PubliCE, (PubliCE) 2003

Monograph

Los Tests en Cinta Ergométrica y en Bicicleta Ergométrica son Intercambiables para el Monitoreo del Entrenamiento Anual de los Triatletas

Fabien A Basset y Marcel R Boulay

RESUMEN

El propósito de este estudio fue verificar si la utilización de un único test de ejercicio proporcionaba pautas anuales de entrenamiento aplicables a múltiples modos de entrenamiento. Ocho triatletas (4 mujeres, 4 hombres) fueron evaluados tres veces durante su año de entrenamiento (Fase I, Fase II, Fase III) utilizando una cinta ergométrica y un cicloergómetro. Se calcularon los parámetros cardiorrespiratorios a porcentajes estándar del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx., 50-100%). Las diferencias en el VO_2 máx. alcanzaron el 6% en cada sesión de entrenamiento ($p=0.01$). El VO_2 máx. fue estable para ambos tests durante toda la temporada. El análisis de varianza ANOVA (3 fases x 2 tests x 6 intensidades) mostró que hubo diferencias significativas en la frecuencia cardíaca (HR; $p=0.05$) entre los tests, pero solamente en la Fase I. Sin embargo, los tests estadísticos no paramétricos mostraron que no hubo diferencias significativas en ninguna de las fases. Estos resultados demuestran que los triatletas pueden utilizar los datos de la relación entre la HR y el % de VO_2 máx. recolectados durante tests en cinta ergométrica o en cicloergómetro para obtener frecuencias cardiacas de referencia intercambiables, para el monitoreo de sus sesiones de entrenamiento de carrera y de ciclismo, tanto en las fases de alto volumen como en las fases de alta intensidad a lo largo de su año de entrenamiento.

Palabras Clave: tests de rendimiento, triatletas, VO2 máx., monitoreo del entrenamiento, frecuencia cardiaca

INTRODUCCION

Los ejercicios para el entrenamiento deportivo inducen adaptaciones fisiológicas que mejoran el rendimiento atlético (Mujika y Padilla, 2000a; Mujika y Padilla, 2000b). Para provocar las adaptaciones fisiológicas adecuadas, se deben realizar tareas específicas en condiciones específicas, de manera tal que estas tareas estén caracterizadas como un conjunto de estresores físicos y psicológicos (i.e., el principio de especificidad del entrenamiento) (Viru y Viru, 1993). Los triatletas están en una posición particular cuando se considera la especificidad del entrenamiento, debido a que evidentemente tienen que dedicarle una parte de su entrenamiento a la natación, otra al ciclismo y otra al entrenamiento de la carrera mientras que otros atletas tienen en general un único modo de entrenamiento. Los triatletas enfrentan

dificultades adicionales, debido a que deben obtener adaptaciones fisiológicas específicas, particularmente en lo que se refiere a las adaptaciones periféricas, inducidas por diferentes modos de entrenamiento, lo que a su vez requiere de la utilización de test específicos de ejercicio para el monitoreo de los efectos del entrenamiento. De esta manera, un preciso monitoreo de las adaptaciones al entrenamiento debería involucrar, teóricamente, evaluaciones para los tres modos de entrenamiento. Por otra parte en un estudio previo (Basset y Boulay, 2000) se ha reportado que las diferencias en la frecuencia cardiaca (HR) entre un cicloergometría y un test de carrera en cinta, en triatletas, ciclistas y corredores eran más pequeñas que las variaciones intra individuales observadas mientras se realizan actividades de entrenamiento prolongadas. Estos últimos resultados confirmaron que la HR sufre adaptaciones agudas a diferentes modos de entrenamiento. Pero ¿qué ocurre con las adaptaciones de la HR a largo plazo?.

Los triatletas y sus entrenadores se han interesado en establecer la intensidad óptima de trabajo con indicadores precisos para determinar la densidad global del programa entrenamiento [composición del volumen y la intensidad del entrenamiento (Boulay, 1995)]. Aun cuando el VO_2 máx. se relaciona con el rendimiento de resistencia, las variaciones día a día, hacen que la utilización de este parámetro por si solo tenga algunas restricciones (Arts y Kuipers, 1994). Por lo tanto, para prescribir intensidades de entrenamiento, los entrenadores necesitan de un criterio que refleje las respuestas fisiológicas específicas de sus atletas (Basset y Boulay, 2000).

