

Monograph

Respuesta de la Frecuencia Cardíaca durante una Competición con Bicicleta de Montaña: Reporte de un Caso

Felipe P Carpes¹, Carlos B Mota^{1,2} y Irvin E Faria³

¹Federal University of Rio Grande do Sul/Exercise Research Laboratory/Porto Alegre, Brasil.

³California State University Sacramento/ Department of Kinesiology and Health Science/Sacramento, CA, Estados Unidos.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue describir el perfil de intensidad del ejercicio de un evento de *cross-country* con bicicleta de montaña [*mountain bike* (MTB)] durante una competición (3 horas y media) de un ciclista de elite altamente entrenado de sexo masculino en un intento de reportar el tiempo de ejercicio en el que el atleta estuvo en diferentes zonas de intensidad durante el ejercicio prolongado. Un ciclista de *cross-country* de elite experimentado (edad de 21 años, VO_2 máx. de 75,42 ml.kg⁻¹.min⁻¹ y una FC máx. de 200 lat./min, índice de potencia/masa de 6,56 W/kg) fue monitoreado con un monitor de la frecuencia cardíaca (HR) durante una competición de *cross-country*. El ciclista fue evaluado en nuestro laboratorio dos semanas antes de la competición. La duración de la competición fue de 211 minutos y la intensidad promedio del ejercicio del ciclista correspondió al 86% de la HR máx. El atleta fue capaz de mantenerse 67 minutos (32% del tiempo total) de la carrera a una intensidad > 90% de su HR máx., lo cual correspondió a una intensidad de entrenamiento por encima de su umbral anaeróbico individual. El intervalo de intensidades entre 80 y 90 % de la HR máx. fue mantenido durante el 58% del tiempo de la carrera (122 minutos). Finalmente, la intensidad debajo del 80% de la HR máx. fue observada solo durante el 10% del tiempo de la carrera. Durante la competición, la HR presentó los mayores valores al inicio de la carrera y el ciclista fue capaz de sostener una intensidad superior a la observada en las competiciones profesionales. Se necesitan otros estudios que usen muestras más grandes para confirmar los presentes resultados.

Palabras Clave: ciclismo, fisiología del ejercicio, resistencia, *cross-country*, entrenamiento

INTRODUCCION

La monitorización del rendimiento del ejercicio durante la competición presenta diferentes limitaciones. Con respecto a esto, la recolección de los datos de campo requiere tecnología especial para la evaluación y almacenamiento de la información con exactitud por un período prolongado y ocasionalmente, bajo situaciones adversas. El parámetro más accesible y principalmente monitoreado es la frecuencia cardíaca (HR). Es usada para establecer el perfil de intensidad del evento competitivo (1, 2, 3), para analizar el estrés de la competición y las respuestas al entrenamiento (4), y para detectar el sobreentrenamiento temprano, especialmente cuando es usada en combinación con las curvas de lactato y cuestionarios (5).

El uso de los monitores de la frecuencia cardiaca (HR) está reconocido por los científicos, entrenadores y deportistas como una herramienta poderosa para monitorear la HR durante la actividad física. Aunque hay datos que muestran que la medición de la HR es exacta durante diferentes actividades físicas (6), para explicar e interpretar mejor los datos de HR se requiere que esta información esté relacionada con el máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.).

El consumo de oxígeno (VO_2) es difícil de obtener cuando se lo compara con la HR. Por otra parte, los registros de VO_2 durante una competición interfieren frecuentemente con el rendimiento del atleta. Por ejemplo, cuando el atleta que está compitiendo usa un analizador de gases portátil, el peso del dispositivo y su incomodidad pueden estresar al atleta. Para evitar este problema, han sido publicados un número substancial de artículos científicos para describir la intensidad del ejercicio en base a los datos de HR durante carreras de ciclismo de ruta (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13), pero hay pocos estudios científicos que se centren en el ciclismo con bicicleta de montaña (3, 14, 15, 16). Las investigaciones en ciclismo de ruta muestran que es sostenida una alta intensidad de ejercicio, relacionada al porcentaje del máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.), para períodos que exceden una hora de ejercicio. Estos datos indican que los ciclistas de ruta deben poseer tanto una alta potencia aeróbica como capacidad anaeróbica. Sin embargo, poco se sabe acerca de las demandas fisiológicas de las competiciones de ciclismo con bicicleta de montaña.

