

Article

Validez de utilizar el Umbral de Potencia Funcional y la potencia intermitente para predecir los resultados de una competencia de Mountain Bike Cross Country

Matthew C. Miller^{1,2}, M. Gavin L. Moir¹ y Stephen R. Stannard²¹East Stroudsburg University, East Stroudsburg, PA, USA²Massey University, Palmerston North, New Zealand

RESUMEN

Validez de utilizar el Umbral de Potencia Funcional y la potencia intermitente para predecir los resultados de una competencia de Mountain Bike Cross Country. Objetivo: Las pruebas de campo son importantes para los atletas y los profesionales del deporte porque aportan una valiosa información sobre el rendimiento y no dependen del tiempo y de los costos asociados al uso de un laboratorio. Este estudio realizó una evaluación de la posibilidad de utilizar los test de campo del Functional Threshold Power (FTP) y de potencia intermitente relativa (IP) para estimar el tiempo de finalización en carreras de mountain bike a Cross Country (XCO-MTB). Métodos: Once ciclistas de XCO-MTB de sexo masculino altamente entrenados (edad media: 35,8±8,2 años; peso medio: 80,8±13,4 kg) participaron voluntariamente en este estudio. Los valores de FTP relativo (W/kg) y de IP relativa fueron obtenidos con pruebas de campo, y la media de todos los intervalos de trabajo intermitentes se registró como IP y FTP se calculó a partir del 95% de la potencia máxima media en 20 minutos. El tiempo de rendimiento en la carrera se obtuvo en el campo mediante una carrera simulada de XCO-MTB de 17,4 km con salida en masa. Resultados: Los dos modelos, IP ($r^2=0,786$) y FTP ($r^2=0,736$) pudieron estimar significativamente el rendimiento en la carrera ($p<0,001$). Sin embargo, los errores de la estimación fueron menores con la IP relativa que con FTP relativo (273,5 s contra 303,6 s). Conclusión: Un test de IP realizado en el campo puede ser utilizado como referencia para la determinación de la capacidad y preparación de un atleta de XCO-MTB. Dado que la IP puede medirse en un rodillo estacionario (rodillo fijo) en cualquier situación y sin necesidad de contar con un costoso equipo, los entrenadores pueden usar fácilmente este modelo para realizar el seguimiento del entrenamiento del atleta.

Palabras Clave: Ciclismo, mountain bike, todo terreno, umbral funcional de potencia, campo travesía, potencia intermitente

INTRODUCCION

Las carreras de mountain bike a campo travesía (XCO MTB) son un deporte popular tanto para ciclistas de élite como para

ciclistas recreativos. Las demandas fisiológicas de las competencias y los estimadores de rendimiento han sido menos estudiados en XCO MTB que en el ciclismo de ruta. Las investigaciones disponibles han demostrado que la producción de potencia durante las carreras de XCO MTB tiene un alto grado de oscilación debido a las condiciones del terreno y del trazado del recorrido (Impellizzeri y Marcora, 2007; MacDermid y Stannard, 2012; Stapelfeldt et al., 2004). De acuerdo con esto, la literatura sugiere que XCO-MTB requiere elevadas tasas de producción de energía aeróbica y anaeróbica, y una frecuencia cardíaca media durante la competencia equivalente al 90% de la máxima, lo que corresponde a un 84% de consumo de oxígeno máximo (Impellizzeri et al, 2002). Un 82% del tiempo total de la carrera transcurre por encima del umbral del lactato (LT) (Impellizzeri y Marcora, 2007) y 22% de la potencia producida es supra máxima (Stapelfeldt et al, 2004). De modo simplista, estos datos tienden a sugerir que el éxito en el deporte estará relacionado con una producción de elevada potencia sostenible y podría estar estrechamente relacionado con el LT