La frecuencia cardíaca y el VO_2 han mostrado estar linealmente relacionados, tanto en ciclismo como en la carrera (Coast y Welch, 1985; Ricci y Leger, 1983; Swain y Leutholtz, 1997; Swain et al., 1998; Van Handel et al., 1988). De esta manera, la HR ha sido frecuentemente tomada como la variable de elección para monitorear la intensidad de trabajo en atletas que utilizan modos de carrera y/o de ciclismo durante sus entrenamientos (Pichot et al., 2000). Por lo tanto, se ha propuesto que la HR es un parámetro útil para la prescripción de ejercicios en sesiones de entrenamiento de corta duración (15-30 min) (Weltman et al., 1990). Se ha demostrado que la frecuencia cardíaca es un parámetro más estable durante el ejercicio prolongado (90 min) en comparación con otros parámetros fisiológicos, tales como la ventilación pulmonar (V_E), la tasa de trabajo (W), el lactato sanguíneo y el dióxido de carbono espirado (VCO_2), y por lo tanto se ha propuesto con el mismo propósito para actividades de entrenamiento de larga duración (Boulay et al., 1997). De esta manera, el establecimiento de intensidades de entrenamiento a partir de valores de la HR obtenidos durante tests de ejercicio de laboratorio parece una aproximación eficiente para el monitoreo de la intensidad del ejercicio y de la densidad del entrenamiento (Boulay, 1995).

En base a nuestro estudio previo (Basset y Boulay, 2000), en el cual se demostró una fuerte correlación de la HR entre test realizados en cicloergómetro y en cinta ergométrica, nosotros hipotetizamos que este último resultado podría ser observado a lo largo de todo el período anual de entrenamiento de los triatletas (i.e., adaptación a largo plazo). Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue verificar la posibilidad de utilizar un único test de laboratorio para obtener pautas de entrenamiento aplicables a múltiples modos de entrenamiento.

METODOS

Sujetos

Ocho triatletas (4 mujeres y 4 hombres, edad, 22±2 años; masa corporal 60.7±10.0 kg; talla, 1.70±0.80 m), dieron su consentimiento por escrito (en concordancia con las regulaciones del Comité de Ética de la Universidad de Laval) para participar en el estudio. Todos los sujetos eran atletas activos y habían estado compitiendo a nivel provincial y nacional por períodos de entre 2 y 12 (5±4) años. Los tests fueron realizados en tres fases diferentes del entrenamiento. La primera evaluación se realizó durante el período de preparación general (Fase I), la segunda en invierno, durante el período de preparación específica (Fase II) y por último la tercera en el verano, al comienzo de la fase de competiciones (Fase III).

Test de Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 máx.)

Los sujetos realizaron un test continuo progresivo hasta el agotamiento tanto en cicloergómetro como en cinta ergométrica. Los tests fueron terminados cuando los sujetos no pudieron mantener el paso con la cinta o no pudieron mantener una cadencia de pedaleo =60 rpm. Los dos test fueron llevados a cabo en orden aleatorio con un intervalo mínimo de dos días y un intervalo máximo de siete días entre los tests. Los protocolos fueron diseñados para que tuvieran una duración aproximadamente similar. El test de carrera fue llevado a cabo en una cinta ergométrica motorizada (Quinton Instruments, Seattle WA). Luego de una entrada en calor de 5 minutos a una velocidad de 3.5 km/h, esta fue incrementada a 5.5 km/h para el comienzo del test, colocando además una inclinación del 5%, y a partir de aquí la velocidad se incrementó progresivamente cada dos minutos en 1.1 km/h hasta que se alcanzara una velocidad de 13.2 km/h, luego de lo cual se incrementó la inclinación en un 3% cada dos minutos hasta el agotamiento. El test en cicloergómetro fue llevado a cabo en un ergómetro con cupla electromagnética (Warren E. Collins, Braintree, MA). Se les pidió a los sujetos que

seleccionaran una frecuencia de pedaleo que les fuera familiar y confortable y además que fuera mayor a 60 rpm y que mantuvieran esta cadencia durante todo el test. Se debe señalar que el valor medio de la frecuencia de pedaleo fue de aproximadamente 90 rpm para toda la muestra. El test comenzó con una potencia inicial de 100 W y luego de una entrada en calor de 4 minutos para la cual se utilizó esta misma potencia. A partir de aquí la potencia se incrementó en 25W a cada minuto hasta que se alcanzara una potencia de 200 W y a partir de aquí la potencia se incrementó cada dos minutos hasta el agotamiento.