Las competiciones de ciclismo de montaña (*mountain bike*, MTB) de *cross-country* constituyen un evento de resistencia de salida masiva que se caracteriza por realizarse en circuitos con continuas subidas y descensos en caminos de tierra y en circuitos. El ciclismo de montaña es un deporte Olímpico desde los Juegos Olímpicos de Verano de Atlanta 1996. La Unión Internacional de Ciclismo (UCI) sugiere un tiempo óptimo para el ganador de la competición de entre 105 y 135 minutos. El calendario de competición de la UCI incluye hasta 260 competiciones internacionales de *cross-country* cada año, lo cual fuerza a los ciclistas a competir generalmente por lo menos una vez por semana durante 9 meses al año, alcanzando 30-40 competiciones. Parte de estas competiciones se realizan en la modalidad de carreras de etapas cortas.

En base a la premisa de que la intensidad del ejercicio durante las competiciones de campo es de gran importancia para los atletas y entrenadores, así como debido a que esta información puede ser usada para diseñar planes de entrenamiento y monitorear el rendimiento a lo largo de la temporada de competición, el objetivo de este estudio fue describir el perfil de intensidad del ejercicio de ciclistas de elite altamente entrenados durante un evento de MTB de *cross-country*, con una duración de 3 horas y media, usando la HR para mostrar la intensidad de ejercicio de un evento competitivo de larga duración. Los resultados de un atleta de elite bien entrenado pueden ser útiles para establecer una comparación con otros atletas de la misma disciplina y características físicas, así como adicional información acerca de las características de los eventos competitivos de MTB.

MÉTODOS

Reporte de Caso

El atleta monitorizado fue un ciclista de MTB con 12 años de experiencia en ciclismo y 7 años de eventos competitivos. No presentaba síntomas de sobreentrenamiento en base a reporte previos del atleta tales como características de sueño, dieta, percepción del esfuerzo y fue incluido entre los mejores del ranking nacional (cuarta posición). Recientemente, fue ganador de la Copa Internacional Reebok PowerBar 2006 en la categoría sub-23.

Su entrenamiento en el momento de este reporte implicaba aproximadamente 400 km/semana en pistas y caminos con una intensidad de entrenamiento media de aproximadamente 75-90% de su FC máx. en el laboratorio. Sus características físicas y de rendimiento superaban el nivel de las reportadas para ciclistas de montaña de competición (3, 15, 17), lo cual colocaba sus características físicas dentro del nivel altamente entrenado (18,19). El ciclista firmó un Consentimiento Informado con el Comité de Ética para las Investigaciones con Humanos de la Institución en donde fue realizado este estudio.

Procedimientos

Antes de la competición (dos semanas antes), el ciclista fue evaluado en el laboratorio, para obtener la información fisiológica y física que se requería para el estudio. La masa corporal y la talla fueron medidas usando dispositivos antropométricos (Welmy Corp., Brasil). La grasa corporal fue medida por medio de la técnica de pliegues cutáneos (20, 21) usando un calibre para pliegues cutáneos (Cescorf. Corp., Brasil).

Al atleta se le pidió que no entrenara durante las 24 horas anteriores a la evaluación. Para determinar el máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.) y la producción de potencia máxima, el ciclista realizó un test de ciclismo máximo en una bicicleta

ergométrica SRM® Training Systems (modelo científico, SRM Science, Welldorf, Alemania). Durante la evaluación, el ciclista pedaleaba con una cadencia elegida por el mismo entre 90 y 105 rpm (8, 15). Esta opción de cadencias altas durante la evaluación está basada en experiencias previas con el ciclista. El ciclista había utilizado una cadencia de 103 rpm durante una prueba por tiempo de ciclismo de 40 km, simulada en el laboratorio, lo cual coincide con los resultados de Takaishi et al. (22), quien demostró que los ciclistas bien entrenados prefieren altas cadencias de pedaleo, lo cual minimiza la fatiga neuromuscular.

