puede observar que los deportistas presentan niveles bajos de potencia, respecto a valores tomados de ciclistas de clase mundial.

Tabla 6: Estadística Descriptiva Potencia Media

<i>Potencia Media</i>	
Media	274,39
Error típico	5,46
Mediana	273
Moda	282
Desviación estándar	26,21
Varianza de la muestra	686,88
Curtosis	-0,31
Coefficiente de asimetría	0,008
Rango	101
Mínimo	224
Máximo	325
Suma	6311
Cuenta	23

Fuente: Autor.

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 $276,65 \pm 26,77$ watts, presentando valores similares a los obtenidos en la potencia media y lo cual indica también la existencia de heterogeneidad e el grupo evaluado.

Tabla 7: Estadística descriptiva Potencia Normalizada

<i>Potencia Normalizada</i>	
Media	276,65
Error típico	5,58
Mediana	277
Moda	287
Desviación estándar	26,77
Varianza de la muestra	716,96
Curtosis	-0,36
Coefficiente de asimetría	0,11
Rango	102
Mínimo	228
Máximo	330
Suma	6363
Cuenta	23

Fuente: Autor.

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 $262,82 \pm 25,44$ watts, 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.

Tabla 8: Estadística descriptiva Umbral Funcional de Potencia

<i>Umbral Funcional de Potencia</i>	
Media	262,82
Error típico	5,31
Mediana	263,15
Moda	272,65
Desviación estándar	25,44
Varianza de la muestra	647,06
Curtosis	-0,36
Coefficiente de asimetría	0,11
Rango	96,9
Mínimo	216,6
Máximo	313,5
Suma	6044,85
Cuenta	23

Fuente: Autor.

Umbral de Lactato

En cuanto al lactato entendido como indicador bioquímico de fatiga, podemos observar que se obtuvo una media de $250,22 \pm 25,92$ watts 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.

Tabla 9: Estadística descriptiva Lactato

<i>Lactato</i>	
Media	250,22
Error típico	5,41
Mediana	250
Moda	270
Desviación estándar	25,92
Varianza de la muestra	671,54
Curtosis	-0,07
Coefficiente de asimetría	-0,32
Rango	100
Mínimo	200
Máximo	300
Suma	5755
Cuenta	23

Fuente: Autor.

Pruebas de Normalidad

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 de salida en cuanto al umbral de lactato 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.

Tabla 10: Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		Gl	Sig.
Umbral Funcional de Potencia	0,98	23,00	0,97
Lactato	0,96	23,00	0,51

Fuente: Autor.

Estadística Correlacional

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.

Tabla 11: Estadística Correlacional

	Correlación	Lactato
Umbral Funcional de Potencia	Correlación de Pearson	0,957**
	Sig. (bilateral)	0,000
	N	23

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Autor.

Como se puede observar 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.