Mediciones Fisiológicas

Durante los tests, se registraron de forma continua los valores del VO_2, la V_E y el índice de intercambio respiratorio (RER) (en intervalos promedio de 30 s) utilizando para esto un sistema de análisis de gases en circuito abierto con analizadores de O2 y CO2 (Model S-3A and Anarad AR-400, Ametek, Pittsburgh, PA) y un espirómetro digital (Model S-430, Vacumetrics/Vacumed Ldt., Ventura, CA) con una cámara de mezclado de 5.3 L. La frecuencia cardíaca fue registrada por medio de un electrocardiógrafo colocado en la posición CM6 (Model M200, Burdick Corp., Milton, WI). El criterio utilizado para establecer que se había alcanzado el VO_2 máx. fue la estabilización del VO_2 máx. con el incremento de la velocidad o de la tasa de trabajo y índice de intercambio respiratorio mayor a 1.1. Todos los sujetos al menos exhibieron uno de los criterios previamente mencionados. La frecuencia cardíaca en el momento del agotamiento fue tomada como la frecuencia cardíaca máxima (HR máx.).

Programa de Entrenamiento

Los sujetos mantuvieron su entrenamiento habitual y su régimen de competencia durante todo el año. Durante la Fase I, correspondiente al período de preparación general (13 semanas), las sesiones de entrenamiento constaron de trabajos aeróbicos de baja intensidad, de natación, carrera y ciclismo, más dos sesiones por semana para el entrenamiento de la fuerza. En la Fase II, correspondiente al período de preparación específica (13 semanas), si bien se mantuvieron las sesiones de entrenamiento de la fuerza, el énfasis estuvo puesto en las sesiones de natación y carrera, mientras que el volumen de ciclismo se incrementó al doble, debido principalmente al campamento de entrenamiento. En la Fase III, correspondiente al período pre-competitivo (14 semanas), el volumen de ciclismo se incrementó nuevamente mientras que se mantuvieron los mismos volúmenes de natación y carrera. Los volúmenes globales medios (km/semana y h/semana) para cada modo de entrenamiento y para cada fase se presentan en la Tabla 1.

	Volumen de Entrenamiento							
	Fase I		Fase II		Fase III		Todo el Año	
	Volumen (km)	Duración (h)	Volumen (km)	Duración (h)	Volumen (km)	Duración (h)	Volumen (km)	Duración (h)
Carrera	42.4 (7.2)	3.31 (0.36)	55.9 (5.6)	4.39 (0.27)	53.9 (6.9)	4.29 (0.34)	50.8 (8.8)	4.13 (0.43)
Ciclismo	107.3 (20.3)	3.34 (0.40)	237.7 (303.8)	7.55 (10.07)	438.5 (132.3)	14.36 (4.24)	265.5 (231.7)	8.51 (7.43)
Natación	16.2 (5.4)	4.37 (1.33)	17.4 (9.2)	4.57 (2.38)	18.6 (4.2)	5.18 (1.13)	17.4 (6.5)	4.58 (1.51)

Tabla 1. *Volumen de entrenamiento por semana para las carreras, el ciclismo y la natación. Los datos son presentados como medias±(DE).*

Análisis Estadístico

En primer lugar, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos vías (3 fases vs 32 tests) para determinar los efectos de la fase de entrenamiento y del modo de evaluación sobre la duración de los tests, la HR máx., la ventilación pulmonar máxima (V_E máx.) y sobre el VO_2 máx. relativo a la masa corporal. En segundo lugar, se interpolaron las variables fisiológicas medidas durante los tests progresivos, utilizando la función de remuestreo (MatLab 6.1 Software, MatWorks, Boston, MA) para seis intensidades relativas (desde el 50% al 100% del VO_2 máx.) para compensar las diferencias en los valores absolutos entre los individuos y entre los tests. Los datos cardiorrespiratorias fueron analizados utilizando el análisis de varianza ANOVA de tres vías (3 fases x 2 tests x 6 intensidades) para medidas repetidas sobre tres factores. En base a los resultados de nuestro estudio previo con triatletas (Basset y Boulay, 2000), se diseñaron pruebas de contraste a priori para evaluar: (a) los efectos de las fases de entrenamiento y (b) los efectos del modo de evaluación. Además, para valorar las diferencias intra individuales en la HR entre los tests se llevaron a cabo pruebas estadísticas no paramétricas Sing. Estas pruebas no paramétricas fueron utilizadas debido a que las diferencias fueron tratadas como una única muestra, y a que la

asignación aleatoria de los tratamientos a unidades dentro de cada para justifica la presunción de una muestra aleatoria de observaciones. Los índices F significativos fueron comparados mediante comparaciones post hoc utilizando el test de Tukey HSD. Para todos los tests estadísticos, un valor de p=0.05 fue considerado significativo. Todos los valores están expresados como medias ± (DE).