El LT esta ampliamente reconocido como un importante indicador del rendimiento de resistencia (Gavin et al, 2012; Allen y Coggan, 2006; Sjodin y Karlsson, 1981; Coyle et al., 1995; Bassett y Hawley, 2000; McNaughton et al., 2006). Se han encontrado buenas correlaciones entre el LT y el rendimiento en ciclismo de ruta (Coyle et al, 1995 Bishop et al, 1998) así como entre el LT y el rendimiento en XCO MTB (Costa et al., 2008; Impellizzeri et al, 2005). Con el aumento en la disponibilidad de dispositivos de medición de potencia personales que se pueden incorporar a la bicicleta, los entrenadores de ciclismo desarrollaron el umbral funcional de potencia (FTP) como una prueba de campo para estimar el LT (Allen y Coggan, 2006). El FTP puede medirse fácilmente durante una prueba contrarreloj de potencia máxima de veinte minutos y puede ser monitoreado a lo largo de un programa de entrenamiento con zonas de intensidad para luego estimar la habilidad del atleta (Allen & Coggan, 2006). A pesar de que históricamente el FTP no ha sido comprendido con detalle, recientemente se ha demostrado que es equivalente al comienzo de la concentración de lactato sanguíneo de 4,0 mMol L⁻¹ (Gavin et al, 2012). No encontramos ningún estudio en el cual se haya comparado el test de campo FTP con el rendimiento en ciclismo a pesar de que algunas publicaciones de ciclismo recomiendan evaluarlo regularmente para realizar un seguimiento de la aptitud física (Carmichael y Rutberg, 2009).

Sin embargo aunque se ha demostrado que el LT se correlaciona con el ciclismo, la literatura previa sugiere que los rendimientos intermitentes no se pueden estimar muy bien a partir de tests continuos (Morton y Billat, 2003). Con relación a las variables de interés de este estudio, el LT determinando por el test de FTP puede ser considerado una prueba continua y el XCO-MTB puede ser considerado un rendimiento intermitente.

Notablemente, hay pocas investigaciones en las cuales se haya comparado la relación entre los test intermitentes de laboratorio y el rendimiento en XCO MTB (Inoue et al., 2012; Prins et al, 2007), y no existe ninguna prueba de campo intermitente que analice estas variables. Debido a la alta intensidad y a la naturaleza intermitente del XCO MTB y a los parámetros fisiológicos asociados a los estándares actuales de las pruebas de campo, parece sensato diseñar una prueba de campo específica para las demandas de XCO MTB de modo que pueda ser utilizada para estimar el rendimiento, y determinar la capacidad de un atleta. Notablemente, Prins et al. (2007) destacaron la importancia de diseñar una prueba específica para XCO MTB. En tal prueba, los ciclistas realizarían un esfuerzo discontinuo durante el cual la mayoría del tiempo transcurriría por encima del LT y los períodos de recuperación estarían por debajo del umbral de lactato (LT). Por lo tanto el propósito de este estudio fue investigar la validez de usar pruebas de potencia de campo continuas (es decir FTP) e intermitentes (IP) para estimar el rendimiento en carreras de XCO-MTB.

MATERIALES Y METODOS

Participantes y procedimientos

En este estudio participaron voluntariamente once ciclistas de competencias regionales de XCO-MTB de sexo masculino (edad media: 35,8±8,2 años; peso: 80,8±13,4 kg). Todos los participantes estaban sanos y libres de lesiones y habían realizado entrenamiento de ciclismo regularmente (≥4 sesiones por semana). Luego de ser revisado, el estudio fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional para la Protección de Personas de la Universidad de East Stroudsburg. Todos los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado y recibieron información sobre los riesgos y beneficios potenciales de participar en el estudio. Los participantes completaron tres sesiones de evaluación separadas en orden aleatorio y se les solicitó que acudieran a las sesiones de prueba luego de tres horas post absorción y sin haber realizado ejercicio pesado en las últimas 24 horas. Durante una sesión los participantes realizaron un test FTP siguiendo los procedimientos explicados por Allen y Coggan (2006) con una entrada en calor modificada. La segunda sesión fue un test intermitente (IP) con 20 intervalos de 45 segundos de trabajo y 15 segundos de recuperación. La última sesión de evaluación fue una carrera de mountain bike con salida en masa. Los sujetos completaron todas las sesiones dentro de un máximo de 14 días y en ningún caso transcurrieron menos de 72 horas entre las pruebas.

