

Research

Respuestas Fisiológicas a un Esprint Isocinético Máximo de Ciclismo de 90 segundos de Duración en Jóvenes y Adultos

Helen Carter¹, Jeanne Dekerle¹, Gary Brickley¹ y Craig A Williams²¹Chelsea School Research Centre, University of Brighton, Gaudick Road, Eastbourne, Reino Unido.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar la cinética del VO_2 y las respuestas de la potencia mecánica en jóvenes y adultos a un ejercicio de esprint de ciclismo máximo de 90 segundos de duración. Ocho jóvenes (14.6 ± 0.3 años) y 8 adultos (33.8 ± 6.5 años) se ofrecieron voluntariamente a participar y completaron un test en rampa [para determinar el $VO_{2\text{pico}}$ y el umbral ventilatorio (VT)] y luego en días subsiguientes, completaron dos esprints de ciclismo máximos de 90 segundos de duración en una bicicleta ergométrica isocinética. Durante cada test, fueron medidos el intercambio gaseoso respiración a respiración y la producción de potencia. Los parámetros a partir del perfil de producción de potencia fueron derivados a partir de la respuesta promedio de los dos tests incluyendo la potencia pico (PP, la mayor potencia en 1 s), potencia final (EP_{60-90} , potencia durante los últimos 30 s) y la potencia promedio durante los 90 s (MP_{90}). Fueron usados test t independientes y dependientes para comparar los datos de los test entre los grupos de sujetos de adultos y jóvenes. Fueron halladas diferencias significativas entre los adultos y los jóvenes para las variables absolutas, PP (881.4 ± 60.7 vs. 533.6 ± 50.7 W), EP_{60-90} (288.6 ± 25.7 vs. 134.3 ± 17.6 W) y MP_{90} (434.5 ± 27.4 vs. 238.4 ± 17.3 W, $p=0.001$), respectivamente. Fueron halladas diferencias significativas relativas a la masa corporal entre los adultos y los jóvenes para EP_{60-90} , MP_{90} , y trabajo total ($p<0.002$). Los jóvenes alcanzaron valores de VO_2 a los 90 s que estuvieron más cerca de su $VO_{2\text{pico}}$ que los adultos (93.3 ± 2.6 vs. 84.9 ± 2.3 %, $p=0.03$). Ellos también demostraron una cinética del VO_2 más rápida (10.8 ± 1.5 vs. 17.6 ± 1.0 s, $p<0.01$). En conclusión, durante el esprint de ciclismo máximo de 90 segundos los jóvenes fueron capaces de alcanzar valores de VO_2 que estuvieron más cerca de su $VO_{2\text{pico}}$ y con una constante de tiempo más rápida de los adultos. Estos hallazgos proporcionan una idea acerca de la contribución y la velocidad de la respuesta del sistema aeróbico durante un test anaeróbico.

Palabras Clave: $VO_{2\text{pico}}$, anaeróbico, cinética, aeróbico, ergometría

INTRODUCCION

En comparación a los dos test fisiológicos más publicados en diferentes estudios para la determinación de la potencia aeróbica y anaeróbica, el test de máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.) y el test de Wingate, hay sorprendentemente pocos test publicados que intenten integrar la medición de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico (Gastin, 2001). Mientras que ha sido demostrado separadamente que estos dos test son confiables y válidos, la integración de los dos ha

probado ser mucho más difícil (Greenhaff y Timmons, 1998). Aunque ambos de los test anteriores son válidos ninguno de los dos está exento de crítica, como es evidenciado por las continuas investigaciones acerca del concepto del fenómeno de meseta o no meseta en los test aeróbicos y acerca de la contribución aeróbica en el test de Wingate (WAnt). Es importante desarrollar tests, que combinen ambos sistemas energéticos, debido a que la respuesta metabólica integrada de los tres sistemas energéticos es simultánea y su control es dependiente de la respuesta regulada de todo el sistema a un cambio en la velocidad de la ATPasa. De este modo, un test que combine estos sistemas de energía va a ser capaz de investigar las respuestas de todo el sistema, lo cual no puede ser logrado por tests separados.

Han sido realizados intentos para medir la interacción de las vías aeróbicas y anaeróbicas en el ejercicio exhaustivo a corto plazo (Chia et al., 1997; Kavanagh y Jacobs, 1988; Serrese et al., 1988). Aunque la determinación exacta de la generación anaeróbica y aeróbica de ATP durante un solo test es inherentemente más difícil y compleja que durante tests separados de liberación de energía, se han intentado realizar tres métodos generales: 1) mediciones directas de los metabolitos intramusculares y sustratos, 2) mediciones indirectas como el déficit de oxígeno acumulado o mediciones de VO_2 y producción de potencia y 3) modelación matemática para predecir el rendimiento (Gastin, 2001). Estos estudios generalmente han demostrado dos tendencias comunes, en primer lugar, que ocurren contribuciones iguales de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico dentro de 1 a 2 minutos (~ 75 s) y en segundo lugar, que el sistema aeróbico responde mucho más rápido de lo que se apreciaba inicialmente (Bangsbo et al., 2000; Medbo y Tabata, 1989; Nummela y Ruseko, 1995; Serrese et al., 1988).