El test de VO₂ máx. comenzó con una carga inicial de 100 W y la misma fue incrementada en 50 W cada 3 minutos. El agotamiento fue definido como el punto en donde el atleta no fuera capaz de mantener la cadencia de pedaleo apropiada dentro de 90-100 rpm. El valor de VO₂ más alto obtenido del último minuto de ejercicio fue considerado el VO₂ máx. (23). El consumo de oxígeno durante el test máximo de ciclismo fue medido respiración a respiración con un analizador de gases Vmax 229 Series (Sensor Medics, Yorba Linda, CA), el cual fue calibrado antes de la sesión de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. La máxima producción de potencia fue determinada como la carga de trabajo más alta que el ciclista pudo mantener por un período completo de 3 minutos.

Fueron recolectadas muestras sanguíneas capilares para determinar la concentración de lactato del lóbulo de la oreja derecha antes del ejercicio, mientras el ciclista estaba en reposo, y durante el test máximo a intervalos de 3 minutos. Las muestras sanguíneas fueron subsiguientemente analizadas con un dispositivo Biosen 5030-L (EKF, Barleben, Alemania). Los datos de lactato sanguíneo fueron usados para determinar la concentración de lactato en reposo y durante el ejercicio y fueron usados para determinar el umbral anaeróbico individual (IAT) (24), en el punto en el cual fue observado un incremento abrupto en la concentración de lactato durante el ejercicio incremental. La HR fue monitoreada cada 5 s durante el test máximo con un monitor de la frecuencia cardíaca Polar Accurex Plus (Polar Electro, Oy, Finlandia). Las características físicas y de rendimiento del atleta son presentadas en la Tabla 1.

Variable	Resultado
Edad (años)	21
Talla (m)	1.85
Masa Corporal (kg)	72.1
Grasa Corporal (% de la masa corporal)	6.63
VO ₂ máx. absoluto (l/min)	5.43
VO ₂ máx. relativo (ml/kg/min)	75.42
IAT _{%VO₂máx} (%VO ₂ máx.)	89
HR _{IAT} (lat./min)	177
HR _{REPOSO} (lat./min)	51
HR máx. lab. (lat./min)	200
HR máx. campo (lat./min)	188
Máxima Producción de Potencia (W)	475
Índice Potencia/masa (W/kg)	6.59
Lactacidemia en reposo (mmol/l)	1.3
Lactacidemia máxima (mmol/l)	11.6

Tabla 1. Características fisiológicas y físicas del ciclista de élite evaluado. Abreviaturas: VO₂ máx.: máximo consume de oxígeno; IAT_{%VO₂máx}: Porcentaje del VO₂ máx. observado en el umbral anaeróbico individual; HR_{REPOSO}: HR medida durante el sueño a la noche; HR máx. campo: HR máxima observada durante la competición; HR máx. lab: HR máxima observada en el laboratorio.

Recolección de los Datos en el Campo

La recolección de los datos de campo fue realizada a través de la monitorización de la respuesta de la HR durante la Copa de Bicicleta de Montaña Brasileña 2005 (esta competición se realizó en Brasil en Noviembre de 2005). El atleta evaluado fue el ganador en la categoría sub-23 y tuvo el tercer mejor tiempo en la clasificación general. El recorrido de la carrera tenía solo una vuelta de 80 km, la cual implicaba 3 subidas, con un recorrido llano y ligeramente descendente en la tercera sección final. El recorrido constituyó un área de pasto verde, camino con barro en senderos estrechos y circuitos. El atleta no sufrió ninguna caída y no caminó ni corrió durante la carrera.

Durante 20 minutos antes de la carrera, el atleta entró en calor con la bicicleta montada sobre un rolo estático simple. A

través de toda la carrera, la posición adoptada por el ciclista estuvo caracterizada por una inclinación del tronco de $\sim 75^\circ$ y agarrando el manillar con los codos ligeramente flexionados, minimizando los efectos de la posición corporal sobre la respuesta de la HR (5). Durante la carrera el sujeto adoptó una postura similar.

Durante toda la carrera, la reposición energética incluyó 26 g de carbohidratos de un gel comercial cada 30 minutos y el atleta consumió 2,5 litros de agua. El tiempo total de la carrera fue de 3 h 31 min, en un día soleado con una temperatura cercana a 28 °C. Ninguna sustancia prohibida fue encontrada en el sujeto antes del inicio de la carrera. El atleta estaba familiarizado con el uso del monitor de la HR. El largo de biela utilizado por el ciclista fue de 172,5 mm en un sistema de palancas convencional con pedales automáticos Shimano en una bicicleta de montaña Bianchi.