Recolección de los datos

Antes de realizar las pruebas se determinó la masa corporal de cada sujeto. Los participantes utilizaron sus propias bicicletas durante todas las sesiones de prueba. Para realizar los test FTP e IP, las bicicletas fueron equipadas con una rueda trasera *CycleOps PowerTap(G3 o Pro XCO-MTB Disc)* y fueron colocadas en un entrenador fijo (*CycleOps Supermagneto Pro*). Los datos fueron guardados en una unidad de registro móvil (*CycleOps Joule 2.0*) y fueron analizados con el software de *PowerAgent*. El tiempo de carrera se determinó por medio de un cronómetro con un nivel de apreciación en segundos. Cada sesión de prueba se inició con un protocolo de entrada en calor acortado modificado del descrito por Allen y Coggan (2006) y consistió en diez minutos de pedaleo sencillo seguidos por cinco minutos de un esfuerzo “fuerte” sostenido seleccionado por los mismos participantes y finalizó con diez minutos de pedaleo fácil. Se seleccionaron dos ciclistas de élite para recoger los datos modelos anecdóticos de los rendimientos de carrera reales internacionales y regionales. Los datos fueron obtenidos en las propias bicicletas de los participantes por medio de un cubo medidor de potencia *PowerTap Pro* de XCO-MTB y fueron grabados en la unidad Joule 2.0. El análisis de los datos se hizo con el software *PowerAgent*. Durante estas carreras se determinó que aproximadamente 25% del tiempo de la carrera transcurrió, ya sea en zonas de potencia de frenado (*coasting*) o de recuperación sobre la base de las zonas relativas a FTP y determinadas por el software *PowerAgent*. A lo largo de la carrera, se realizaron muchos esfuerzos por encima de FTP y duraron aproximadamente menos de un minuto antes de efectuar *coasting* o de pedalear fácil durante diferentes tiempos. A partir de este datos se calculó la relación trabajo:descanso para el test IP. La duración total del test IP se fijó en 20 minutos para que fuera igual a la del test FTP. Por su propio entrenamiento, todos los participantes estaban familiarizados con el test FTP que consistió en un esfuerzo máximo sostenido durante 20 minutos. Se solicitó a los atletas que realizaran el test con la mayor potencia sostenible durante todo el test FTP. El FTP se registró como el 95% de la potencia media durante el test. El protocolo de IP consistió en 20 intervalos de 45 segundos de trabajo y 15 segundos de descanso. Se solicitó a los participantes que se “visualizaran recorriendo la mayor distancia posible” durante cada intervalo de trabajo. Los participantes podían sentarse o podrían estar de pie siempre que fuera necesario y mantener cualquier cadencia o realizar cambios de marchas/velocidad durante el test. El principio y fin de cada serie de trabajo fueron señalados diciéndole a los sujetos que comenzaran y se detuvieran; y se midieron apretando el botón “INTERVALO” en la unidad principal del Joule 2.0. Los participantes podían obtener una retroalimentación del tiempo transcurrido y de la producción de potencia en cualquier momento durante las pruebas tal como si estuvieran realizando un test a campo por si mismos. Durante los intervalos de recuperación del test IP se solicitó a los participantes que pedalearan a una velocidad fácil o realizaran *coasting*; estos intervalos no fueron grabados.

La carrera fue realizada en nueve vueltas cuyo trazado estaba formado por aproximadamente 40% de senderos con césped y 60% de senderos angostos de dificultad moderada con terreno deslizante y un cambio de altura de 43 m. La distancia total recorrida por todos los participantes fue 17,4 km.