Los estudios que miden el VO_2 y la producción de potencia durante el test tienen la ventaja de determinar el perfil de todo el test no solo para la potencia pico sino también para la declinación en la potencia a medida que se origina la fatiga. También, debido a que el análisis de gases es realizado el mismo tiempo, el mismo puede seguir al perfil de la potencia (Carey y Richardson, 2003; Gastin et al., 1991; Withers et al., 1991). Usando estas técnicas, Williams et al. (2005) encontraron en un grupo de 16 adolescentes, que fueron capaces de alcanzar el 93% del $\text{VO}_{2\text{pico}}$ durante un test de ciclismo de esprint máximo de 90 segundos de duración. Aunque hubo cierta variabilidad interindividual, la respuesta a partir de una base test-retest de un mismo día fue aceptable. Esta alta consecución observada en el VO_2 en lo que de manera característica es considerado un test "anaeróbico" es apoyada por observaciones previas en niños acerca de una contribución significativa de las vías oxidativas durante el WAnt (Chia et al., 1997). Una explicación sugerida ha sido que los niños tienen una mayor capacidad aeróbica en comparación a su capacidad anaeróbica (Bar-Or, 1983). Aunque hay cierta evidencia tentativa, como ha sido demostrado por las diferencias en la cinética del VO_2 entre niños y adultos para ejercicios submáximos de carga constante (Williams et al., 2001), son escasos los trabajos que estudien tests máximos de duraciones mayores a 30 segundos.

De este modo, el propósito de este estudio fue comparar la cinética del VO_2 y las respuestas de la potencia mecánica de jóvenes y adultos a un esprint de ciclismo máximo de 90 s de duración. Planteamos la hipótesis acerca de que la cinética durante el esprint máximo en los jóvenes sería más rápida y de este modo esto resultaría en un mayor alcance del $\text{VO}_{2\text{pico}}$. También planteamos la hipótesis de que los jóvenes lograrían una mayor contribución aeróbica durante los esprints máximos de 90 segundos.

METODOS

Sujetos

Dieciséis voluntarios sanos (8 hombres, 8 jóvenes) participaron en el estudio. Los adultos (edad: 33.8 ± 6.5 años; talla: 1.8 ± 0.1 m; masa corporal: 71.0 ± 12.1 kg; VO_2 máx.: 3.7 ± 0.7 L/min) y los jóvenes (edad: 14.6 ± 0.3 años; talla: 1.7 ± 0.1 m; masa corporal: 55.8 ± 7.0 kg; VO_2 máx.: 2.9 ± 0.3 L/min) fueron equiparados de acuerdo al $\text{VO}_{2\text{pico}}$ relativo a la masa corporal (51.9 ± 4.1 vs. 52.1 ± 3.3 ml.kg⁻¹.min⁻¹ en los adultos y jóvenes, respectivamente). Los participantes y/o sus padres fueron informados acerca de los beneficios y riesgos de la participación y dieron su consentimiento informado por escrito para participar en el estudio, el cual fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad. Todos los sujetos estaban completamente familiarizados con los procedimientos de evaluación de los ejercicios del laboratorio, habiendo participado previamente en otros estudios similares. Los sujetos fueron instruidos para arribar al laboratorio en un estado descansado y completamente hidratados, en un período postprandial de por lo menos 3 horas, y habiendo evitado realizar ejercicio intenso en las 24 horas precedentes a una sesión de evaluación. Para cada participante, los tests fueron llevados a cabo en el mismo día (± 2 h) para minimizar los efectos de la variación diurna en los resultados (Carter et al., 2002).

Diseño Experimental

Fue requerido que los sujetos visitaran el laboratorio para realizar dos etapas de experimentación. En primer lugar los

sujetos completaron un test en rampa hasta el agotamiento para determinar el consumo de oxígeno pico ($VO_{2\text{pico}}$) y la correspondiente producción de potencia ($P\text{-}VO_{2\text{pico}}$). La segunda etapa implicó que los sujetos realizaran dos esfuerzos máximos de 90 s en una bicicleta ergométrica isocinética. Todos los test fueron precedidos por un ejercicio inicial de 5 minutos de duración a 50 W y fue dado un fuerte aliento verbal durante los mismos. Los sujetos fueron instruidos para permanecer sentados durante el test. El test en rampa y los tests máximos de 90 s estuvieron separados por al menos dos días y fueron realizados en orden aleatorio. El estudio fue completado dentro de 2 semanas para todos los sujetos.

