PubliCE, (PubliCE) 2004

Research

Determinación de la Deuda de Oxígeno Acumulada durante una Carrera de 400m

Victor Machado Reis[1], J. A Duarte[2], J. Espírito-Santo[3] y A.. P Russell[4]

[1]*Sports Department, University of Trás-os-Montes and Alto Douro (UTAD), Portugal.*
[2]*Faculty of Sport Sciences and Physical Education (FCDEF), Oporto University, Portugal.*
[3]*Faculty of Medicine, Lisbon University, Portugal.*
[4]*Clinique Romande de Réadaptation, Sion, Suiza.*

RESUMEN

Hemos estudiado a diez atletas varones durante la realización de una carrera máxima de 400 m en pista con el propósito de medir la deuda de O_2 acumulada (AOD), el costo energético de la carrera (C_R) y el porcentaje de contribución anaeróbica al total de energía liberada (E_{AN}). Antes de la carrera de 400 m, los sujetos realizaron varias series de carreras de cinco minutos a una intensidad constante entre el 50% y el 100% del VO_2 máx. para establecer la relación individual VO_2-velocidad. El consumo de oxígeno se midió con un analizador telemétrico (Cortex Metamax I). Durante la carrera máxima de 400 m en pista la AOD, C_R y de la E_{AN} estimadas fueron 60.75±6.25 mL O_2 Eq/kg, 0.200±0.014 mL O_2 Eq/kg/m and 75.9±5.5%. La velocidad media fue de 7.43 ± 0.32 m/seg. El consumo de oxígeno durante la carrera de 400 m alcanzó ~52% del VO_2 pico de los sujetos. A diferencia de las mediciones de la AOD realizadas por otros laboratorios, la estimación de la AOD en base a la prueba de campo realizada en este estudio no correlacionó con la velocidad en los 400 m. Los principales hallazgos de este estudio fueron que durante una carrera de alta intensidad en pista de menos de 1 minuto, la AOD y la E_{AN} fueron relativamente altas, mientras que el VO_2 fue bajo. Estos resultados remarcan la necesidad de evaluar la respuesta respiratoria durante una carrera de alta intensidad en pista, más que bajo condiciones de laboratorio, particularmente cuando se evalúa a corredores de velocidad.

Palabras Clave: capacidad anaeróbica, atletismo, esprintar

INTRODUCCION

Desde finales de 1980 se ha incrementado el interés en el concepto y la metodología de la deuda acumulada de O_2 (AOD) como un indicador de la capacidad anaeróbica. En una serie de investigaciones de laboratorio, Medbo y cols. (13) reexaminaron la AOD y sugirieron que la misma constituía un método válido para cuantificar la liberación de energía anaeróbica. A pesar de las críticas que se le han dirigido al método (1), varios investigadores han utilizado la AOD para estudiar las respuestas respiratorias de los corredores de 400 m durante carreras de alta intensidad en cinta (5, 6, 22).

Debido a que la AOD es considerada como una medición, no invasiva, y aceptable de la capacidad anaeróbica (13), numerosos investigadores han intentado relacionar este parámetro con el rendimiento en los 400 m y han observado coeficientes de correlación que oscilan entre 0.44 y 0.82 (5, 18, 24). Estas discrepancias entre los resultados pueden

reflejar limitaciones en el método cuando se comparan condiciones de laboratorio y de campo. En efecto, la mayoría de los estudios de laboratorio fueron realizados utilizando pruebas con un gradiente empinado de la cinta ergométrica (13, 16). Se ha demostrado que la inclinación de la cinta produce un mayor costo energético y alteraciones considerables en la estimación de la AOD (16, 21). De esta manera, no se sabe si la cinética de la AOD en una carrera supra máxima en pista es similar a la cinética de la AOD observada durante la carrera en cinta ergométrica. Mientras que existen algunos reportes de estimaciones de la AOD en base a los metabolitos producidos durante la carrera de alta intensidad en pista (11), no hemos hallado ninguna referencia publicada acerca de estimaciones de la AOD en base a datos respiratorios. Esta falta de datos parece injustificada dado que, con la validación de los analizadores de gases telemétricos, ahora es posible valorar con precisión las respuestas respiratorias y los requerimientos metabólicos bajo condiciones de campo. De esta manera, el propósito principal de este estudio fue estimar la AOD durante una carrera de 400 m, así como también investigar la relación entre la AOD y el rendimiento, en corredores de 400 m bien entrenados. Además, el presente trabajo intenta estimar el costo energético de la carrera (C_R) y el porcentaje de contribución anaeróbica a la energía total liberada (E_{AN}) durante una carrera máxima de 400 m en pista.