Cálculo de variables

Durante todas las series de trabajo se registró la potencia media. El FTP se calculó como 95% de la potencia media en 20 minutos y se registró en relación a la masa corporal. La media de todas las series de trabajo durante el test IP fue calculada relativamente. El tiempo de carrera fue registrado en segundos para indicar el rendimiento después de la finalización de todas las vueltas.

Se utilizaron modelos de regresión lineal (SPSS 19.0) para evaluar el coeficiente de determinación y el error estándar por usar las medidas relativas (W/kg) de FTP e IP para la estimación del rendimiento durante la carrera de XCO-MTB. El error cuadrado medio (MSE) se calculó como la suma residual de cuadrados dividida por los grados de libertad y se utilizó para determinar el error de la estimación. El error de estimación (Error) se calculó como la raíz cuadrada de MSE y se expresó en unidades de tiempo (s).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los datos de FTP relativo, IP relativa y tiempo de carrera. El coeficiente de correlación entre los valores obtenidos en el test FTP relativo y los obtenidos en el test de IP relativa fueron 0,964 ($r^2 = 0,929$). La Tabla 2 presenta los modelos de regresión lineal creados usando FTP relativo e IP relativa para predecir el tiempo de carrera. Ambos modelos pudieron predecir significativamente el rendimiento de la carrera ($p < 0,001$). Sin embargo, los errores de la predicción fueron menores cuando se utilizó la IP relativa que cuando se utilizó el FTP relativo (273,5 s contra 303,6 s).

| FTP relativo (W/kg) | IP relativo (W/kg) | Tiempo de carrera (s) |
|---------------------|--------------------|-----------------------|
| 3,32±0,74 | 4,19±0,83 | 4153±561 |

Tabla 1. Valores para el umbral funcional de potencia (FTP) relativo, la potencia intermitente (IP) y el tiempo de carrera. Los valores se expresan en forma de Media±Desviación estándar. FTP Relativo = Umbral funcional de potencia relativo; IP Relativa = Potencia Intermitente relativa; * ambos modelos con $P<0,001$

| Variable | Modelo | r | r ² | MSE | Error |
|--------------|--|-------|----------------|-------|-------|
| FTP relativo | Tiempo de carrera= 6317,224+(-655,688 FTP Relativo)* | 0,858 | 0,736 | 92190 | 303,6 |
| IP relativa | Tiempo de carrera= 6662,768+(-598,752 IP Relativo)* | 0,886 | 0,786 | 74773 | 273,5 |

Tabla 2. Modelos de regresión lineal para estimar el tiempo de carrera a partir de FTP relativo y de IP relativa
 FTP Relativo (W/kg) = Umbral funcional de potencia relativo (W/kg); IP Relativa (W/kg) = Potencia Intermitente relativa (W/kg);
 MSE= error cuadrado medio, calculado como la suma residual de los cuadrados dividida por los grados de libertad; Error= Error de la estimación, calculado como la raíz cuadrada de MSE. * ambos modelos con $P<0,001$

Se desarrollaron modelos de regresión múltiple para evaluar la estimación del rendimiento en la carrera a partir de la combinación entre FTP relativo e IP relativa. El efecto de combinar el FTP relativo con la IP relativa ($r^2=0,887$) no aumentó sustancialmente la varianza en el rendimiento de XCO-MTB explicada por el modelo de IP relativa ($r^2 = 0,886$). Además, el error asociado con el modelo combinado fue superior al del modelo que contenía solo la IP relativa (289,6 s y 273,5 s, respectivamente).

| Variable | Modelo | r | r ² | MSE | Error |
|-------------|--|-------|----------------|-------|-------|
| IP relativo | Tiempo de carrera= 6662,768 + (-598,752 IP Relativa)* | 0,886 | 0,786 | 74773 | 273,5 |
| Combinados | Tiempo de carrera= 6662,768 + (-537,759 IP Relativa) + (-71,950 FTP Relativo)* | 0,887 | 0,787 | 83841 | 289,6 |