Equipo

Todos los tests fueron realizados en una bicicleta ergométrica frenada eléctricamente (Schoberer Rad Messtechnik, Alemania), manteniendo constante la altura del asiento y el manubrio a través de las sesiones para cada participante. El torque aplicado en la palanca y la cadencia fueron medidos continuamente a 200 Hz a partir de la bicicleta isocinética. Antes de cada sesión de evaluación diaria el Medidor de la Potencia SRM fue calibrado de acuerdo a los procedimientos recomendados por el fabricante (Jones y Passfield, 1998).

Durante cada test, el intercambio de gases pulmonares fue determinado respiración a respiración usando algoritmos estándar, teniendo en cuenta el retardo de tiempo entre las señales de concentración y volumen de los gases (Beaver et al., 1973). Los individuos respiraban a través de un montaje de una turbina y una boquilla de espacio muerto pequeño (90 mL) y baja resistencia ($0.65 \text{ mmH}_2\text{O}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ a $8 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$). Los gases fueron recolectados de forma continua a partir de la boquilla a través de una línea capilar de 2 m, de diámetro pequeño (0.5 mm) a una tasa de $60 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, y fueron analizados para determinar las concentraciones de O_2 , CO_2 , y N_2 por medio de un espectrómetro de masa cuadrupolar (CaSE EX670, Gillingham, Kent, Reino Unido), el cual fue calibrado antes de cada test usando gases de concentración conocida. Los volúmenes espiratorios fueron determinados usando un transductor de volumen de turbina (Interface Associates, CA). Las señales de volumen y concentración fueron integradas por una computadora luego de realizar la conversión analógica a digital. Las variables de intercambio de gases respiratorios (VO_2 , VCO_2 , V_E) fueron calculadas, determinadas para cada respiración y luego fueron subsiguientemente interpoladas para proporcionar un valor por segundo. La frecuencia cardiaca fue monitoreada cada segundo usando un monitor de la frecuencia cardiaca telemétrico (Sports Tester, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Test en Rampa

La producción de potencia inicial fue 50 W, la cual fue luego incrementada en 5 W cada 12 segundos (igualando 25 W por minuto). A los voluntarios se les permitió seleccionar ellos mismos la frecuencia de pedaleo (en un rango de 70-90 $\text{rev}\cdot\text{min}^{-1}$) y luego fue registrada la cadencia seleccionada por cada sujeto. Luego de tres minutos fue recolectada una muestra sanguínea capilar de la yema de los dedos ($\sim 25 \mu\text{L}$) y fue subsiguientemente analizada para determinar la concentración de lactato usando un analizador automático (YSI 2300, Yellow Springs, Ohio). El logro del VO_2 máx. fue confirmado por la incidencia de un fenómeno de meseta en el VO_2 , valores de RER arriba de 1.10, y frecuencias cardíacas dentro de 5 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$ de la frecuencia cardiaca máxima predicha para la edad. En todos los sujetos, fueron alcanzados por lo menos 2 de estos 3 criterios. Debido a diferencias en el logro de una meseta en los niños en comparación con los adultos, va a ser usado el término $VO_{2\text{pico}}$ (Armstrong y Welsman, 1997). El mayor promedio de los 30 s de los datos del VO_2 segundo a segundo fue tomado como el $VO_{2\text{pico}}$. El umbral ventilatorio (VT) fue definido como el VO_2 en el cual fue evidente un incremento no lineal en la producción de dióxido de carbono (VCO_2) y un incremento en la ventilación minuto (V_E) y en el índice V_E/VO_2 , sin ningún incremento en el índice V_E/VCO_2 (Beaver et al., 1986; Serrese et al., 1988). Tres investigadores revisaron independientemente y a ciego las gráficas para cada índice e hicieron determinaciones individuales del VT. Para calcular individualmente la producción de potencia correspondiente al VO_2 máx. ($P\text{-}VO_2$ máx.), fueron llevados a cabo análisis de regresión en los datos segundo a segundo para determinar la ordenada al origen (585 ± 265 y $302\pm 133 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ en los adultos y jóvenes, respectivamente) y la pendiente (9.6 ± 1.4 vs. $10.6\pm 1.9 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$) de la relación de VO_2 -producción de potencia para el ejercicio 0.05) o en el lactato sanguíneo pico (7.4 ± 4.7 vs. $6.6\pm 1.7 \text{ mM}$, $p>0.05$) en los adultos y jóvenes, respectivamente ($p>0.05$).