RESULTADOS

La Tabla 2 presenta las respuestas fisiológicas máximas a los tests en cicloergómetro y en cinta ergométrica llevados a cabo durante el año de entrenamiento. Los valores de la HRmáx fueron significativamente mayores durante los tests en cinta ergométrica que durante los tests en cicloergómetro (p=0.01) en cada sesión de evaluación. Las diferencias en la HR entre los tests variaron desde 3 latidos/min en la Fase I a 4 latidos/min en la Fase III. Las duraciones de los tests no fueron significativamente diferentes entre las fases pero tendieron a ser mayores en la Fase III.

Los sujetos mostraron un VO_2 máx. relativo significativamente mayor durante las evaluaciones en cinta ergométrica (~ 6%) que durante las evaluaciones en cicloergómetro (p=0.01) en cada sesión de evaluación.

La Figura 1 muestra los valores medios de HR graficados vs porcentajes fijos de VO_2 máx. (50-100%). Se hallaron diferencias significativas (p=0.05) en los valores medios de la HR submáxima entre los tests. Los análisis de contraste a priori indicaron que las diferencias estuvieron restringidas a los valores de HR observados a partir del 70% del VO_2 máx pero solo en la Fase I. No se hallaron diferencias entre las fases para cada modo de evaluación.

Los tests no paramétricos llevados a cabo sobre la HR no mostraron diferencias significativas entre los tests en cicloergómetro y en cinta ergométrica en ninguno de los porcentajes del VO_2 máx. a lo largo de la temporada.

	Cicloergómetro				Cinta Ergométrica			
Periodo	**Duración (min)**	**HR máx.**	**V_E máx.**	**VO_2 máx.**	**Duración (min)**	**HR máx.**	**V_E máx.**	**VO_2 máx.**
Fase I	15.0 (5.2)	193 (8)*	140.5 (34.0)	60.9 (6.7)*	17.8 (2.1)	196 (7.3)	136.6 (24.7)	64.8 (5.8)
Fase II	15.7 (5.6)	192 (8)*	144.2 (36.6)	61.9 (6.4)*	18.6 (1.9)	195 (8.1)	136.5 (25.4)	66.1 (6.9)
Fase III	16.0 (5.7)	191 (8)*	146.9 (25.8)	62.8 (7.2)*	19.0 (1.8)	195 (8.4)	143.2 (25.4)	67.1 (5.9)

Tabla 2. *Respuestas fisiológicas máximas a los tests en cicloergómetro y en cinta ergométrica durante la temporada de entrenamiento para el triatlón. Abreviaturas: HR máx.=frecuencia cardiaca máxima (latidos/min), V_E máx. =Ventilación pulmonar máxima (L/min), VO_2 máx.= Consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min). Los datos son medias ± (DE). * Efecto del modo de evaluación (p=0.05).*