METODOS

Sujetos

Diez corredores de 400 m dieron su consentimiento para participar en este estudio. Todos los sujetos realizaron un examen médico completo antes de los experimentos. Los valores medios (±desviaciones estándar) para la edad, talla, masa corporal, pico de consumo de oxígeno y mejor marca en los 400 m, fueron 21.1±4.0 años, 1.80±0.07 m, 69.10±5.48 kg, 62.9±4.4 ml/kg/min y 49.58±3.48 s, respectivamente. Los procedimientos estuvieron en concordancia con la declaración de Helsinki de 1975. Los sujetos realizaron un test de carrera submáxima en pista, seguido de un test supra máximo (400 m de carrera en pista con el máximo esfuerzo) realizado a las 48 horas. Como el estudio fue realizado fuera de la temporada, en la semana final, los sujetos no realizaron ningún tipo de entrenamiento durante el período de evaluaciones.

Procedimientos

Test Submáximo

Los sujetos realizaron incrementos de 1m/s con un incremento posterior de 0.56 m/s en cada paso subsiguiente. El consumo de oxigeno (VO_2) fue medido respiración por respiración y promediado a cada intervalo de 10 segundos, utilizando un analizador Cortex Metamax I (Cortex Biophysik, Leipzig, Alemania); un dispositivo telemétrico validado con la técnica de Bolsa de Douglas (12). Antes de cada evaluación, se realizó la calibración del dispositivo con aire de referencia utilizando una muestra de gases con una concentración de O_2 del 16% y una concentración de CO_2 del 5%. El VO_2 en estado estable para cada período de ejercicio se calculó promediando el consumo de O_2 del último minuto de cada período. Para mantener la velocidad de carrera constante durante la evaluación, los sujetos fueron instruidos para que siguieran, a una distancia segura de entre 1 y 1.5 m, a un ciclista que marcaba la velocidad utilizando una bicicleta con un velocímetro electromagnético. Antes del test no se realizó entrada en calor y la pausa de recuperación entre los sucesivos períodos fue individualizada. Los sujetos comenzaban cada serie cuando el valor de su consumo de oxígeno caía a un valor dentro de los 3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ del valor registrado antes del comienzo de la serie precedente. El test se realizó hasta el agotamiento. El registro más alto de VO_2 fue tomado como el pico de VO_2 del sujeto.

Test Supramáximo

El test supramáximo consistió de una carrera máxima de 400 m en pista. Se les permitió a los sujetos que realizaran sus procedimientos habituales para la entrada en calor y se les pidió que corrieran como si estuvieran en una competencia. Sin embargo, los test no comenzaban hasta que el VO_2 de los sujetos retornara hasta el valor de reposo (el mismo valor individual registrado para cada sujeto antes del comienzo del test submáximo). Cada corredor realizó la evaluación individualmente. Aunque la velocidad de carrera varió a través de los 400 m, la velocidad de carrera media medida durante la evaluación fue utilizada para todos los cálculos. Se recolectaron muestras de sangre del lóbulo de la oreja a los 3 minutos post carrera y cada 2 minutos hasta que la concentración de lactato sanguíneo ([La]) se estabilizara. La concentración de lactato en sangre total se midió utilizando un analizador de lactato Accusport (Boehringer, Mannheim, Alemania). Antes de cada evaluación, se realizó la calibración del dispositivo, utilizando una Solución Estándar de Lactato YSI 1530 (2.5, 5, 10 y 15 mmol/L). El consumo de oxígeno también fue medido, respiración a respiración, con el analizador Cortex Metamax I y promediado a intervalos de 10 segundos. Antes de cada evaluación también se realizó el procedimiento mencionado previamente para la calibración.