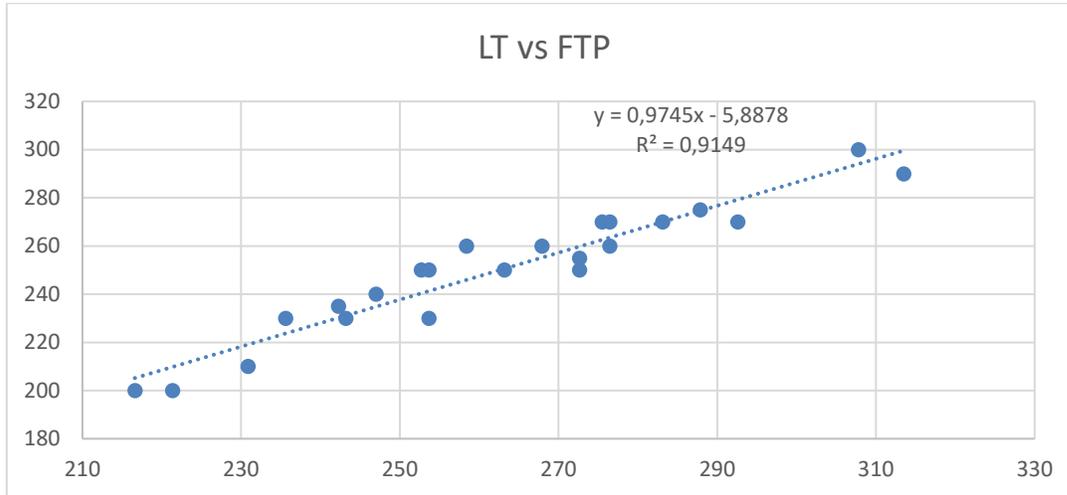


Figura 1: Correlación entre Lactato y Umbral Funcional de Potencia

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.

Discusión

El presente estudio mostro que el FTP tiene una gran correlación estadística con el LT, y al ser el LT un gran predictor de la resistencia en el ciclismo, concuerda con Valenzuela, P. et al. 2018 quienes encontraron alto grado de correlación entre FTP y LT en ciclistas entrenados y menor correlación en ciclistas recreativos. De igual forma (Borszcz FK et al 2019) en su estudio, cuyo objetivo fue el de determinar la validez del FTP para predecir el máximo estado estable de lactato (MLSS), entendiendo que el MLSS comparte el mismo principio fisiológico que el LT, aplicaron el test de 20 minutos, determinando el FTP, junto con varias pruebas de carga constante para determinar el MLSS, obteniendo como conclusión principal que en ciclistas bien entrenados es una alternativa la utilización del FTP para estimar el MLSS. Aunque, estos autores aseveran que, al analizar los resultados de forma individual, se verifico que, en los 14 ciclistas, las diferencias entre FTP y el MLSS estuvieron dentro del rango de 5% de sobreestimación o subestimación. Por lo tanto, el resultado del presente estudio parece difícil de aceptar como valido porque las intensidades son aprox un 5% mas altas que el MLSS.

Valenzuela, P. et al. (2018) y Borszcz FK et al (2019) concluyen de igual forma, que el FTP puede ser usado como una forma práctica y no invasiva, para determinar el umbral de lactato y el MLSS en ciclistas entrenados.

En otra investigación realizada también (Borszcz FK et al 2018) encontraron una excelente correlación entre el FTP₂₀, FTP₆₀ y el IAT, pero concluyen también que su validez con el IAT debe interpretarse con cautela, ya que no se puede generalizar, sino que debe ser tomada de forma individual Por lo tanto, valida el concepto, de que la potencia media de salida en los 20 minutos, es viable para la prescripción y seguimiento periódico de la intensidad del entrenamiento, pero previamente probada de forma individual. En oposición con lo anterior

(Jeffries O, et, al 2019) evaluaron la relación entre el FTP con el parámetro de lactato de 4.0 mmol, realizando una prueba de 20 minutos y un test incremental. El FTP (266 ± 42 W) y la potencia de salida asociada a la concentración de lactato de 4.0 mmol (268 ± 30 W) presentaron una importante correlación ($r = 0.88$, $p < 0.001$), llegando a concluir que en ciclistas entrenados se puede utilizar el FTP como un método práctico para estimar el máximo estado estable de lactato (MLSS). Sin embargo, no hubo buena correlación con el LT (236 ± 32 W), IAT (244 ± 33 W). Concluyen que, si bien hubo una fuerte correlación entre el FTP con el LT4, no hubo una relación directa con el LT y el IAT, y no recomiendan usar el FTP como predictor del umbral de lactato