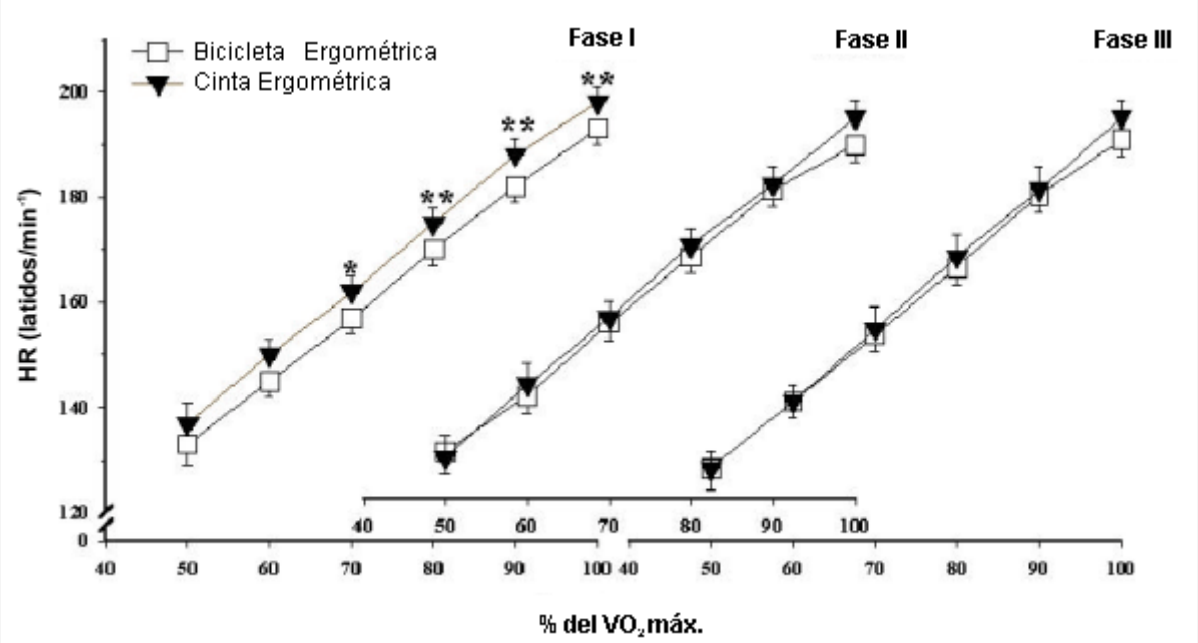


Figura 1. *Frecuencia cardiaca media graficada en función de porcentajes fijos del VO_2 máx. para los tests en bicicleta ergométrica () y en cinta ergométrica (▼) llevados a cabo en la Fase I (izquierda), Fase II (medio) y Fase III (derecha). *p=0.05, **p=0.01.*

DISCUSION

El propósito de este estudio fue en primer lugar, observar las adaptaciones de la HR a largo plazo en triatletas, valoradas con tests en cicloergómetro y en cinta ergométrica; y en segundo lugar, verificar la posibilidad de utilizar un único tests de ejercicio para obtener pautas anuales de entrenamiento aplicables a múltiples modos de entrenamiento en triatletas. El principal hallazgo de este estudio demuestra que la HR a diferentes intensidades relativas no muestra mayores diferencias entre los tests llevados a cabo en cicloergómetro y en cinta ergométrica durante la mayor parte del año. Nuestra investigación propone nueva información con respecto al monitoreo de múltiples modos de ejercicio en el triatlón. Por lo tanto, los resultados indican que los triatletas podrían utilizar un único modo de evaluación para obtener su HR para el entrenamiento de la carrera y el ciclismo a lo largo de todo el año.

Con una tasa máxima de trabajo, se observaron diferencias significativas en la HR máx. entre los tests, siendo mayores los valores obtenidos con la ergometría en cinta. Estos resultados concuerdan con algunos reportes previos (Basset y Boulay, 2000; Martinez et al., 1993; McArdle y Magel, 1970; Medelli et al., 1993; Schneider y Pollack, 1991; Zhou et al., 1997), pero difieren de otros reportes en los cuales no se observaron diferencias significativas (Hermansen y Saltin, 1969; Moreira-Da-Costa et al., 1989; Schneider et al., 1990). Fernhall y Kohrt (1990) mostraron que las respuestas musculares locales producían un efecto sobre la circulación central, debido a la menor masa muscular involucrada y al menor flujo sanguíneo en las piernas durante la cicloergometría y en comparación con la ergometría en cinta. Asimismo, Verstappen et al. (1982) postularon que un estimulo submáximo de origen neurogénico, debido a la menor masa muscular utilizada durante la cicloergometría, producía menores valores de HR máx. La máxima diferencia de la HR entre los test alcanzó aproximadamente 4 latidos/min y estuvo en el rango de variación habitualmente observado durante sesiones de entrenamiento.

A lo largo del año de entrenamiento, los valores del VO_2 máx. de carrera de los sujetos fueron significativamente mayores que los observados para el ciclismo. El VO_2 máx. de carrera y de ciclismo se incrementó significativamente en un 3% aproximadamente, durante la temporada de entrenamiento. La media del VO_2 máx. para el ciclismo representó aproximadamente el 94% del VO_2 máx. de carrera para cada sesión de evaluación. Estas proporciones son similares a las observadas en corredores o en sujetos desentrenados (~ 90%), pero mayores a las observadas en ciclistas altamente entrenados (~ 100%) (McArdle y Magel, 1970; Pechar et al., 1974). Las diferencias individuales entre los tests variaron entre el 0% y el 17%. Kohrt et al. (1989) hallaron un patrón similar en un estudio longitudinal llevado a cabo con triatletas y sugirieron que las diferencias entre la carrera y el ciclismo en triatletas bien entrenados surgen de las adaptaciones de la