El grupo de los adultos tuvo un VT cuando fue expresado como VO_2 (2.17 ± 0.36 vs. $1.32\pm 0.19 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $p<0.001$), una producción de potencia en el VT (160 ± 33.3 vs. $116\pm 14.3 \text{ W}$, $p<0.001$) y un % del $VO_{2\text{pico}}$ en el cual ocurrió el VT (59.1 ± 4.3 vs. $46\pm 5.2 \%$, $p<0.001$), respectivamente, significativamente mayores que los jóvenes.

Esprints de Ciclismo Máximos de 90 s

La Tabla 1 muestra los datos medidos y derivados a partir de los tests máximos de 90 s en el grupo de adultos y jóvenes. El grupo de adultos alcanzó mayores valores de potencia pico absoluto, potencia promedio y final y trabajo total durante el test de 90 s ($p<0.001$) que los jóvenes. La potencia pico relativa a la masa corporal no fue significativamente diferente entre los adultos y jóvenes ($p>0.17$), pero tanto la potencia promedio como la final y el trabajo total relativo a la masa corporal fueron significativamente diferentes ($p<0.002$). En los adultos también fue hallado que el VO_2 y el lactato

sanguíneo 3 min postejercicio fueron significativamente mayores en los adultos en comparación con los jóvenes ($p < 0.05$).

Comparación del Test en Rampa de VO_{2pico} y el Test Máximo de 90 s

Comparando los datos recolectados en el test en rampa de VO_{2pico} con los de los sprints máximos de 90 s, el VO_{2pico} fue significativamente mayor en el test en rampa para tanto los adultos ($p < 0.001$) como para los jóvenes ($p < 0.05$). Los jóvenes alcanzaron valores que estuvieron más cerca del VO_{2pico} que para los adultos (93.3 ± 2.6 vs. 84.9 ± 2.3 %, $p < 0.05$). El lactato sanguíneo pico alcanzado luego de los tests de 90 s fue también significativamente menor en los jóvenes ($p < 0.05$), pero este no fue el caso en el grupo de adultos ($p > 0.05$). La frecuencia cardiaca pico no fue significativamente diferente en los dos tests de ejercicio en ambos grupos poblacionales ($p > 0.05$), pero tendió hacia menores valores luego del esfuerzo máximo de 90 s (en ~ 10 lat./min).

La potencia pico en el test de 90 s fue considerablemente más alta que la potencia en el VO_{2pico} tanto en los adultos ($p < 0.001$) como los jóvenes ($p < 0.001$), en el orden de 210 a 230%. En ambos grupos, la potencia media del esfuerzo de 90 s no fue diferente de la potencia en el VO_{2pico} ($p > 0.05$). La EP en 90 s fue significativamente menor que la potencia en el VO_{2pico} en los jóvenes ($p < 0.001$) y los adultos ($p < 0.01$), sin embargo la EP fue mayor que la potencia en el VT, aunque esto solo fue significativo en el grupo de adultos ($p < 0.01$).

La Tabla 2 representa los datos de la respuesta de la cinética del VO_2 . Fue hallada una diferencia significativa en el VO_2 absoluto en la condición inicial entre los jóvenes y los adultos. Fue observada una constante de tiempo significativamente más rápida en los jóvenes para el VO_2 absoluto, así como una mayor amplitud. Los intervalos de confianza del 95% para las constantes de tiempo fueron ± 3.6 y ± 2.6 s (adultos y jóvenes, respectivamente).

Las Figuras 1 y 2 muestran perfiles típicos para las respuestas de producción de potencia y consumo de oxígeno durante el test de 90 s. A partir de las estimaciones de la producción de energía aeróbica/anaeróbica los adultos tuvieron una mayor contribución anaeróbica al trabajo realizado durante el test de 90 s que los jóvenes (46.5 ± 3.4 % vs. 40.2 ± 1.4 %), aunque esto no constituyó una diferencia significativa ($p > 0.05$). La Figura 3 representa la determinación de la AWC a partir de la potencia estimada a partir de los datos de VO_2 y producción de potencia.

Parámetro	Adultos	Jóvenes
Potencia Pico (W)	881.4 (60.7)	533.6 (50.7) *
Potencia Pico Relativa ($W \cdot kg^{-1}$)	11.7 (0.4)	10.1 (0.7)
Potencia Media (W)	434.5 (27.4)	238.4 (17.3) *
Potencia Media Relativa ($W \cdot kg^{-1}$)	5.9 (0.2)	4.5 (0.2) *
Potencia Final (W)	288.6 (25.7)	134.3 (17.6) *
Potencia Final Relativa ($W \cdot kg^{-1}$)	3.9 (0.2)	2.6 (0.3) *
Índice de Fatiga (%)	67.4 (2.0)	72.5 (3.3)
Trabajo Total (J)	38714 (2464)	21171 (1554) *
Trabajo Total Relativo ($J \cdot kg^{-1}$)	521.5 (18.8)	400.3 (2.4) *
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)	3.41 (0.22)	2.70 (0.12) *
Frecuencia Cardiaca Pico ($b \cdot min^{-1}$)	179 (5.2)	182 (5.6)
Lactato Pico (mM)	10.5 (0.4)	7.3 (0.6) *

Tabla 1. Parámetros descriptivos de producción de potencia y fisiológicos para el sprint de ciclismo de 90 s. Los datos son presentados como valores medios (\pm Desvío Estándar). * Significativamente diferente con respecto a los datos de los adultos ($p < 0.05$).