La HR fue monitoreada cada 5 s con un monitor Polar S725 (Polar Electro, Oy, Finlandia) a través de toda la carrera, y después de la misma los datos fueron bajados por medio de transmisión infrarroja a una computadora portátil usando el *software* específico (Polar Precision Performance SW, versión 4.01.029, Polar Electro Oy, Finlandia).

Análisis Estadísticos

Para verificar la relación entre la HR y el VO_2 durante el test máximo de ciclismo fue aplicado el test de correlación r de Pearson. Para los análisis de los datos de HR almacenados durante la carrera, los datos fueron agrupados y el promedio de cada minuto fue presentado en relación a la duración total de la carrera. En base a la relación hallada entre la HR y el VO_2 durante el test máximo de ciclismo ($r=0.96$; $p<0.05$), los valores de HR fueron usados para expresar cuatro zonas de intensidad de ejercicio expresadas como % de la HR máx. (2, 13). Las cuatro zonas de intensidad de ejercicio fueron $>90\%$, 90-80%, 80-70% y $<70\%$ de la HR máx. El tiempo que el atleta estuvo en cada una de estas zonas de intensidad fue calculado y también fue determinado el tiempo que el atleta estuvo por encima del IAT.

RESULTADOS

El registro de la HR fue iniciado por el atleta en el comienzo de la carrera, y fue finalizado en la línea de meta. La monitorización del atleta evidenció una HR máx. de 188 lat./min y una HR promedio de 173 lat./min. La HR promedio correspondió al 86% de la HR máx., lo cual corresponde al 98% de la HR en el IAT, y al 85% del máximo consumo de oxígeno (% del VO_2 máx) observado en el laboratorio. Cuando fue analizado el tiempo en el que el atleta mantuvo una determinada intensidad en relación a la intensidad correspondiente al IAT, fueron encontrados los siguientes resultados: para intensidades correspondientes al 50 al 75% del IAT, el tiempo fue de 2 minutos, mientras que para intensidades correspondientes al 76 al 100% del IAT el tiempo fue de 109 minutos. De este modo, el tiempo total con intensidades por encima del IAT fue de 100 minutos.

El análisis de la HR relativa al tiempo a diferentes intensidades de ejercicio en base a la HR máxima del laboratorio evidenció que el ciclista mantuvo durante un largo período de tiempo una intensidad $> 90\%$ de la HR máx. Sin embargo, a través de la mayor parte de la carrera la intensidad estuvo entre el 80 y 90 % de la HR máx., tal como es ilustrado en la Figura 2.

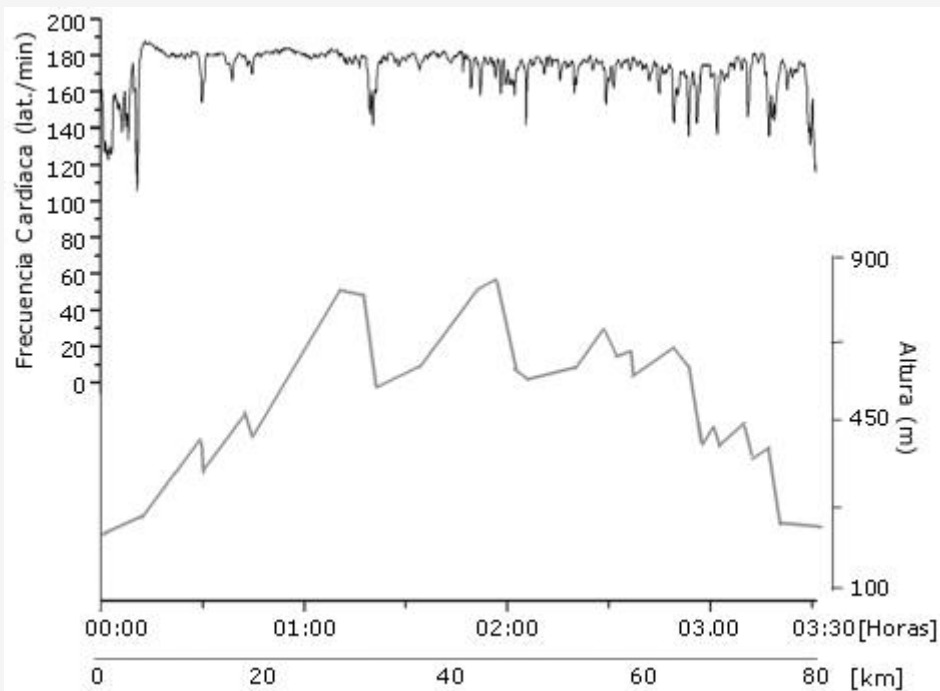


Figura 1. Respuesta de la frecuencia cardíaca del sujeto en relación al perfil del recorrido.