masa muscular de los extensores de las piernas. Por lo tanto, los triatletas deben hallar la mejor combinación de estos dos modos casi opuestos de entrenamiento para optimizar el rendimiento en ambos eventos. Es interesante observar que los valores del VO_2 máx. de carrera y ciclismo no cambian a lo largo de la temporada, debido a los insuficientes incrementos en el volumen y/o intensidad del entrenamiento como para inducir adaptaciones cardiorrespiratorias o debido a que los sujetos han alcanzado su potencial en este componente. Resultados similares a lo largo de fases anuales de entrenamiento han sido reportados por otros investigadores (Barbeau et al., 1993; Bunc y Heller, 1989; Perez, 1981). Se ha sugerido que el programa de mantenimiento realizado por los atletas durante la fase de transición es suficiente para mantener el VO_2 máx. a pesar de la reducción del volumen de entrenamiento (Barbeau et al., 1993). Esta tendencia indica que, en sujetos bien entrenados, la entrenabilidad máxima parece mantenerse con un volumen de entrenamiento relativamente pequeño siempre que la intensidad sea la adecuada (Hickson et al., 1985; Koutedakis, 1995).

Debido al restringido número de sujetos, el análisis fue llevado a cabo bloqueando el factor sexual. Sin embargo, las estadísticas descriptivas mostraron que los hombres exhibieron mayores valores de VO_2 máx. que las mujeres en ambos tests y durante toda la temporada. Los valores para los hombres estuvieron en el rango de 68.5±1.4 a 71.6±2.1 ml/kg/min y entre 65.7±1.9 a 68.3±2.1 ml/kg/min, mientras que los valores para las mujeres estuvieron en el rango de 61.2±2.9 a 62.7±1.6 ml/kg/min y desde 56.1±2.7 a 57.3±2.5 ml/kg/min, para la ergometría en cinta y la cicloergometría, respectivamente. Aun cuando los sujetos exhibieron algunas diferencias fisiológicas relativas al efecto del sexo, estos representaron una buena muestra de atletas competitivos.

Los análisis de comparación a priori revelaron que cuando los valores de la HR se contrastaron con los porcentajes de VO_2 máx., durante la Fase I fueron significativamente diferentes entre los tests a partir del 70% del VO_2 máx. y hasta el 100% del VO_2 máx. , mientras que no se observaron diferencias en las Fases II y III. Estos resultados confirman que el período de entrenamiento desempeña un papel principal en el desarrollo de la aptitud cardiorrespiratoria. Por ello, cuando los atletas fueron evaluados en la fase competitiva no se observaron diferencias en los valores de la HR entre los tests en cicloergómetro y en cinta ergométrica, cuando las intensidades fueron expresadas en porcentajes del VO_2 máx. (Martinez et al., 1993; McArdle y Magel, 1970). Por otra parte, Hermansen y Saltin (1969) reportaron un patrón diferente, ya que sus sujetos alcanzaron mayores valores de HR durante las cicloergometrías que durante las ergometrías en cinta a la misma tasa metabólica expresada como % de la potencia máxima. Estos investigadores asumieron que hubo un efecto de la posición corporal, lo que redujo el retorno venoso y disminuyó el volumen latido con la posición de sentado durante la cicloergometría. Sin embargo, la tendencia de mayores HR durante las cicloergometrías se reduce con el entrenamiento, ya que los sujetos entrenados mostraron menores diferencias (4 latidos/min) que los sujetos desentrenados (11 latidos/min). En el presente estudio, la reducción en la HR con una carga submáxima de trabajo solo se observó en el test de carrera. Esto probablemente reflejó el hecho de que el programa de entrenamiento hacía un mayor énfasis en la carrera que en el ciclismo en las dos primeras fases del año y por lo tanto el volumen de ciclismo no era el óptimo. En muchos estudios experimentales, particularmente en las ciencias del ejercicio, es casi imposible obtener una muestra aleatoria en el verdadero sentido de la definición. La mayoría de los estudios tratan con una muestra sistemática y no con una muestra probabilistica. Asimismo, con frecuencia se introducen factores aleatorios en los experimentos que justifican las inferencias a partir de análisis estadísticos paramétricos. De hecho, estos procedimientos estadísticos son demasiado sensibles ante las variaciones biológicas y producen diferencias estadísticamente significativas, las cuales en la práctica son de poca importancia. Para eliminar la probabilidad de un error de tipo II, el procedimiento estadístico apropiado es la prueba Sign. Con esta prueba, no se observaron diferencias estadísticas en las comparaciones apareadas entre el test en cicloergómetro y el test en cinta ergométrica, a través de toda la temporada. Esto significa que la adaptación de la HR durante el año de entrenamiento siguió un patrón similar cuando fue valorada por ambos modos de evaluación. Esta conclusión asegura a los atletas y entrenadores que la utilización de la HR relativa a los porcentajes del VO_2 máx. para monitorear las sesiones de entrenamiento es válida. Esto confirmó los resultados de un estudio previo (Basset y Boulay, 2000) que demostró que la HR generada durante una cicloergometría o durante un ergometría en cinta puede intercambiarse para monitorear intensidades de entrenamiento con cualquiera de los modos de ejercicio en muestras de corredores, ciclistas y triatletas.