Algunos autores han referido el mismo objetivo en sus investigaciones, tomando como FTP el obtenido en una prueba de 8 minutos, definido como el 90% de la potencia media obtenida en esos 8 minutos, (KLika et al (2007) demostró que la potencia promedio durante el 8MTT fue 7.5% mayor que la potencia de salida probada en el umbral de lactato (determinado por el aumento de 1 mmol por encima de la línea base). Se pensaría que es un estudio contundente, pero la población objeto del estudio estaba integrada por deportistas de nivel recreativo. Entretanto, (Gavin, TP et al 2012) hallaron gran correlación entre un test de campo de 8 minutos y el LT, aunque, el principal hallazgo de este estudio es que la estimación del FTP derivado de la PO promedio del test de campo de 8 minutos es equivalente a la PO al inicio de lactato en sangre en 4.0 mmol. Sin embargo, la estimación del FTP es mayor que la PO en el LT determinado usando un aumento de 1 mmol o más en respuesta a un aumento en la carga de trabajo, lo que concuerda con la presente investigación. Aunque cabe resaltar el error metodológico de Gavin, dado que, el

test de 8 minutos fue realizado en carretera mientras que el de LT fue en laboratorio, con lo cual pierde validez el estudio.

De igual forma, Carmichael. C, y Rutberg. J (2012), obtuvieron el FTP a partir de una prueba de tiempo de 8 minutos, siendo practico para definir el FTP (301 ± 13 W) respecto a una relación fija de lactato de 4.00mmol (303 ± 23 W), sin embargo, el FTP en 8 minutos no era compatible con la potencia de salida del umbral de lactato, definida como el punto en que los valores de lactato aumentan 1 mmol por encima de la etapa anterior (264 ± 9 W). Nuestra investigación no es comparable con los resultados de (KLika et al (2007), Carmichael. C, y Rutberg. J (2012) y (Gavin, TP et al 2012) dado que el test aplicado fue el de 20 minutos, y en estas tres investigaciones se basaron en el test de 8 minutos, además de los errores metodológicos anteriormente mencionados.

Los hallazgos de esta investigación concluyen que existe una gran correlación, y que es viable utilizar el FTP para predecir el LT, pero se logró observar en la población objeto de estudio, una desviación entre estas dos métricas, que va del 1% hasta el 9% , lo que nos conduce a concluir que el LT debe ser medido y no estimado, ya que el deportista que presente la desviación del 9% , presentara un gran margen de error, y conducirá a prescribir zonas de entrenamiento de forma errónea, lo que ocasionará que aparezca una acidosis prematura y no se logre el objetivo propuesto. Con lo cual estaría de acuerdo con (Borszcz FK et al 2018), al advertir que, si bien existe una fuerte correlación, no es recomendable generalizar, ya que estos resultados deben ser tomados de forma individual. En concordancia con lo antes mencionado por los diferentes autores en cada una de sus investigaciones.

CONCLUSIONES

- Este estudio presento 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, en el 99,5% de los casos se encontró sobrevalorado 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.

Lista de referencias

1. Allen, H y Coggan, (2010) A. *Entrenando y compitiendo con un medidor de potencia*. Boulder, CO: VeloPress, 2010.
2. Beneke R. (1995) Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Sport exerc Jun*;27(6):863-7.
3. 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 Cite as.
4. Billat LV. (1996). Use a blood lactate measurement for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long distance running. *Sport Med. Sep*;22(3):157-75.
5. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztejn JP & Mercier J. (2003). The concept maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sport Med*; 33(6): 407-26.
6. 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 doi: 10.1055/s-0044-101546. Epub May 25.
7. 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 doi: 10.1123/ijsp.2018-0572.
8. Brooks G. A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.*
9. Brooks G. (2018) The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metab, Apr 3*;27(4):757-785.
10. Carballo Barcos, M & Guelmes Valdes, E.L, (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollaron en educación. *Revista Universidad y sociedad [seriada en línea]*, 8(1). Pp 140-150. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>.
11. Carmichael C, Rutberg J. (2012). The time-crunched cyclist: Fit, fast and powerful in 6 hours a week. Boulder, CO: VeloPress, 2012.
12. Chicharro JL, Fernandez A. *Fisiología del ejercicio..Panamericana 2010*. Pag 416-439.
13. Coyle. EF, Coggan. AR, Hooper. MK, Walters. TJ. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclist. *J Appl Physiol Jun*;64(6):2622-30.
14. Douglas CJ. (1927). Respiration and circulation with variations in bodily activity. *lancet. I*:213-218.
15. 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.

16. Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Sexta edición.
17. Heysmans JF, Heysmans C. (1927). Sur les modifications directs et surLa regulation reflexe de l'activite du centre respiratory de la tête isolée du chien. Archs Int Pharmacodyn Ther, ; 33:272
18. Hill AV. Long CNM, Lupton H (1924). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen IV-VI. Proc R Soc Lond Ser; 97:84-138.
19. 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.
20. Karlsson J, Jacobs I. (1982). Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept. I. Theoretical considerations. Int J Sports Med. Nov;3(4):190-201.
21. Klika RJ, Alderdice MS, Kvale JJ & Keartney JT. (2007) Efficacy of cycling training based on a power field test. J Strength Cond Res 21: 265-269
22. Leguizamo J. (2012) Efectos del entrenamiento concurrente sobre la producción de potencia mecánica submaxima de ciclistas ruterros.
23. Mader A, Heck. H, Hess.G, Mucke.S, Müller. R, Hollmann. W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. Int J Sports Med. 1985 Jun;6(3):117-30.
24. Mario A. Dvorkin, Daniel P, Cardinali & Roberto H. Iermoli. (2010) Bases fisiologicas de la practica medica.. pag 556-560.
25. Meyerhoff O. (1911). Untersuchungen uber die warmestromung der vitalen oxidationsvorgange in eiren. Biochem Z;5:246-328.
26. Owles WH. (1930) Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the CO₂-combining power of the blood and the alveolar CO₂ pressure. J Physiol.; 69:214-237
27. Padilla. S, Mujica. I, Orballanos. J, Santisteban. J, Angulo. F, Jose Goiriena. J. (2001). Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. Med Sci Sports Exerc. May;33(5):796-802.
28. Roig JL. (2019). Del umbral anaerobico, mitocondrias y lactate, rehabilitación del lactato: Del veneno a la cura. Recuperado en: <https://g.se.com/de-umbral-anaerobico-mitocondrias-y-lactato-bp-J5cb49acbbc82f>.
29. Sabino, C. (1992). El proceso de investigación. Editorial. Panapo, Caracas, pag 216.
30. 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.
31. Thoden, J. (1991).Testing aerobic power. MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ Physiological testing of the high performance athlete. 2da ed. Champaign, IL; Human Kinetics: 107-174

32. 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. doi: 10.1123/ijspp.2018-0008.
33. Wasserman K, McIlroy MB. (1964) Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14, 14:844-852.
34. Wasserman K. (1986) The anaerobic threshold: Definition, physiological significance and identification. *Adv cardiol.*; 35: 1-23

Anexo 1: Muestra del consentimiento informado firmado por todas los atletas antes del primer test.

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACION

MAESTRIA EN PEDAGOGIA DE LA CULTURA FISICA

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN
PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN**

Sogamoso, 12 de agosto de 2019

Por medio de la presente yo, _____, ciclista perteneciente al equipo de ciclismo “Boyacá es para vivirla”, doy mi consentimiento para participar en la investigación **titulada:** “CORRELACION ENTRE EL UMBRAL FUNCIONAL DE POTENCIA (FTP) Y EL UMBRAL DE LACTATO (LT) EN LOS CICLISTAS DEL EQUIPO BOYACA ES PARA VIVIRLA”, llevada a cabo por el Candidato a Magister William Ferney Niño.

El **objetivo del estudio** es determinar el nivel de relación entre el umbral funcional de potencia y el umbral de lactato en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en hacer una prueba contra reloj de 20 minutos en bicicleta, con carga constante, usando un cicloergómetro de freno electromagnético Tacx Neo 2, tiempo durante el cual se monitoreará y grabará mi frecuencia cardiaca, potencia producida en wattios, cadencia, velocidad, entre otros.