Parámetro	VO_2 Absoluto		Ganancia	
	Adultos	Jóvenes	Adultos	Jóvenes
Condición Inicial ($L \cdot min^{-1}$)	1.22 (0.04)	0.40 (0.04) *	N/A	N/A
Amplitud ($L \cdot min^{-1}$)	2.17 (0.21)	2.33 (0.08)	13.9 (1.4)	35.7 (2.23) *
Constante de Tiempo (s)	17.6 (1.0)	10.8 (1.5) *	39.0 (5.2)	80.4 (5.4) *

Tabla 2. Parámetros modelados. * Significativamente diferente con respecto a los datos de los adultos ($p < 0.05$).

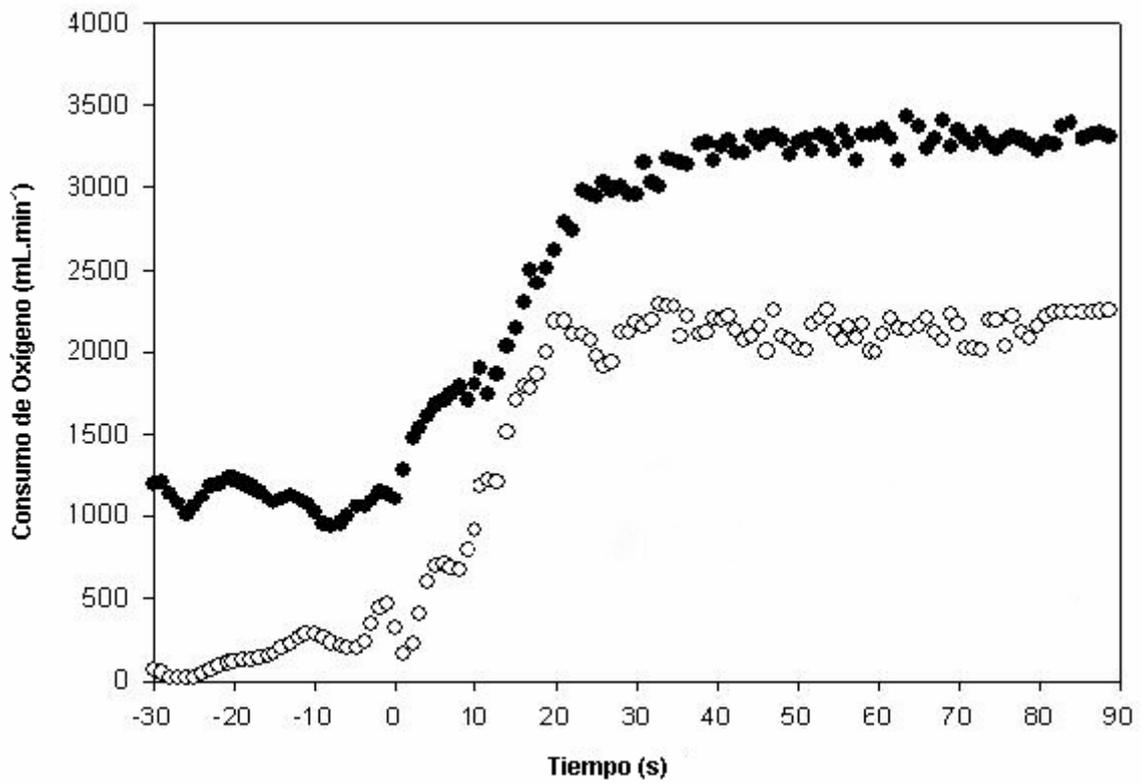


Figura 1. Respuesta del consumo de oxígeno durante el ciclismo isocinético máximo de 90 s para un adulto (círculos llenos) y un joven (círculos vacíos).