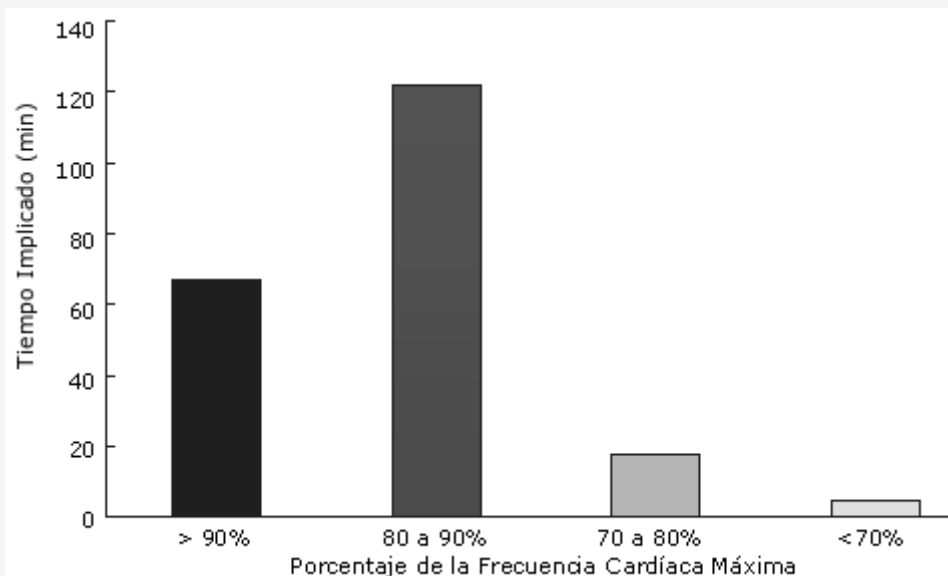


Figura 2. Porcentaje de tiempo de la carrera relativo a la intensidad en base a los valores >90%, 90-80%, 80-70% y <70% de la HR máx.

DISCUSION

Para nuestro mejor conocimiento, este es el primer estudio en reportar el perfil de intensidad del ejercicio de una competición con bicicleta de montaña de más de 3 horas. Este estudio presenta el perfil de intensidad del ejercicio, en base a la respuesta de la HR durante un evento competitivo de MTB de *cross-country*, haciendo referencia especial en un tiempo de 200 minutos con el cual se ganó una competición. El principal hallazgo de este estudio fue la observación de la alta

intensidad de ejercicio mantenida durante un tiempo prolongado durante la carrera. El atleta evaluado fue capaz de mantener 100 minutos de ejercicio por encima del IAT, realizando un total de 189 minutos (89%) de la carrera por encima o 10% por debajo del IAT. Para el ciclismo de ruta (26), han sido encontradas intensidades de ejercicio predominantemente arriba del IAT en competencias por tiempo de diferentes categorías (pruebas por tiempo prólogo - PTT, pruebas por tiempo cortas - STT, pruebas por tiempo largas - LTT, cronoescaladas - UTT y pruebas por tiempo por equipos - TTT) (aprox. 90% del tiempo total para PTT, 70% para STT, 50% para LTT, 45% para UTT y 55% para TTT).

El método aplicado para estudiar la intensidad de ejercicio durante el ciclismo ha sido usado por diferentes investigadores para describir las demandas fisiológicas durante ciclismo de ruta competitivo (7, 10, 11, 12, 20) y el ciclismo con bicicleta de montaña (3). En relación a esto, Lucía et al. (10) han reportado la capacidad de los ciclistas de ruta para tolerar altas intensidades de ejercicio cercanas a su umbral ventilatorio por aproximadamente 60 minutos. Este hallazgo es apoyado por Impellizzeri et al. (3) quien demostró que la mayor parte de la competición en el ciclismo de ruta es realizada a intensidades moderadas a altas.