72 horas después del test de FTP, se practicará un protocolo en rampa en el mismo cicloergómetro (Tacx Neo 2), a la misma hora en la que se realizó el test de FTP, y con el mismo protocolo de calentamiento, comenzando con 30 wattios menos que el resultado obtenido para el FTP y se incrementara 10 W cada 4 minutos, tomando una muestra de sangre en el pulpejo de

dedo índice, dicho test finalizara, en el momento en que la concentración de lactato aumente 1 mmol o más entre una muestra y otra.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de mi participación en el estudio.

El investigador responsable se ha comprometido a darme información oportuna sobre cualquier otro procedimiento, así como a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos que se llevaran a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente, sin que ello afecte para nada mi vinculación al equipo.

El investigador responsable, William ferney Niño me ha dado seguridades de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque esta pudiera hacerme cambiar de parecer respecto a mi permanencia de mi representado (a) en el mismo.

Firma del Sujeto Investigado

Firma del Investigador Responsable

Números telefónicos a los cuales se puede comunicar en caso de emergencia y/o dudas y preguntas relacionadas con el estudio.

Cel: 3008500079

Anexo 2: Juicio de Expertos

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
 ESCUELA DE POSTGRADOS
 MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA DE LA CULTURA FÍSICA

EVALUACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

Doctor

JON IRIBERRI

Experto internacional en el entrenamiento del ciclismo

España

Cordial saludo,

Conocedor de su sapiencia y experiencia en la investigación y en el entrenamiento deportivo, pongo a su consideración el test del protocolo anexo que, forma parte de la investigación: "EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES SOBRE PRODUCCIÓN POTENCIA MECÁNICA SUBMÁXIMA DE CICLISTAS RUTEROS", para que, según su juicio de experto, sea validado.

El objetivo general de la investigación es:

- Determinar los efectos del entrenamiento concurrente durante el periodo de preparación específica, sobre la producción de potencia mecánica submáxima de ciclistas ruteros.

La variable independiente es el entrenamiento concurrente y sus indicadores son el entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento de la resistencia.

La variable dependiente es la potencia submáxima manifiesta en el Umbral Funcional de Potencia (UPF). Este será medido mediante el test de 20 minutos propuesto por Coogan & Allen (2010) en su libro "Training and Racing with a Power Meter" a través del siguiente protocolo adaptado para laboratorio:

Test en cicloergómetro marca Tacx, referencia Bushido, con protocolo de carga constante durante 20 minutos tipo contra reloj, calibrado con factor de escala 100, el freno en 12 e inclinación del 2%, emparejado mediante tecnología ANT a un ordenador compatible con el programa Tacx-Trainer-Software 3, mediante antena receptora inalámbrica. La presión de la rueda trasera en 110 psi y realizado en la bicicleta personal de cada ciclista.

El protocolo de calentamiento será el mismo para todos los sujetos.

	TIEMPO	DESCRIPCION	% DE FTP	% DE FTHR	RPE
Calentamiento	20 min	Paso de resistencia	65	70	5-6
	3x1min/1'rec.	Pedaleo rápido, 100rpm	N/A	N/A	8
	5 min	Rodada suave	65	<70	5-6
Parte principal	5 min	Máximo esfuerzo	Max.	>106	9-10
	10 min.	Rodada suave	65	<70	5-6
	20 min.	Contra reloj	max.	99-105	8,5-10
Enfriamiento	10-15 min.	Rodada suave	65	<70	4-5

Calentamiento propuesto por Coogan & Allen, (2010). FTP=Umbral Funcional de Potencia; FTHR=Umbral Funcional de Frecuencia Cardíaca; RPE= Escala de Percepción del Esfuerzo

Sírvase calificar según el siguiente formato:

CUALIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN
Excelente	4.5 a 5.0
Buena	4.0 a 4.4
Regular	3.0 a 3.9
Mala	Menor de 3.0

Le solicito su opinión acerca de:

1. Relación del test con el objetivo de la investigación.
 - Excelente
 - Buena
 - Regular
 - Mala

Saber si un entrenamiento concurrente tiene incidencia sobre una expresión de resistencia siempre es interesante, incluso si se determina que no hay tal relación.