Cálculos del Costo Energético de la Carrera, de la Deuda de Oxigeno Acumulada y de la Fracción Anaeróbica de la Energía Liberada

El costo energético de la carrera (C_R) en la evaluación submáxima se determino a partir de la pendiente de la recta de regresión VO_2-velocidad. Debido a que los sujetos realizaron la evaluación con un analizador de oxígeno portátil que pesaba 2.3 kg, el C_R fue corregido para la carga total (masa corporal más 2.3 kg). Por consiguiente, todas las estimaciones dependientes de esta regresión fueron también incluidas en esta corrección. Las regresiones VO_2-velocidad fueron desarrolladas utilizando los valores de VO_2 en estado estable y las correspondientes velocidades, así como también una medición individual del VO_2 en reposo (VO_2 a velocidad 0). Cuando el último período de la evaluación submáxima duró menos de 5 minutos, el valor del VO_2 no fue incluido en la ecuación de regresión. La ecuación de regresión lineal calculada para cada sujeto fue utilizada para extrapolar la demanda de O_2 acumulada ($AO^{Demanda}$) estimada. Como el consumo de O_2 acumulado ($AO^{Consumo}$) fue medido durante la carrera de 400 m, la AOD se calculó como la diferencia entre la $AO^{Demanda}$ y el $AO^{Consumo}$. La ecuación no fue corregida para las reservas corporales de oxígeno. El costo energético de la evaluación supramáxima se calculó dividiendo la $AO^{Demanda}$ por la distancia cubierta. El error de la estimación de la AOD fue determinado por medio de la siguiente formula:

$$\text{Error de la AOD} = (\text{error de } AO^{Demanda}\ 2 + \text{error de } AO^{Consumo}\ 2)0.5 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

$$\text{Error de la } AO^{Demanda} = \text{error de la demanda de } O_2 \text{ x duración del test} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

y,

$$\text{Error del } AO^{Consumo} \text{ error} = \text{error del consumo de } O_2 \text{ x duración del test} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

El error de la demanda de O_2 fue tomado como el error estándar de la demanda de O_2 predicha y el error de la medición del consumo de O_2 fue tomado como 3%, como fue sugerido por Robgers y Burnett (19).

Análisis Estadísticos

El análisis y la graficación de los datos respectivamente, fueron realizados utilizando los programas SPSS 11.0 y SigmaPlot 8.0 (SPSS Science, Chicago, USA). El análisis de regresión simple fue utilizado en todos los datos y las correlaciones fueron determinadas por medio del Coeficiente de Correlación Producto Momento de Pearson. El coeficiente de correlación y el error estándar de la regresión fueron utilizados como indicadores de cuan apropiadas eran las rectas de regresión. El error estándar del valor estimado fue utilizado como un indicador de la validez de la extrapolación lineal del costo energético de la carrera. En todos los análisis estadísticos el nivel de significación fue establecido como $p \leq 0.05$. Los datos son presentados como valores individuales o como medias±desvíos estándar.

RESULTADOS

Las regresiones de VO_2-velocidad fueron apropiadas, dado que los valores R medios fueron 0.998±0.002 con una media para el error estándar de la regresión de 1.61±0.60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Todos los sujetos alcanzaron el estado estable en el VO_2 en menos de 5 minutos durante el ejercicio con intensidades por debajo al 90% del pico de VO_2. Durante el ejercicio con mayores intensidades en algunos de los sujetos no se observo el estado estable. La Figura 1 representa la recta de regresión obtenida a partir de los valores medios del VO_2 de la muestra. Luego de la corrección por el peso cargado en la espalda, el costo de carrera submáximo fue en promedio de 0.190±0.014 ml de O_2 $Eq.kg^{-1}.m^{-1}$.