El ciclista monitoreado en el presente estudio fue capaz de mantener la intensidad de ejercicio entre el 80 y 90% de la HR máx. y un porcentaje significativo del tiempo total de la carrera (32%) a una intensidad superior a su IAT. Este hallazgo confirmó lo reportado por Impellizzeri et al. (3), lo cual indica la importancia de una alta potencia aeróbica en los ciclistas MTB de élite.

El porcentaje de la HR máx. promedio observado durante la carrera para el atleta evaluado correspondió al 86% de la HR máx. Este valor fue menor al reportado para una carrera de MTB con un tiempo cercano a 120 minutos (3), sin embargo, el mismo fue mayor cuando se considera que la carrera estudiada tuvo una duración de 211 minutos. En comparación con los datos reportados por Padilla et al. (13) para etapas largas de ciclismo de ruta en ciclistas profesionales, el % de la HR máx. alcanzado fue mayor que el reportado por este autor. Padilla et al. (13) señalaron una relación inversa entre la intensidad del ejercicio estimada usando la HR promedio y valores de porcentaje de HR máx. y la duración de la prueba de ruta por tiempo. El ciclista monitoreado en el presente estudio fue capaz de mantener la intensidad del ejercicio cerca de la esperada durante una prueba por tiempo corta de 20 km (12). Para explicar esta observación, teniendo en cuenta que el ciclista era joven y que había empezado a competir en ciclismo a los 14 años de edad, es razonable asumir que esta es una razón que explique la alta eficiencia muscular o adaptación al entrenamiento.

La intensidad del ejercicio no estuvo claramente reflejada por la velocidad de carrera promedio en pruebas por tiempo de ciclismo de ruta (26). Estos autores señalaron que marcadores como el porcentaje de la HR máx. o la distribución de tiempo en relación a diferentes zonas metabólicas descritas usando la frecuencia cardiaca en el umbral del lactato o el inicio de la acumulación de lactato parecen ser mejores indicadores de las demandas fisiológicas de estas competencias de ciclismo. Los valores registrados de frecuencia cardiaca a partir de competencias por tiempo están relacionados al tiempo de carrera, presentando las carreras cortas los valores de frecuencia cardiaca más altos (26). Con respecto a los eventos de MTB, ha sido observado (3) que los atletas bien entrenados presentan frecuencias cardíacas de 192 ± 5 lat./min (89 \pm 3 % de la HR máx., 84 \pm 3 % del VO_2 máx.) para competencias con 33 km (133 \pm 10 min), 191 ± 6 lat./min (88 \pm 2 % de la HR máx., 82 \pm 3% del VO_2 máx.) para competencias de 40 km (165 \pm 11 min), 192 ± 8 (91 \pm 2 % de la HR máx., 86 \pm 2 % del VO_2 máx.) para competencias de 31,2 km (142 \pm 4 min) y 189 ± 7 lat./min (90 \pm 3 % de la HR máx., 84 \pm 3 % del VO_2 máx.) para competencias de 33,1 km (148 \pm 12 min). En comparación con el atleta evaluado en el presente reporte de caso, fue observada una intensidad de ejercicio correspondiente al 86% de la HR máx. durante la competición de 80 km (211 min).

En un evento de cicloturismo en el que participaron 14 ciclistas sanos y recreacionales fue registrada la frecuencia cardiaca (25). La monitorización fue realizada durante la prueba Ötztal Radmarathon 1999 con una distancia de 230 km. El tiempo promedio de la carrera fue de 10 h 14 min y fue realizado con una HR máx. de 188 lat./min y el valor promedio de la HR medida fue de 145 lat./min. Clasificando los valores de HR de acuerdo a las zonas metabólicas de recuperación (HR < 70% de la HR máx.), aeróbico moderado (70-80% de la HR máx.), aeróbico intenso (80-90% de la HR máx.) y anaeróbico (HR > 90% de la HR máx.) fue observado que los atletas pasaban el 18,5% del tiempo total de la carrera dentro de la zona de recuperación, 28% dentro de la zona aeróbica moderada, 39,5% dentro de la zona aeróbica intensa y 14% dentro de la zona anaeróbica.