Tabla 3. Modelos de regresión múltiple para estimar el tiempo de carrera a partir del test de IP relativa y de la combinación de IP relativa y FTP relativo. IP Relativa (W/kg) = Potencia Intermitente relativa (W/kg); Combinados= Modelo de regresión donde se combinó el FTP relativo y la IP relativa; MSE= error cuadrado medio, calculado como la suma residual de los cuadrados dividida por los grados de libertad; Error= Error de la estimación, calculado como la raíz cuadrada de MSE. * Ambos modelos con $P<0,001$

DISCUSION

Según nuestros conocimientos, éste es el primer estudio que utilizó test de campo para estimar el rendimiento en XCO-MTB. Los test de campo son particularmente prácticos para atletas y entrenadores que no tienen acceso a equipos de laboratorio. El desarrollo de pruebas de campo basadas en la potencia que tengan una elevada correlación con el rendimiento real puede ser muy útil para que quienes solo tienen acceso a un potenciómetro portátil obtengan una valiosa visión sobre el potencial para el rendimiento. Dado que este estudio presenta correlaciones fuertes entre el rendimiento de XCO-MTB y las pruebas realizadas en un entrenador estacionario, la repetitividad de estas pruebas se independiza de las condiciones de tiempo, equipamiento costoso y profesionales de laboratorio.

De hecho, el propósito principal de este estudio fue determinar la validez de usar los tests de FTP e IP para estimar el rendimiento en carreras de XCO-MTB. Sobre la base de la naturaleza intermitente de XCO-MTB, se cuestionó si un indicador fisiológico de estado estable era la mejor opción para evaluar a los deportistas de esta disciplina. El test FTP se seleccionó por comparaciones basadas en investigaciones previas que relacionaron el LT y el rendimiento en XCO-MTB (Costa et al, 2008; Impellizzeri et al., 2005). Dado los resultados de Gavin et al. (2012) que indicaban que el test FTP era similar al LT de laboratorio normalmente utilizado para indicar el comienzo de la acumulación de lactato en sangre (4

mmol L⁻¹), y la fuerte validez del test de campo FTP entre los ciclistas en general, esta relación sugirió que era correcto utilizar el test FTP en este estudio.

Nuestros datos revelaron que los ciclistas de XCO-MTB destinan aproximadamente 25% del tiempo de la carrera a frenados (*coasting*) o a pedaleo en una zona de recuperación. Esto puede ser relacionado con lo observado por Stapelfeldt et al. (2004), quienes determinaron que 39% de la potencia de carrera de XCO-MTB era inferior al umbral aeróbico. Teniendo en cuenta esta información, el protocolo del test IP para este estudio consideró una tasa de trabajo:descanso fija de 45s: 15s y fue diseñado para ser completado en la misma cantidad de tiempo que el test de campo FTP (20 minutos). Esto nos aseguró que el test de campo IP sería una metodología eficaz para integrar las demandas de una competencia de XCO-MTB observadas durante la prueba piloto, con el límite de tiempo del test de campo FTP.

Después de una búsqueda detallada de literatura publicada sobre ciclismo con revisión de pares, ésta es la primera prueba de campo intermitente encontrada que fue diseñada para evaluar XCO-MTB. Uno de nuestros primeros resultados fue que IP se correlacionó fuertemente con FTP. Esto puede ser explicado por un trabajo previo que demostró que la capacidad de realizar ejercicio intermitente dependía del metabolismo aeróbico y del consumo de oxígeno (Bogdanis et al, 1996; Gaitanos et al, 1993; Bishop, 2012, Bishop et al., 2004), y que el LT se correlaciona fuertemente con el porcentaje de fibras musculares de Tipo I (Coyle et al., 1992). Esto sugiere que el rendimiento de IP se basa, al menos en parte, en los parámetros que regulan el FTP de un atleta. Además, el entrenamiento intervalado puede mejorar el rendimiento de pruebas contrarreloj aeróbicas (Stepito et al, 1999; Lindsay et al., 1996; Padilla et al., 1999). Si bien en este estudio no se registró el entrenamiento de los participantes, podemos postular que la fuerte relación entre estas dos pruebas se debe, por lo menos en parte, a la combinación entre los beneficios del entrenamiento de ciclismo *off-road* y el límite superior de capacidad de ejercicio intermitente limitado por la eficiencia aeróbica.