2. Pertinencia del test de 20 minutos para evaluar la potencia submáxima.
 - Excelente
 - Buena
 - Regular
 - Mala

Excelente

3. ¿Conoce otros instrumentos validados para valorar la potencia submáxima?
Si No Cual(es) _____

*Rectangulares Test de 60'.
Test escalonado, progresivo incremental*

4. ¿Haría modificaciones al instrumento propuesto?

Un aparato de medición isoinercial sería mas valido que uno de resistencia mecánica, desde el punto de vista de gestión de la resistencia.

5. Sugerencias y/o recomendaciones



Firma experto.

Agradecido por su valioso aporte a esta investigación me suscribo.

Cordialmente,

JENARO LEGUÍZAMO HERRERA
Candidato a Magister

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSTGRADOS
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA DE LA CULTURA FÍSICA

EVALUACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

Doctor **MIKEL ZABALA DÍAZ**
Experto internacional en el entrenamiento del ciclismo
España

Cordial saludo,

Conocedor de su sapiencia y experiencia en la investigación y en el entrenamiento deportivo, pongo a su consideración el test del protocolo anexo que, forma parte de la investigación: **“EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES SOBRE PRODUCCIÓN POTENCIA MECÁNICA SUBMÁXIMA DE CICLISTAS RUTEROS”**, para que, según su juicio de experto, sea validado.

El objetivo general de la investigación es:

- Determinar los efectos del entrenamiento concurrente durante el periodo de preparación específica, sobre la producción de potencia mecánica submáxima de ciclistas ruteros.

La variable independiente es el entrenamiento concurrente y sus indicadores son el entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento de la resistencia.

La variable dependiente es la potencia submáxima manifiesta en el Umbral Funcional de Potencia (UPF). Este será medido mediante el test de 20 minutos propuesto por Coogan & Allen (2010) en su libro *Training and Racing with a Power Meter* a través del siguiente protocolo adaptado para laboratorio:

Test en cicloergómetro marca Tacx, referencia Bushido, con protocolo de carga constante durante 20 minutos tipo contra reloj, calibrado con factor de escala 100, el freno en 12 e inclinación del 2%, emparejado mediante tecnología ANT a un ordenador compatible con el programa Tacx-Trainer-Software 3, mediante antena receptora inalámbrica. La presión de la rueda trasera en 110 psi y realizado en la bicicleta personal de cada ciclista.

El protocolo de calentamiento será el mismo para todos los sujetos.

	TIEMPO	DESCRIPCIÓN	% DE FTP	% DE FTHR	RPE
Calentamiento	20 min	Fase de resistencia	65	70	5-6
	3x1min/1rec	Pedaleo rápido, 100rpm	N/A	N/A	8
	5 min	Rodada suave	65	<70	5-6
Parte principal	5 min	Máximo esfuerzo	Max.	>105	9-10
	10 min.	Rodada suave	65	<70	5-6
	20 min.	Contra reloj	max.	99-105	8,5-10
Entrenamiento	10-15 min.	Rodada suave	65	<70	4-5

Calentamiento propuesto por Coogan & Allen, (2010). FTP=Umbral Funcional de Potencia; FTHR=Umbral Funcional de Frecuencia Cardíaca; RPE= Escala de Percepción del Esfuerzo

Sírvase calificar según el siguiente formato:

CUALIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN
Excelente	4.5 a 5.0
Bueno	4.0 a 4.4
Regular	3.0 a 3.9
Malo	Menor de 3.0

Le solicito su opinión acerca de:

- Relación del test con el objetivo de la investigación.
 - Excelente X
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
- Pertinencia del test de 20 minutos para evaluar la potencia submáxima.
 - Excelente X
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
- ¿Conoce otros instrumentos validados para valorar la potencia submáxima?
 Si ___ No ___ Cual(es) _____. SI, TEST INCREMENTAL HASTA LA EXTENUACIÓN _____
- ¿Haría modificaciones al instrumento propuesto?
 NO _____

5. Sugerencias y/o recomendaciones

_____NINGUNA_____



Mikel Zabala Díaz

Agradecido por su valioso aporte a esta investigación me suscribo.