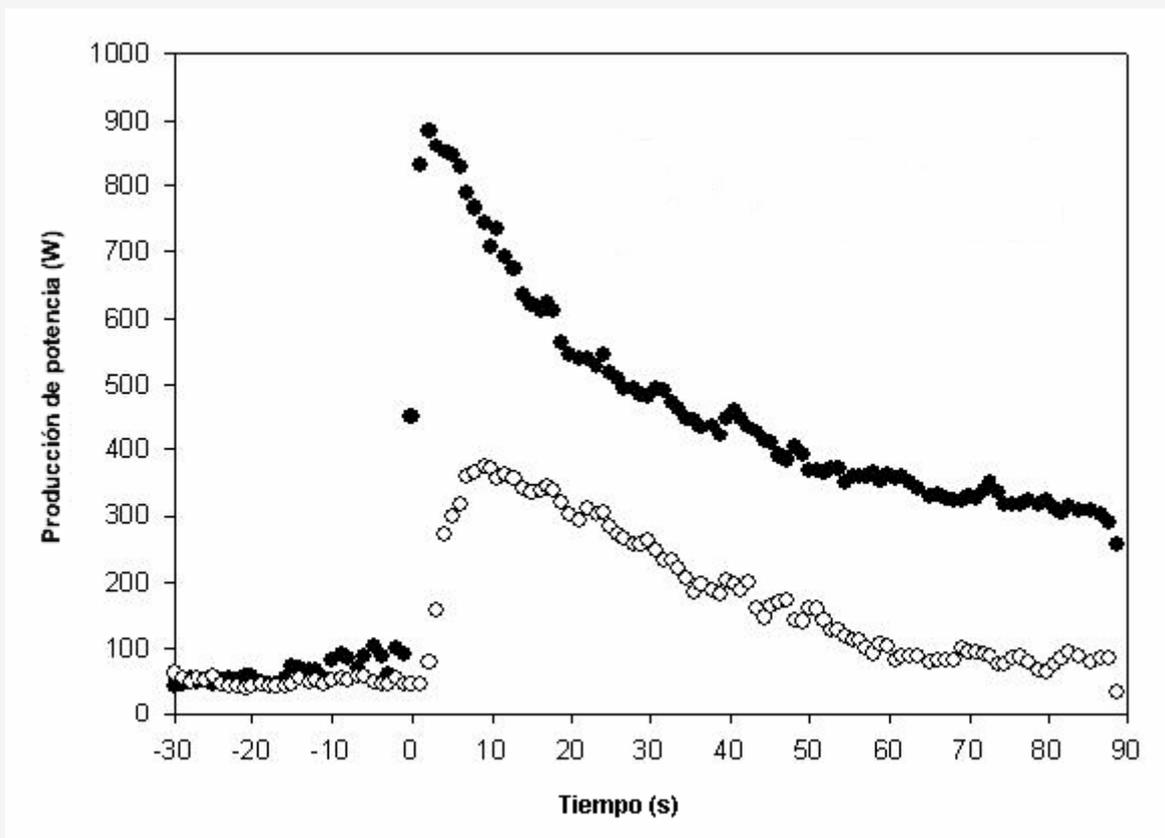


Figura 2. Respuesta de la producción de potencia durante el ciclismo isocinético máximo de 90 s para un adulto (círculos llenos) y un joven (círculos vacíos).

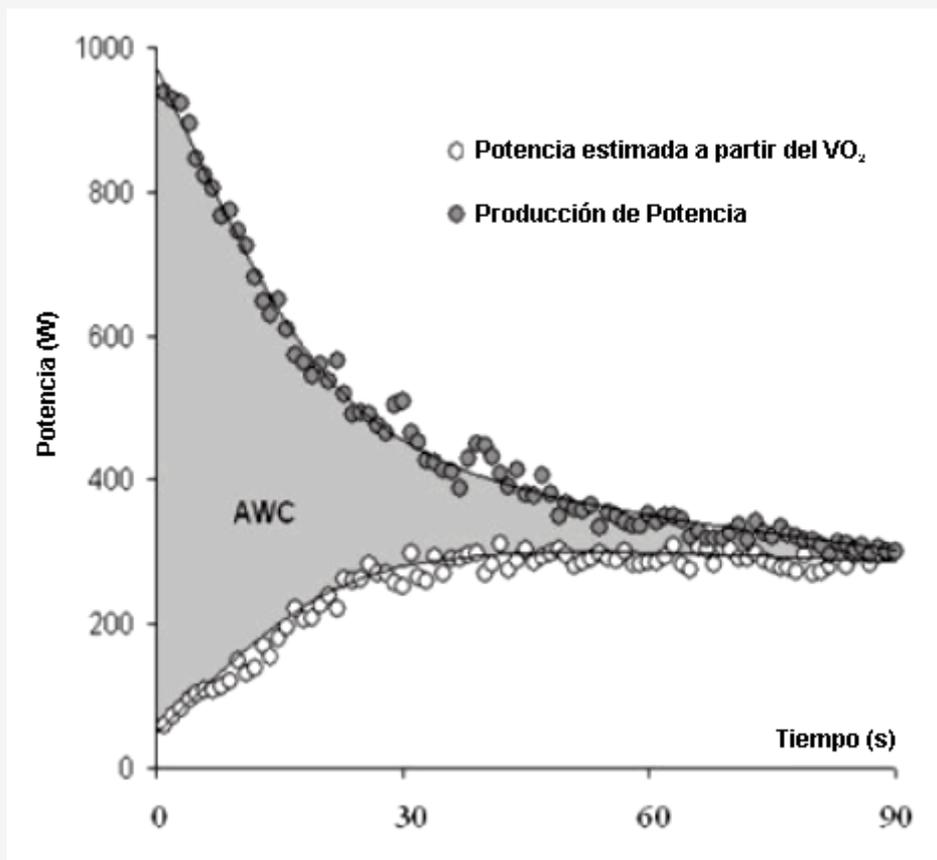


Figura 3. Esquema que muestra la determinación de la AWC.