El hallazgo principal de este estudio fue que, cuando se utiliza la producción de potencia relativa para estimar el rendimiento en XCO-MTB, el IP tiene una correlación más fuerte que FTP. Esto coincide con lo observado en un estudio realizado por Inoue et al. (2012) en donde un Test de Wingate de 5 x 30-s (a 50% de la carga de Wingate) pudo estimar el rendimiento de XCO-MTB. Notablemente, en un estudio de Prins et al., (2007) en el cual los atletas realizaron una prueba contrarreloj en la misma pista en la cual se midieron rendimientos de carrera, se observó una correlación similar a la observada en este estudio cuando se comparó la IP con el tiempo de la carrera. En el mismo estudio, se utilizó intensidad variable y se realizaron pruebas contrarreloj de 1 km y se compararon con el mismo rendimiento en XCO-MTB. Si bien estas pruebas fueron realizadas con un alto grado de control en el laboratorio, los resultados presentados aquí sugieren que el test de campo IP es un mejor estimador del rendimiento en la carrera. Esto apoya el test de campo IP porque sugiere que puede estimar el rendimiento tanto como cualquier otro modelo previamente usado y es independiente de las condiciones de tiempo y del costoso equipamiento de laboratorio.

El error asociado con los modelos de regresión usados en este estudio indica que IP puede predecir el rendimiento de XCO-MTB con un error mas bajo que FTP. Esto es importante dado que las clasificaciones de llegada generalmente están determinadas por márgenes de tiempo más pequeños que el error asociado con ambas pruebas, y podría significar la diferencia entre terminar primero y tercero, o involucrarse en carreras de UCI. Dos potenciales críticas al test IP que podrían ser planteadas por un profesional de laboratorio serían la falta de control de la carga de trabajo y la selección de las tasas trabajo:descanso. Sin embargo, creemos que dada la relación de IP y el rendimiento en la carrera, la sencilla ejecución del test de campo IP y la sugerencia que el test IP es igualmente bueno para estimar el rendimiento en XCO-MTB que otros tests de campo y de laboratorio mas complejos, las futuras investigaciones pueden apuntar potencialmente hacia poner a punto una prueba similar a la utilizada en este estudio. Esto debe ser investigado con mayor detalle.

Aplicaciones prácticas

Éste es el primer estudio que relacionó los tests de campo de medición de potencia FTP e IP con el rendimiento en XCO-MTB. Aunque el test FTP puede explicar la mayor parte de la variación en el rendimiento, el test IP es un mejor estimador del tiempo de carrera en XCO-MTB que el test FTP. El entrenador astuto debe usar esta prueba como un criterio para determinar la capacidad y preparación de un atleta para las competencias.

AGRADECIMIENTOS

A los autores desean agradecer al grupo de ciclismo Saris de EE.UU por facilitarnos los potenciómetros *PowerTap*, las unidades principales Joule 2.0 y los entrenadores fijos *Supermagneto Pro* para todas las sesiones de prueba.