Cordialmente,

JENARO LEGUÍZAMO HERRERA
Candidato a Magister

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSTGRADOS
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA DE LA CULTURA FÍSICA

EVALUACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

Doctor

JOSU LARRAZABAL

Experto internacional en el entrenamiento del ciclismo

España

Cordial saludo,

Conocedor de su sapiencia y experiencia en la investigación y en el entrenamiento deportivo, pongo a su consideración el test del protocolo anexo que, forma parte de la investigación: **"EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES SOBRE PRODUCCIÓN POTENCIA MECÁNICA SUBMÁXIMA DE CICLISTAS RUTEROS"**, para que, según su juicio de experto, sea validado.

El objetivo general de la investigación es:

- Determinar los efectos del entrenamiento concurrente durante el periodo de preparación específica, sobre la producción de potencia mecánica submáxima de ciclistas ruteros.

La variable independiente es el entrenamiento concurrente y sus indicadores son el entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento de la resistencia.

La variable dependiente es la potencia submáxima manifiesta en el Umbral Funcional de Potencia (UPF). Este será medido mediante el test de 20 minutos propuesto por Coogan & Allen (2010) en su libro *Training and Racing with a Power Meter* a través del siguiente protocolo adaptado para laboratorio:

Test en cicloergómetro marca Tacx, referencia Bushido, con protocolo de carga constante durante 20 minutos tipo contra reloj, calibrado con factor de escala 100, el freno en 12 e inclinación del 2%, emparejado mediante tecnología ANT a un ordenador compatible con el programa Tacx-Trainer-Software 3, mediante antena receptora inalámbrica. La presión de la rueda trasera en 110 psi y realizado en la bicicleta personal de cada ciclista.

El protocolo de calentamiento será el mismo para todos los sujetos.

	TIEMPO	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD	FRECUENCIA	RPE
Calentamiento	20 min	Paso de resistencia	65	70	5-6
	3x1min/1'rec	Pedaleo rápido, 100rpm	N/A	N/A	8
	5 min	Rodada suave	65	<70	5-6
Parte principal	5 min	Máximo esfuerzo	Max.	>106	9-10
	10 min.	Rodada suave	65	<70	5-6
	20 min.	Contra reloj	max	99-105	8,5-10
Enfriamiento	10-15 min.	Rodada suave	65	<70	4-5

Calentamiento propuesto por Coogan & Allen, (2010). FTP=Umbral Funcional de Potencia; FTHR=Umbral Funcional de Frecuencia Cardiaca; RPE= Escala de Percepción del Esfuerzo

Sírvase calificar según el siguiente formato:

CUALIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN
Excelente	4.5 a 5.0
Bueno	4.0 a 4.4
Regular	3.0 a 3.9
Malo	Menor de 3.0

Le solicito su opinión acerca de:

- Relación del test con el objetivo de la investigación.
 - Excelente
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
- Pertinencia del test de 20 minutos para evaluar la potencia submáxima.
 - Excelente
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
- ¿Conoce otros instrumentos validados para valorar la potencia submáxima?

Si No Cual(es) Los PROTOCOLOS DE RAMPA (ESCALONADO, PROGRESIVO, INTERVALOS Y MAXIMALES) PERO NO LOS CONSIDERO PERTINENTES
- ¿Haría modificaciones al instrumento propuesto?

N/D

5. Sugerencias y/o recomendaciones


Dni - 45663661 - J
Josu LARRAZABAL

Firma experto

Agradecido por su valioso aporte a esta investigación me suscribo.