El costo energético de carrera (C_R) medio durante la carrera de 400 m fue de 0.200±0.014 ml de O_2 $Eq.kg^{-1}.m^{-1}$, la deuda de O_2 acumulada (AOD) fue de 60.75±6.25 ml de O_2 $Eq.kg^{-1}.m^{-1}$, y la fracción de energía anaeróbica (E_{AN}) fue de 75.9±5.5%. La Tabla 1 presenta los valores obtenidos por los sujetos en estas variables, así como también el tiempo de carrera (T_{400}), la velocidad media (V_{400}) y el pico de concentración de lactato sanguíneo ([La]).

Sujeto	AOD (ml de O_2 Eq/kg)	C_r (ml de O_2 Eq/kg/m)	E_{AN} (%)	T_{400} (s)	V_{400} (M/s)	[La] (mmol/L)
PR	57.76	0.179	80.7	53.5	7.48	13.6
CS	71.20	0.222	80.2	54.1	7.34	13.3
DP	61.37	0.201	76.3	50.8	7.89	16.3
EM	54.24	0.182	74.5	52.0	7.69	13.5
LC	70.27	0.212	82.9	53.6	7.46	13.7
WO	55.93	0.208	67.2	52.5	7.62	13.1
S0	57.37	0.188	76.3	52.1	7.68	15.0
MG	62.79	0.197	79.7	56.4	7.09	12.5
GR	53.34	0.200	66.7	58.5	6.84	12.4
AL	63.26	0.213	74.3	55.6	7.19	11.2
Media±DE	60.75±6.25	0.200±0.014	75.9±5.5	53.91±2.33	7.43±0.32	13.46±1.41

Tabla 1. *Datos individuales y medios de las mediciones y estimaciones de las variables durante el test supramáximo.*

	AOD	C_R	E_{AN}	[La]
V_{400}	-0.05	-0.26	0.19	0.78 **
[La]	-0.02	-0.28	0.24	
E_{AN}	0.71 *	0.01		
C_R	0.70 *			

Tabla 2. *Coeficiente de correlación producto momento entre las variables. Abreviaturas; AOD=deuda de O_2 acumulada, C_R=costo energético de la carrera, E_{AN}= fracción de energía anaeróbica, [La]=concentración de lactato en sangre, V_{400}=velocidad media, * p≤0.05, ** p≤0.01.*

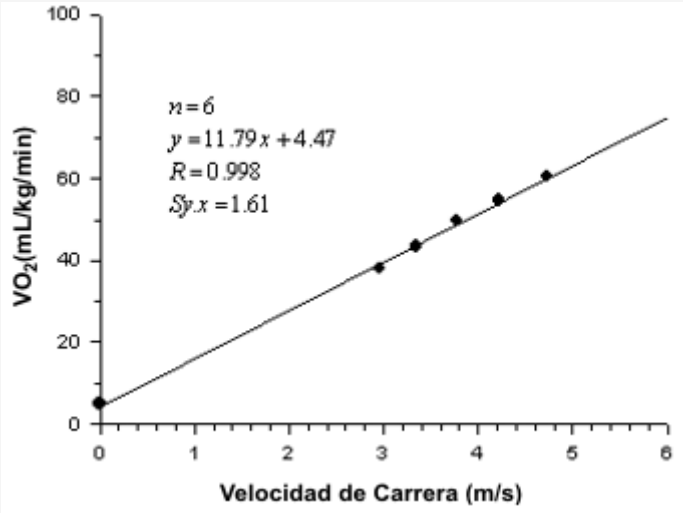


Figura 1. *Recta de regresión obtenida a partir de los valores medios de VO_2–velocidad de los sujetos. Abreviaturas: n=número de puntos en la regresión, R=coeficiente de correlación, Syx=error estándar de la regresión. También se indica la ecuación de regresión.*