REFERENCIAS

1. Allen, H. & Coggan, A. (2006). Training and racing with a power meter. *Boulder, CO: VeloPress*.
2. Amann M, Subudhi A, Foster C. (2006). Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports. February 2006;16(1):27-34*.
3. Bishop, D. J. (2012). Fatigue during intermittent-sprint exercise. *Clin Exp Pharmacol Physiol, 39(9), 836-841*.
4. Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European Journal of Applied Physiology, 92(4-5), 540-547*. doi: 10.1007/s00421-004-1150-1
5. Bishop, D., Jenkins, D. G., & Mackinnon, L. T. (1998). The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak and 1-h cycling performance in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 30(8), 1270-1275*.
6. Bogdanis, G. C, Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology (1985), 80(3), 876-884*.
7. Carmichael, C and Rutberg, J. (2009). The Time-Crunched Cyclist: Fit, Fast, and Powerful in 6 Hours a Week. *Boulder, CO: VeloPress*.
8. Ciric, IM., Stojiljkovic, S., Stefanovic, N., Djurdjevic, S., Bjelakovic, L., Pirsl, D. (2012). Anaerobic threshold determination by direct blood lactate measurement with and without warm up protocol in female athletes. *HealthMed, Vol. 6 Issue 6, p2152-2157*.
9. Costa, V., & Fernando, D.O. (2008). Physiological variables to predict performance in cross-country mountain bike races. *Journal of Exercise Physiology Online, 11(6)*.
10. Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hopper, M. K., & Walters, T. J. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology, 64(6), 2622-2630*.
11. Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of Type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 24(7), 782-788*.
12. Davis, J. A., Rozenek, R., DeCicco, D. M., Carizzi, M. T., & Pham, P. H. (2007). Comparison of three methods for detection of the lactate threshold. *Clinical Physiology & Functional Imaging, 27(6), 381-384*.
13. Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine , Vol. 39, No. 6., pp. 469-490*.
14. Gaitanos, G. C, Williams, C, Boobis, L. H, & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology (1985), 75(2), 712-719*.
15. Gavin, T. P., Van Meter, J. B., Brophy, P. M., Dubis, G. S., Potts, K. N., & Hickner, R. C. (2012). Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. *Journal Of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins), 26(2), 416-421*.
16. Gregory, J., Johns, D., Walls, J. Relative vs. absolute physiological measures as predictors of mountain bike cross-country race performance. (2007). *Journal Of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publishing Services Inc.). February 2007;21(1):17-22*.
17. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Sassi, A., Mognoni, P., & Marcora, S. (2005). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal of Sports Sciences, 23(1), 41-47*.
18. Impellizzeri, F.M., and Marcora, S.M. (2007). Physiology of mountain biking. *Sports Medicine. 2007, 37(1):59-71*.
19. Impellizzeri, F., Sassi, A., Rodriguez-Alonso, M., Mognoni, P., & Marcora, S. (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 34(11), 1808-1813*.
20. Inoue, A., SaFilho, A.S., Mello, F.C.M., Santos, T.M. (2012). Relationship Between Anaerobic Cycling Tests and Mountain Bike Cross-Country Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26(6)/1589-1593*.
21. Lee, PL, Martin, D., Anson, J., Grundy, D., Hahn, A. (2012). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences. December 2002;20(12): 1001-1008*.
22. Lindsay, F. PL, Hawley, J. A., Myburgh, K. PL, Schomer, H. PL, Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 28(11), 1427-1434*.
23. Macdermid, P., Starmard, S. (2012). Mechanical work and physiological responses to simulated cross country mountain bike racing. *Journal Of Sports Sciences. October 2012;30(14): 1491-1501*.
24. McNaughton, L.R., Roberts, S., Bentley, D.J. (2006). The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *Journal of Strength & Conditioning Research, Vol. 20 Issue 1, p157-161.5p*.
25. Morton, R. PL, & BiUat, L. V. (2004). The critical power model for intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology, 91(2-3), 303-307*.
26. Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., & Ángulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 32(4), 850-856*.
27. Prins, L., Terblanche, E., & Myburgh, K. H. (2007). Field and laboratory correlates of performance in competitive cross-country mountain bikers. *Journal of Sports Sciences, 25(8), 927-935*.
28. Stapelfeldt, B., Schwirtz, A., Schumacher, Y.O., & Hillebrecht, M. (2004). Workload demands in mountain bike racing. *International Journal of Sports Medicine, 25(4), 294-300*.
29. Stepto, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C, & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 31(5), 736-741*.
30. Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine, 2(1), 23-26*.

Cita Original

Matthew C Miller, Gavin L Moir y Stephen R Stannard. Validity of using functional threshold power and intermittent power to predict crosscountry mountain bike race outcome. JSci Cycling.(2014). Vol. 3(1), 16-20