Tal como fue reportado por Impellizzeri et al. (13), la HR más alta fue observada al inicio de la carrera. En eventos de *cross-country* esto es esperado, ya que la largada tiene una importancia fundamental en la estrategia de la carrera. Comúnmente es observado que los atletas de tratan de ganar la posición frontal para evitar disminuir la velocidad cuando el camino se hace más estrecho, para de este modo entrar a los senderos en una buena posición, debido a que en estos senderos el sobrepaso puede ser difícil. Fisiológicamente, una de las razones para que se produzca una mayor HR en la largada de la carrera está relacionada al incremento de la actividad del sistema simpático. Hay un aumento en la secreción de sustancias tales como la adrenalina y corticoides, lo cual induce el incremento de la HR (21). También, este hecho confirma la suposición empírica de los entrenadores y atletas de MTB acerca de la modalidad *cross-country*, que indica que la misma es una actividad intensa para la cual es necesario un esfuerzo cercano al máximo en el inicio de la carrera, tal como fue

demostrado por Impellizzeri et al. (3) y apoyado por los resultados del presente estudio.

La intensidad del ejercicio de *cross-country* que dura más de dos horas es similar a la de las pruebas por tiempo que duran no más de 70 minutos, e.g., en las carreras de MTB de larga duración los ciclistas son capaces de mantener una intensidad de ejercicio similar a la sostenida por los ciclistas de ruta durante una carrera con menos tiempo. Es sugerido que otros factores diferentes a la duración del evento pueden influenciar la intensidad de ejercicio durante los eventos de *cross-country* (3), indicando que el ciclismo de *cross-country* es un deporte con una demanda fisiológica superior a la requerida por el ciclismo de ruta. Esta diferencia puede ser explicada por la mayor resistencia al rodamiento debida a la menor velocidad relativa, cubiertas más grandes, peores condiciones del terreno y subidas y descensos continuos en las competiciones de *cross-country* (12). Además, las contracciones isométricas intensas y repetidas de los músculos de los brazos y las piernas son necesarias para absorber los choques y vibraciones provocadas por el terreno, y para manejar y estabilizar la bicicleta. La alta HR observada durante el ejercicio que implica fuerza isométrica puede ser una de las causas de la alta HR promedio del ciclismo de montaña en comparación con el ciclismo de ruta (28).

La monitorización de la frecuencia cardiaca constituye una herramienta importante para el entrenamiento. Puede ser combinada con el uso de sensores de la producción de potencia para prescribir y describir la intensidad del ejercicio. Por consiguiente, el uso de monitores de la HR constituye la herramienta más accesible para los atletas y entrenadores para proporcionar información en la situación de campo. Tal como fue discutido por Boulay et al. (29) e Impellizzeri et al. (3), durante el ejercicio prolongado, la HR está linealmente relacionada con el VO_2 , mientras que la producción de potencia no lo está. Este hecho sugiere que la HR es un mejor indicador de la intensidad de ejercicio durante el entrenamiento y las competiciones de resistencia en comparación con la producción de potencia. Consecuentemente, es una herramienta útil para determinar la estrategia de ritmo de carrera (30). La información de la HR durante la competición y la producción de potencia durante el entrenamiento es una buena combinación de herramientas para explorar mejor las respuestas fisiológicas del atleta en preparación para los eventos competitivos.

La metodología aplicada en este estudio tuvo limitaciones, ya que la temperatura ambiental, el nivel de hidratación y la depleción de glucógeno no fueron monitoreadas y controladas, sin embargo, se espera que el error fuera pequeño, ya que los ciclistas experimentados son generalmente adeptos a mantener un perfil nutricional y un nivel de hidratación apropiados durante una competición (31), lo cual minimiza el incremento en la temperatura corporal y la HR.