Cordialmente,

JENARO LEGUÍZAMO HERRERA
Candidato a Magister

Anexo 3: Ejemplos gráficas obtenidas en el test

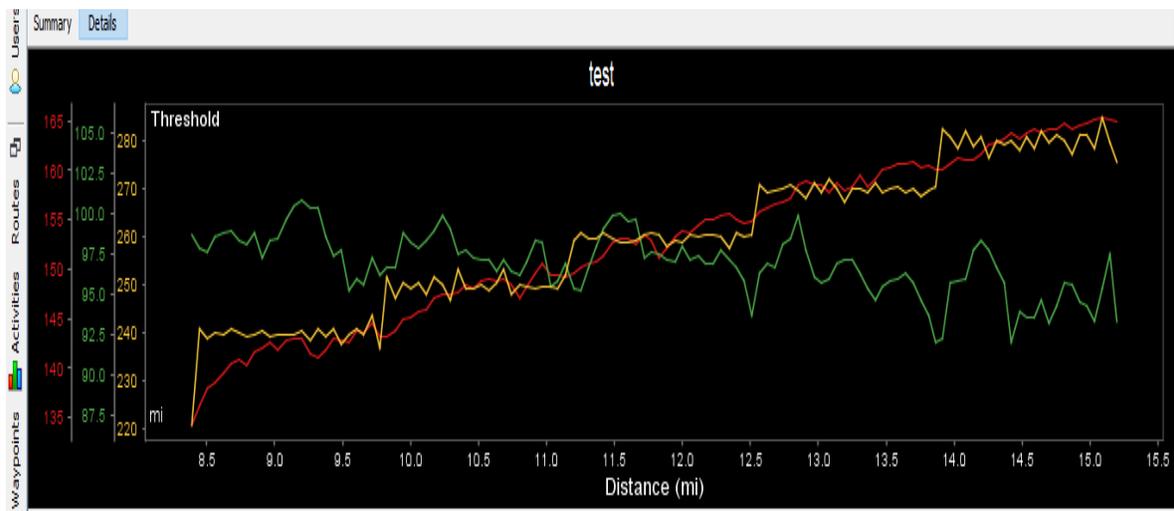


Figura 2: Gráfica test incremental

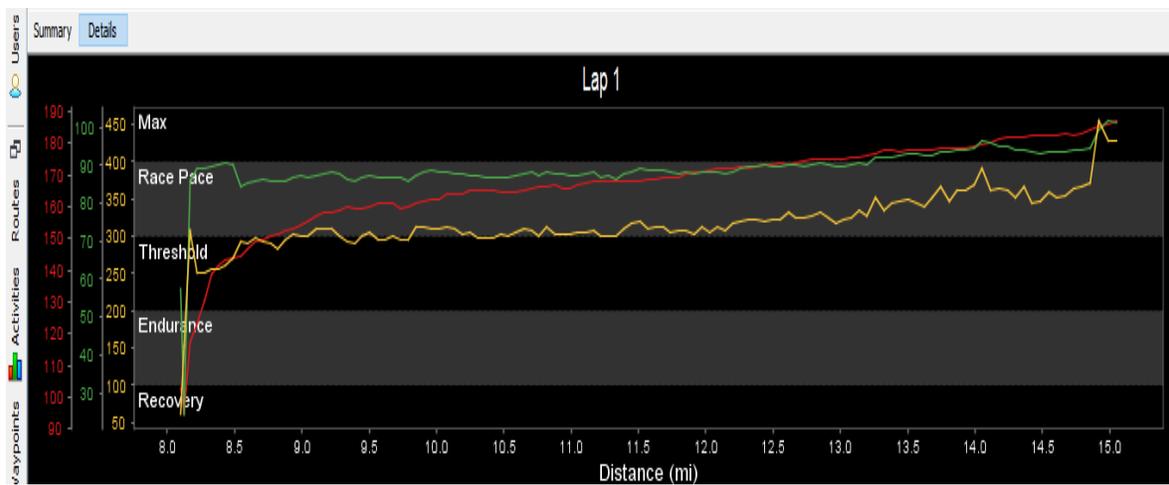


Figura 3: Gráfica test de 20 minutos FTP