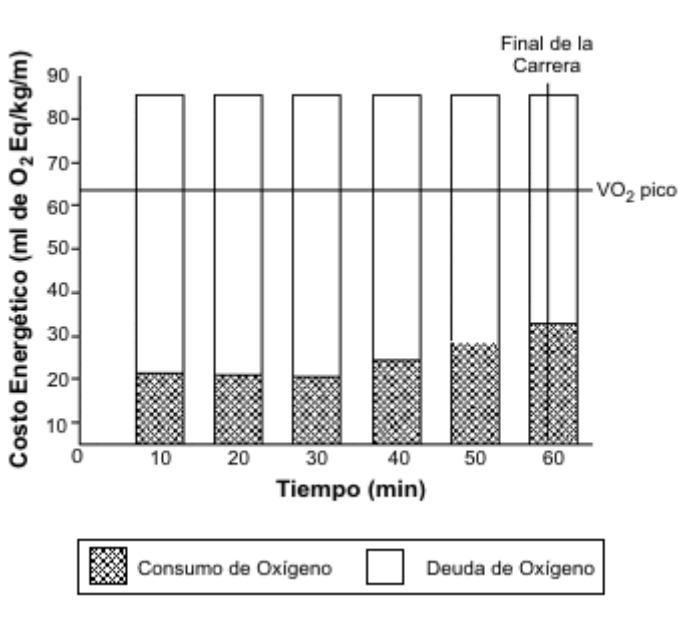


Figura 2. *Consumo de oxigeno medio y deuda de oxígeno media durante la carrera de 400 m.*

Se hallaron correlaciones significativas entre la V_{400} y la [La], entre la AOD y la C_R, y entre la AOD y la E_{AN}. Las correlaciones entre las variables son presentadas en la Tabla 2. Las correlaciones que incluyeron al T_{400} no se presentaron, ya que implicaron correlaciones con la V_{400}. La Figura 2 ilustra la cinética del consumo de oxígeno y de la deuda de oxígeno durante la carrera de 400 m.

DISCUSION

En el presente estudio la AOD estimada durante la realización de una carrera máxima de 400 metros en pista fue de 60.75±6.25 ml de O_2 Eq/kg. Este valor es más del 10% mayor que los valores medios observados para velocistas y corredores de medio fondo que realizaron carreras en cinta horizontal con intensidad constante (17, 22, 24). El nivel de rendimiento de los sujetos en los 400 m en el presente estudio y el de los sujetos en los estudios anteriormente mencionados eran similares. Por lo cual, parece que el protocolo de carrera en pista realizada con el máximo esfuerzo resulta en un valor mayor de la AOD, que el protocolo en cinta a intensidad constante. Sin embargo, los valores estimados de la AOD en el presente estudio fueron menores que los producidos durante una carrera en cinta con una inclinación del 10.5% (13, 16). En efecto, se ha mostrado que la AOD se incrementa con la inclinación de la cinta (13, 16, 21) y esto podría explicar las diferencias en los valores de la AOD entre los estudios. Se ha demostrado (13) que la máxima AOD durante la carrera ocurre con duraciones de ejercicio por encima de los 2 minutos, y que, durante 1 minuto de carrera máxima solamente se alcanza el 75% de la AOD máxima. Sin embargo, a diferencia del esfuerzo máximo utilizado en este estudio, en las investigaciones de laboratorio que se realizan en cinta, los test supramáximos son realizados utilizando velocidades constantes. Se ha reportado que durante el ciclismo (4) la cinética de la AOD es más rápida cuando los test supramáximos se realizan bajo condiciones de esfuerzo máximo. De esta manera, es posible que durante una carrera en pista con el máximo esfuerzo, la AOD se incremente mucho más rápidamente y alcance antes valores máximos que durante un test de 2 minutos de carrera a intensidad constante. Además, durante la carrera en pista con el máximo esfuerzo, la máxima AOD puede ser considerablemente mayor que en las estimaciones de laboratorio realizadas en cinta. El error para la estimación de la AOD en el presente estudio fue de 1.87±0.90 ml de O_2 Eq/kg, lo que representa ~3.1% de la media de la AOD estimada para los sujetos, un valor menor al 4% observado por Medbo y cols. (13), cuando validaron el método para carreras en cinta realizadas en el laboratorio. De esta manera, la validez del método para carreras de alta intensidad en pista parece aceptable.