El volumen medio de entrenamiento (Tabla 2) para los ejercicios de ciclismo y de carrera fue similar al reportado en estudios previos (Hickson et al., 1985; Kohrt et al., 1989; Schneider et al., 1990). El volumen medio semanal del entrenamiento de ciclismo fue el que más se incrementó durante el año de entrenamiento (+ 76% desde la Fase I a la Fase III), mientras que el volumen medio semanal de entrenamiento de la carrera fue el que menos se incrementó a lo largo del año (+ 24%). El volumen medio de natación fue ligeramente mayor en este estudio que el reportado en otros estudios (Kohrt et al., 1987; Kohrt et al., 1989; Schneider et al., 1990) alcanzando 18.6 km/semana durante la Fase III y fue la variable más estable del entrenamiento a lo largo de la sesión con un pequeño incremento del 13% desde la Fase I a la Fase III. Cuando estos volúmenes se expresaron como duración, la diferencia entre los modos de entrenamiento fue menor durante la Fase I. La duración media semanal del entrenamiento entre el ciclismo y la carrera fue casi la misma. Si bien, el volumen semanal de entrenamiento de la carrera progresó suavemente a lo largo de la temporada hasta alcanzar el máximo durante la Fase II, los volúmenes de entrenamiento de la natación y el ciclismo mostraron grandes variaciones debido a los campamentos de entrenamiento que se llevaron a cabo durante la Fase II.

Los tests utilizados en el presente estudio fueron diseñados para generar valores comparables de VO_2 en cada etapa y provocar incrementos comparables en el VO_2 entre las etapas, tal como se reportara en el estudio previo llevado a cabo en nuestro laboratorio (Basset y Boulay, 2000). Además, para asegurar que los resultados de los tests fueran comparables, los resultados fueron reportados como porcentajes fijos del VO_2 máx. La expresión de la intensidad de trabajo en forma relativa (% del VO_2 máx) tiene méritos definitivos, debido a que permite la comparación directa de grupos con características muy diferentes. Este procedimiento aseguró que los resultados, tanto del ciclismo como de la carrera no solo fueran comparables sino aplicables a las situaciones de campo ya que reproducen lo que los atletas realizan en el campo; debido a que estos habitualmente no se adhieren al mismo protocolo estandarizado de trabajo en diferentes modos de ejercicio (Basset y Boulay, 2000)

Conclusión

En conclusión, los resultados del presente estudio indicaron que los atletas y entrenadores pueden utilizar un único modo de evaluación para obtener pautas de entrenamiento, tanto para el ciclismo como para la carrera. La relación entre la HR y el consumo de oxígeno, expresada como porcentaje del VO_2 máx., reunida a lo largo de toda la temporada con tests llevados a cabo en cicloergómetro y en cinta ergométrica, podrían utilizarse indistintamente, en estos atletas, para monitorear la intensidad de las sesiones de entrenamiento para las actividades de carrera y ciclismo. Sin embargo, todavía habría que determinar si puede llegarse a la misma conclusión con el entrenamiento de la natación.