DISCUSION

Este estudio comparó las respuestas fisiológicas originadas como resultado de esprints de ciclismo máximos de 90 segundos de duración entre hombres adultos y jóvenes. Específicamente, nosotros planteamos la hipótesis acerca de que los jóvenes poseerían una respuesta del VO_2 más rápida que los adultos y que de este modo lograrían un mayor % del $VO_{2\text{pico}}$. Además, nosotros esperábamos que los jóvenes alcanzaran una mayor contribución aeróbica en el esprint de 90 s. Han sido reportadas estimaciones para el % de alcance del $VO_{2\text{pico}}$ durante ejercicios de alta intensidad (supra-máxima) en adultos (Astrand y Saltin, 1961; Gastin et al., 1991; Kavanagh y Jacobs, 1988), pero para nuestro mejor conocimiento, este es el primer estudio en comparar jóvenes y adultos. Nosotros encontramos que hubo un logro significativamente mayor en el $VO_{2\text{pico}}$ durante los 90 s en los jóvenes en comparación con los adultos, 93 ± 2.6 vs. 84.9 ± 2.3 %, respectivamente. También fue encontrada una respuesta de la cinética del VO_2 significativamente más rápida en los jóvenes en comparación con los adultos (10.8 ± 1.5 vs. 17.6 ± 1.0 s). La respuesta de ganancia, usada para determinar diferencias en la producción de potencia y que ha sido investigada muy pocas veces en la literatura pediátrica, fue cerca de 3 veces mayor para los jóvenes.

Los hallazgos de este estudio apoyan trabajos previos con jóvenes (Williams et al., 2005) y adultos (Craig et al., 1993; Davies y Sandstrom, 1989; Withers et al., 1991) que encontraron que el $VO_{2\text{pico}}$ medido en un esprint máximo de 90 s podría acercarse a los valores obtenidos a partir de un test aeróbico tradicional. Los valores para los adultos están entre 84% (Craig et al., 1993) a 94% (Wither et al., 1991), pero los valores acerca de los niños son escasos, ya que hay solo tres estudios de ciclismo que hayan estudiado la potencia mecánica con un test de una duración >30 s. En los estudios de Gaul et al. (1995) y Mero (1988) no fue reportada la respuesta de la cinética del VO_2 durante tests de duración >60 s. En el único otro estudio, Williams et al. (2005) reportaron valores de alcance del $VO_{2\text{pico}}$ de $\sim 92\%$ durante un esprint de ciclismo de 90 s. Usando un protocolo de ciclismo al 100% del VO_2 máx., Macek y Vavra (1980) compararon hombres de 20-22 años con niños de 10-11 años y encontraron que los niños alcanzaron el 56.4 ± 7 % del VO_2 máx. en comparación con los adultos que alcanzaron el 35.5 ± 7 %. En un estudio de ciclistas adultos de élite de la Federación de Estados Unidos, Carey y

Richardson (2003) encontraron durante un test máximo de 60 y 75 s que el % del VO_2 máx. en los 60 y 75 s era de 90.7 y 91.0% del valor registrado en un test de VO_2 máx. en rampa, pero era todavía significativamente más bajo que el valor del VO_2 máx. aeróbico. Es posible que una combinación de diferentes métodos de recolección y análisis de gases, la diferencia en el nivel de entrenamiento de los grupos de adultos y la mayor duración del test usado en el presente estudio, podrían ser responsables de las diferencias entre los dos estudios.

Los perfiles de potencia mecánica durante los 90 s mostraron claramente que los adultos lograron valores de potencia pico absolutos, de potencia promedio y final absolutos y relativos, así como de trabajo total y lactato sanguíneo pico significativamente mayor que los jóvenes ($p < 0.05$). Todos estos hallazgos están bien apoyados por la literatura previa, la cual ha investigado frecuentemente este concepto usando el test WAnT de 30 s o tests de esprint de ciclismo de mayor duración. Tanto para los adultos como para los jóvenes la potencia pico fue dos veces más grande que la potencia alcanzada en el test aeróbico, sin embargo la MP90 no fue significativamente diferente de la potencia en el $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Davies y Sandstrom (1989) encontraron previamente una meseta o nivelación de la potencia mecánica durante un esprint de ciclismo de 80 s y usaron esto como evidencia para señalar que sus ciclistas estuvieron manteniendo una producción de potencia a la misma tasa que para su metabolismo aeróbico medido durante un test de VO_2 máx. anterior.