Conclusiones

La intensidad de ejercicio relacionada al % de la HR máx. observada en este estudio en el ciclismo MTB *cross-country* presentó valores por encima de los de ciclistas de ruta profesionales. Este hallazgo apoya la creencia que plantea que los eventos de *cross-country* presentan una mayor intensidad de ejercicio en comparación a los datos disponibles en la literatura acerca de ciclistas de ruta. El atleta monitoreado, un ciclista MTB de elite, presentó características físicas y de rendimiento por encima de las observadas en ciclistas de élite de ruta y MTB, siendo capaz de mantener cerca de 100 minutos del ejercicio por encima del IAT y de lograr una intensidad promedio igual al 86% de la HR máx. durante 211 minutos, evidenciando una notable capacidad fisiológica y física que puede estar relacionada a la edad a la cual el atleta inició su participación en eventos competitivos. Son necesarios futuros estudios, que usen muestras de mayor tamaño y diferentes tiempos de competición para confirmar los presentes resultados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al equipo del GEPEC (Grupo de Estudio e Investigación en Ciclismo de Brasil) por el apoyo en los test de laboratorio.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Felipe P Carpes, BSc., MSc., School of Physical Education, Federal University of Rio Grande do Sul, Exercise Research Laboratory, Porto Alegre, RS, Brasil, 90690-200. Teléfono (55) 51 3316-5859; Fax: (55) 51 3316-5842; correo electrónico: FelipeCarpes@gmail.com

REFERENCIAS

1. Gilman MB, Wells CL (1993). The use of heart rate to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *Int J Sports Med* 14:339-344
2. Gilman MB (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Int J Sports Med* 21:73-79

3. Impellizzeri F, Sassi A, Rodriguez-Alonso M, Mognoni P, Marcora S (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Med Sci Sports Exerc* 34:1808-1813
4. Achten J, Jeukendrup AE (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 33(7):517-538
5. Jeukendrup A, Van Diemen A (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Scie* 16:91-99
6. Lambertz MI, Mbambo ZH, Gibson AC (1998). Heart rate during training and competition for long distance running. *J Sports Scie* 16:85-90
7. Palmer GS, Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD (1994). Heart rate responses during a 4-d cycle race. *Med Sci Sports Exerc* 26:1278-1283
8. Padilla S, Mujika I, Cuesta G, Goiriena JJ (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 31:878-885
9. Pfeiffer RP, Harden BP, Landis D, Harper K, Barber D (1993). Correlating indices of aerobic capacity with performance in elite women road cyclists. *J Strength Cond Res* 7:201-205
10. Wilber RL, Zawadzki KM, Kearney JT, Shannon MP, Disalvo D (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 29:1090-1094
11. MacRae HS-H, Hise KJ, Allen PJ (2000). Effects of front and dual suspension mountain-bike systems on uphill cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 32:1276-80
12. Baron R (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 33:1387-1393
13. Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J App Physiol* 64(6):2622-2630
14. Jeukendrup AE, Craig NP, Hawley JA (2000). The bioenergetics of world class cycling. *J Sci Med Sport* 3(4):414-433
15. Siri WE (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Brozek J, Henschel A, eds. *Techniques for measuring body composition*. Washington, DC: National Academy Press
16. Jackson AS, Pollock ML (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 40:497-504
17. Takaishi T, Yasuda Y, Takaishi O, Moritani T (1996). Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 28:1492-1497
18. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ (2003). The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak versus maximum issue. *J App Physiol* 95:1901-1907
19. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 2:160-165
20. Neumayr G, Pfister R, Mitterbauer G, Gaenzer H, Sturm W, Eibl G, Hoertnagl H (2002). Exercise intensity of cycle-touring events. *Int J Sports Med* 23:505-509
21. Herd JA (1991). Cardiovascular responses to stress. *Physiol Reviews* 71:305-330
22. Seifert JG, Luetkemeier MJ, Spencer MK, Burke ER (1997). The effect of mountain bike suspension system on energy expenditure, physical exertion, and time trial performance during mountain bike cycling. *Int J Sports Med* 18:197-200
23. Boulay MR, Simoneau JA, Lortie G, Bouchard C (1999). Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med Sci Sports Exerc* 29:125-132
24. Faria IE, Pfeiffer J, Garcia B, Talanian J, Quintana R, Parker DL (2003). Effect of pacing with HR on cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 35:S369
25. Saris WHM, Van Erp-Baart AMJ, Bouns F, Westerterp KR, Ten Hoor F (1989). Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: The Tour de France. *Int J Sports Med* 10:S26-S31

Cita Original

Carpes Felipe P., Carlos B. Mota, Irvin E. Faria. Heart Rate Response during a Mountain-Bike Event: A Case Report. *JEPonline*; 10 (1):12-20, 2007