REFERENCIAS

1. Arts, F. J. P. and Kuipers, H (1994). The relation between power output, oxygen uptake and heart rate in male athletes. *International Journal of Sports Medicine 15: 228-231*
2. Barbeau, P., Serresse, O. and Boulay, M. R (1993). Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. *Medicine and Science in Sports and Exercise 25: 1062-1069*
3. Basset, F. A. and Boulay, M. R (2000). Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 81: 214-221*
4. Boulay, M. R (1995). Physiological monitoring of elite cyclists. *Sports Medicine 20: 1-11*
5. Boulay, M. R., Simoneau, J. A., Lortie, G. and Bouchard, C (1997). Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Medicine and Science in Sports and Exercise 29: 125-132*
6. Bunc, V. and Heller, J (1989). Energy cost of running in similarly trained men and women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 59: 178-183*
7. Coast, J. R. and Welch, H. G (1985). Linear increase in optimal pedal rate increased power output in cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 53: 339- 342*
8. Fernhall, B. and Kohrt, W (1990). The effect of training specificity on maximal and submaximal physiological responses to treadmill and cycle ergometry. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 30: 268-275*
9. Hermansen, L. and Saltin, B (1969). Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology 26: 31-37*
10. Hickson, R. C., Foster, C., Pollock, M. L., Galassi, T. M. and Rich, S (1985). Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of Applied Physiology 58: 492- 499*
11. Kohrt, W. M., Morgan, D. W., Bates, B. and Skinner, J (1987). Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise 19: 51-55*
12. Kohrt, W. M., O'Connor, J. S. and Skinner, J. S (1989). Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise 21: 569-575*
13. Koutedakis, Y (1995). Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Medicine 19: 373 392*
14. Martinez, M. L., Modrego, A., Ibanez Santos, J., Grijalba, A., Santesteban, M. D. and Gorostiaga, E. M (1993). Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling. *International Journal of Sports Medicine 14: 72-77*
15. McArdle, W. D. and Magel, J. R (1970). Physical work capacity and maximum oxygen uptake in treadmill and bicycle exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise 2: 118-123*
16. Medelli, J., Maingourd, Y., Bouferrache, B., Bach, V., Freville, M. and Libert, J. P (1993). Maximal oxygen uptake and aerobic-anaerobic transition on treadmill and bicycle in triathletes. *Japanese Journal of Physiology 43: 347-360*
17. Moreira-Da- Costa, M., Russo, A. K., Picarro, I. C., Barros Neto, T. L., Silva, A. C. and Tarasantchi, J (1989). Oxygen consumption and ventilation during constant-load exercise in runners and cyclists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 29: 36-44*
18. Mujika, I. and Padilla, S (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Medicine 30: 79-87*
19. Mujika, I. and Padilla, S (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports Medicine 30: 145-154*
20. Pechar, G. S., McArdle, W. D., Katch, F. I., Magel, J. R. and De Luca, J (1974). Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training run. *Journal of Applied Physiology 36: 753-756*

21. Perez, H. R (1981). The effects of competitive roadracing on the body composition, pulmonary function, and cardiovascular system of sport cyclists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 21: 165-172*
22. Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J. R. and Barthelemy, J. C (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise 32:1729-1736*
23. Ricci, J. and Leger, L. A (1983). VO2 max of cyclists from treadmill, bicycle ergometer and velodrome tests. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 50: 283-289*
24. Schneider, D. A., Lacroix, K. A., Atkinson, G. R., Troped, P. J. and Pollack, J (1990). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise 22: 257-264*
25. Schneider, D. A. and Pollack, P (1991). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in female triathletes. *International Journal of Sports Medicine 12: 379-383*
26. Swain, D. P. and Leutholtz, B. C (1997). Heart rate reserve is equivalent to %VO2 reserve, not to %VO2. *Medicine and Science in Sports and Exercise 29: 410-414*
27. Swain, D. P., Leutholtz, B. C., King, M. E., Haas, L. A. and Branch, J. D (1998). Relationship between % heart rate reserve and %VO2 reserve in treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise 30: 318-321*
28. Van Handel, P. J., Baldwin, C., Puhl, J., Katz, A., Dantine, S. and Bradley, P. W (1988). Measurement and interpretation of physiological parameters associated with cycling performance. *In: Medical and scientific aspects of cycling. Ed: Burke E. R. and Newsom M. Human Kinetics Books, Champaign, IL, 47-72*
29. Verstappen, F. T., Huppertz, R. M. and Snoeckx, L. H (1982). Effect of training specificity on maximal treadmill and bicycle ergometer exercise. *International Journal of Sports Medicine 3: 43-46*
30. Viru, A. and Viru, M (1993). The specific nature of training on muscle: a review. *Sports Medicine Training and Rehabilitation 4: 79-98*
31. Weltman, A., Snead, D., Seip, R., Schurrer, R., Weltman, J., Ruttand, R. and Rogol, A (1990). Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and VO2max for determining endurance training intensity in male runners. *International Journal of Sports Medicine 11: 218-222*
32. Zhou, S., Robson, S. J. and Davie, A. J (1997). Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined in laboratory cycle and treadmill tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 37: 122-130*

Cita Original

Fabien A. Basset y Marcel R. Boulay. Los Tests en Cinta Ergométrica y en Bicicleta Ergométrica son Intercambiables para el Monitoreo del Entrenamiento Anual de los Triatletas. Journal of Sports Science and Medicine; 2, 110-116, 2003.