Se ha sugerido que la AOD estimada bajo condiciones de laboratorio podría constituir una buena predicción del rendimiento en la carrera de 400 m (24). Esto ha sido respaldado por medio de correlaciones significativas mostradas entre las estimaciones de la AOD realizadas en el laboratorio y el rendimiento en una carrera de 400 m (5, 18). Sin

embargo, nuestros resultados no respaldan esas observaciones, ya que, al igual que otros investigadores (17), hemos fallado en observar una correlación entre la AOD calculada durante un test máximo hasta el agotamiento de 400 m y la marca de competencia. Estas discrepancias hacen hincapié en los problemas potenciales que existen cuando se trata de estimar el rendimiento a partir de evaluaciones de laboratorio, y remarcan la necesidad de más evaluaciones de campo específicas, como la realizada en el presente estudio. La baja correlación puede también deberse al hecho de que este era un grupo de corredores bastante homogéneo o a que factores distintos de la AOD influencian el rendimiento en la carrera de 400 m en pista.

Debido a que el test supramáximo demandó un esfuerzo máximo, la velocidad de carrera, y por ende el C_R no fueron constantes. Sin embargo, para la realización de todos los cálculos, la velocidad de carrera y el C_R fueron promediados. Puesto que tanto las estimaciones de la AOD, como de la E_{AN} son cantidades y no tasas, sus estimaciones no serán influenciadas por el procedimiento de cálculo de el C_R promedio. Los rendimientos de nuestros sujetos en la carrera de 400 m (53.91±2.33 s) estuvieron bastante por debajo de sus mejores rendimientos (49.58±3.48 s). Esta diferencia puede resultar de los siguientes hechos: la evaluación fue realizada fuera de la temporada de competición, los sujetos llevaron una carga en la espalda de 2.3 kg y además los sujetos corrieron en forma individual, sin competición directa.

Nuestros valores para la C_R (0.200±0.014 ml de O_2 Eq.kg^{-1}.m^{-1}) son diferentes de la estimación realizada por Lacour y cols. (11) en una carrera en pista de 400 m, pero son similares a los reportados por Hill (7), 0.205 ml de O_2 Eq.kg^{-1}.m^{-1}. Estos dos autores estimaron la fracción de energía anaeróbica, a partir de la medición del lactato sanguíneo. Sin embargo, la estimación de la fracción de energía anaeróbica a partir del lactato sanguíneo es un procedimiento cuestionable, debido a que la concentración de lactato en sangre no refleja con precisión la producción muscular de lactato (14). Además, el hecho de que los sujetos en el estudio de Lacour y cols. (11) tuvieron un mejor nivel de rendimiento en los 400 m (~45.5 seg) que los sujetos del presente estudio y que los datos de ese estudio fueron recolectados durante carreras en competiciones, pueden ser también responsables de las diferencias observadas entre los resultados.

Utilizando estimaciones basadas en parámetros respiratorios, hemos hallado que la contribución anaeróbica a la liberación total de energía (E_{AN}) durante la carrera de 400 m fue de 75.9±5.5%. Las estimaciones de la E_{AN} durante 50 s a 1 min de carrera de alta intensidad a velocidad constante en cinta (22, 23) fueron menores que los valores medios que hemos hallado. Estas comparaciones entre los estudios sugieren que la E_{AN} es mayor durante una evaluación máxima que durante una evaluación de laboratorio a velocidad constante. Uno podría especular que la demanda extremadamente alta de energía durante la fase inicial de una evaluación máxima (e.g., los primeros 20 a 30 m) puede causar una respuesta metabólica que retrasa la respuesta del VO_2. En efecto, la media de VO_2 de los sujetos al final de la carrera, en el presente estudio, alcanzó no más de 32.69±10.03 ml.kg^{-1}.min^{-1}, lo que representa ~52% de su VO_2 pico (ver Figura 1). Sin embargo, en los primeros 60 s luego de la carrera, el VO_2 alcanzó un valor medio que representó ~85% del pico de VO_2. La ventilación durante la carrera presentó valores bajos (~35 L/min en los primeros 30 segundos, con frecuencias respiratorias por debajo de 30 respiraciones por minuto), pero mostró valores altos durante la recuperación (desde 100 hasta 140 L/min). Aunque el dispositivo Cortex Metamax I tiene un sistema de cálculo incorporado para el tratamiento de los datos, lo cual puede producir una demora entre el VO_2 verdadero y el VO_2 reportado (12), los valores imprevistamente bajos de VO_2 no pueden ser explicados solamente por este fenómeno. Interesantemente, se ha sugerido que la cinética del VO_2 es más lenta en las fibras rápidas en comparación con las fibras lentas (10). Si durante la carrera se reclutan un alto porcentaje de fibras rápidas (y concomitantemente un bajo porcentaje de fibras lentas), especialmente en la primera mitad de la carrera, parece posible que la respuesta del VO_2 podría estar considerablemente demorada. Cuando los velocistas corren a su máxima velocidad, los registros electromiográficos (EMG) muestran que las tasas de disparo de la unidades motoras de los músculos del muslo (isquiotibiales, el vasto medial, y el glúteo mayor) están entre 120% y 140% de la contracción voluntaria máxima (MVC), con un valor próximo al 200% para el aductor mayor (25). Considerando que durante la primera mitad de un evento de 400 m, los velocistas corren al 93-95% de su máxima velocidad de carrera, es bastante posible que la respuesta muscular este por encima de la MVC. Dichos registros electromiográficos elevados durante el sprint parecen compatibles con el gran reclutamiento de fibras rápidas y la concomitante disminución en el flujo sanguíneo (8). Además, la gran frecuencia de zancada puede también disminuir el flujo sanguíneo (9) debido a la corta duración del período de relajación entre las contracciones (3). De esta manera, estos factores podrían haber resultado en un menor transporte de O_2 hacia los músculos activos, explicando el valor extremadamente bajo de VO_2 observado en este estudio. Esta hipotética influencia del reclutamiento preferencial de fibras rápidas sobre la cinética del VO_2, podría ocurrir todavía en la última fase de la carrera, cuando los mecanismos de la fatiga son más prominentes. Bosco et al. (2) demostraron que, durante ejercicios basados en el ciclo de estiramiento acortamiento, tales como la carrera, y bajo condiciones de pH ácido, las fibras musculares rápidas podrían reutilizar mayores cantidades de la energía almacenada que las fibras musculares de lentas.

Utilizando estimaciones basadas en los metabolitos Lacour y cols. (11) calcularon que la E_{AN} en competiciones de 400 m era del 72%, un valor similar al observado en el presente estudio. En contraste, la estimación de la E_{AN} basada en los metabolitos realizada por Hill (7) durante una carrera de 400 m fue menor al 63%. El menor valor descrito por Hill (7)

puede ser explicado por el menor nivel de rendimiento de los atletas evaluados, en comparación con los atletas de elite utilizados en el estudio de Lacour y cols. (11).

Los valores pico de lactato en sangre medidos en el presente estudio fueron menores que los reportados previamente con corredores de 400 m durante carreras en pista (11) o en cinta con inclinación (15, 20), pero fueron mayores que los reportados para otros corredores de 400 m, evaluados durante carreras en cinta horizontal (24) o con inclinación (5). Sin embargo, apoyando a un estudio anterior (11), hemos observado también una correlación positiva entre la [La] y la V_{400} ($r=0.78$, $p \leq 0.01$). De esta manera, las diferencias en la [La] entre el presente y los otros estudios puede estar relacionada a las diferentes velocidades de carrera. Otra posible explicación para estas diferencias puede ser la fase de la temporada competitiva en la cual se realiza la evaluación. Se ha demostrado que la [La] en carreras de alta intensidad se incrementa durante la temporada, haciendo pico en las competiciones más importantes (11, 15). Nuestros sujetos fueron evaluados fuera de la temporada competitiva.

Conclusiones

Los principales hallazgos del presente estudio fueron que durante una carrera de alta intensidad en pista que dura menos de 1 minuto, la AOD y la E_{AN} son relativamente altas, mientras que el VO_2 es bajo. Estos resultados remarcan la necesidad de evaluar la respuesta respiratoria durante carreras de alta intensidad realizadas en pista, más que bajo condiciones de laboratorio, particularmente cuando se evalúa a corredores de velocidad.

Dirección para el envío de correspondencia

Reis V.M., Ph.D., Sports Department, University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal, 5000-911. Teléfono: (+351) 96-1693893; Fax: (+351) 259-330168; correo electrónico: vreis@utad.pt

REFERENCIAS

1. Bangsbo J (1996). Oxygen Deficit: A measure of the anaerobic energy production during intense exercise?. *Can J Appl Physiol;21:350-63*
2. Bosco C, Tihanyi J,. Lateri F., Fekete G., Apor P, Rusko, H (1986). The effect of fatigue on store and re-use of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand;128:109-17*
3. Buttelli O, Seck D, Vandewalle H, Jouanin JC, Monod, H (1996). Effect of fatigue on maximal velocity and maximal torque during short exhausting cycling. *Eur J Appl Physiol; 73:175-9*
4. Gastin PB, Costill DL, Lawson DL, Krezeminski K, McConell GK (1995). Accumulated Oxygen Deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc;27:255-63*
5. Heugas AM, Brisswalter J (1995). Evaluation du potentiel énergétique des coureurs de haut niveau: relation entre des tests de laboratoire et la performance sur 400m. *AEFA;138:34-7*
6. Heugas AM, Brisswalter J, Vallier JM (1997). Effet d´une période d´entraînement de trois mois sur le Déficit Maximal en Oxygen chez des sprinters de haut niveau de performance. *Can J Appl Physiol;22 :171-81*
7. Hill DW (1999). Energy systems contributions in middle-distance running events. *J Sports Sci;17:477-83*
8. Hoelting BD, Scheuermann BW, Barstow TJ (2001). Effect of contraction frequency on leg blood flow during knee extension exercise in humans. *J Appl Physiol;91:671-9*
9. Kagaya A (1990). Levelling-off of calf blood flow during walking and running, and its relationship to anaerobic threshold. *Annales Physiol Anthrop;9:219-24*
10. Kushmerick M, Meyer R, Brown T (1992). Regulation of oxygen consumption in slow- and fast-twitch muscle. *Am J Physiol;263:C598-606*
11. Mero A, Rusko H, Peltola E, Pullinen T, Nummela A, Hirvonen J (1993). Aerobic characteristics, oxygen debt and blood lactate in speed endurance athletes during training. *J Sports Med Phys Fitness;33:130-6*
12. Olesen HL (1992). Accumulated Oxygen Deficit increases with inclination of uphill running. *J Appl Physiol;73:1130-4*
13. Olesen HL, Raabo E, Bangsbo J, Secher NH (1994). Maximal Oxygen Deficit of sprint and middle distance runners. *Eur J Appl Physiol;69:140-6*
14. Ramsbottom R, Nevill AM, Nevill ME, Newport S, Williams C (1994). Accumulated Oxygen Deficit and short-distance running performance. *J Sports Sci;12:447-53*
15. Robergs RA, Burnett AF (1993). Methods used to process data from indirect calorimetry and their application to VO2max. *JEPonline;6(2):44-57. [Retrieved from http://www.css.edu/users/tboone2/asep/ Robergs2.doc]*
16. Rusko H, Nummela A, Mero A (1993). A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur J Appl Physiol;66:97-101*
17. Sloniger MA, Cureton KJ, Prior BM, Evans EM (1997). Anaerobic Capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *J Appl Physiol;83:262-9*
18. Spencer MR, Gastin PB (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci*

Sports Exerc;33:157-62
19. Weyand PG, Cureton KJ, Conley DS, Sloniger MA (1993). Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Med Sci Sports Exerc;25:S105*
20. Weyand PG, Cureton KJ, Conley DS, Sloniger MA, Liu YL (1994). Peak Oxygen Deficit predicts sprint and middle-distance performance. *Med Sci Sports Exerc;26:1174-80*
21. Wiemann K, Tidow G (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting implications for training. *NSA;10:29-49*

Cita Original

Reis V.M., Duarte J.A., Espirito-Santo J., Russell A.P.. Determination of Accumulated Oxygen Deficit During a 400 m Run. JEPonline; 7 (2): 77-83, 2004