La cinética del consumo de oxígeno ha sido investigada de manera característica bajo dominios de ejercicio moderado, intenso o extenuante en el ciclismo (Carter et al., 2000; Fawkner y Armstrong, 2003). Nosotros modelamos nuestra respuesta del VO_2 con una curva monoexponencial, ya que la duración del esprint fue de solo 90 s. Pero debe quedar claro que la respuesta del VO_2 modelada en el presente estudio proviene de un ejercicio supramáximo y de protocolos de carga no constante. Esto complica más la interpretación y comparación con trabajos anteriores. Sin embargo, fue hallada una diferencia significativa para la constante de tiempo, la cual fue mayor en los jóvenes que en los adultos. Este hallazgo está generalmente apoyado por la literatura pediátrica acerca de una respuesta de la cinética del VO_2 más rápida en los niños en comparación con los adultos, aunque toda la evidencia pertenece a los dominios de ejercicio moderado, e intenso o extenuante (Fawkner y Armstrong, 2003). Hebestreit et al. (1998) compararon a jóvenes de 9-12 años y adultos de 19-27 años en ciclismo a una cadencia constante de 80 rev./min por al menos 60 s al 130% del $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Hebestreit y cols. no encontraron diferencias significativas para el retraso de tiempo 10.2 ± 3.0 vs. 10.8 ± 1.7 s, constante de tiempo 19.8 ± 4.1 vs. 20.7 ± 5.7 s o amplitud (expresada como un % del $\text{VO}_{2\text{pico}}$) 97.3 ± 1.4 vs. 95.6 ± 8.1 , entre jóvenes y adultos, respectivamente. Es difícil hacer comparaciones intraestudio, tal como fue establecido por Whipp (1997), debido a que los parámetros relacionados a la respuesta del VO_2 presentan dificultades y comparar estudios que han implicado a niños y adultos ejercitándose a una producción de potencia justo arriba del $\text{VO}_{2\text{pico}}$ o el VO_2 máx. es significativamente diferente con respecto a un esprint de ciclismo supramáximo.

La diferencia significativa encontrada en la ganancia entre los jóvenes y los adultos ha sido previamente encontrada, pero en tests submáximos llevados a cabo corriendo en una cinta ergométrica, por lo que es difícil realizar una comparación (Williams et al., 2000). Williams y colaboradores interpretaron a la mayor ganancia como una ventaja para los niños para enfrentarse a la fatiga resultante respondiendo con un incremento en la provisión de energía anaeróbica. En el presente estudio fue encontrado un incremento en la ganancia a través de toda la duración del test. Aunque tradicionalmente la ganancia ha sido interpretada como una variable que refleja una disminución en la eficiencia, debe ser presumido que debido al estímulo supramáximo impuesto a las vías energéticas en el inicio del ejercicio, sería improbable ver al VO_2 disminuyendo con la producción de potencia. Más bien el VO_2 "adicional" refleja un "pago" de la deuda de oxígeno inicial. Es interesante señalar que la EP_{60-90} finalizó siendo menor que la potencia en el $\text{VO}_{2\text{pico}}$, aunque el VO_2 estaba cerca del máximo.

Aunque los jóvenes lograron una mayor contribución aeróbica en los esprint de ciclismo que los adultos, esto no fue estadísticamente significativo. Especulaciones previas habían postulado que la mayor tasa de agotamiento de la capacidad anaeróbica en los jóvenes podría haber sido el resultado en un inicio anterior del sistema energético aeróbico (Ratel et al., 2003). Este mecanismo tiene cierto apoyo, ya que un fue encontrado un índice de fatiga ligeramente mayor en los jóvenes en comparación con los adultos (72.5 vs. 67.4 %). Sin embargo, hubo un trabajo total significativamente mayor hecho por los adultos con respecto a los jóvenes y de este modo las comparaciones entre los dos grupos pueden no ser equivalentes. Los hombres adultos, debido a sus mayores reservas de capacidad anaeróbica, podrían haber sido capaces de realizar una mayor parte del trabajo anaeróbicamente. Mientras que en los jóvenes la declinación en la velocidad de la glucólisis podría haber sido una respuesta a la reducción en la demanda energética, por ello incrementando la contribución relativa del sistema energético aeróbico.

Las explicaciones acerca de porque los jóvenes fueron capaces de lograr valores cercanos al $\text{VO}_{2\text{pico}}$ en el presente solo puede ser especulativa. Sin embargo, ya que los procedimientos invasivos y de este modo directos de establecer esta cuestión en niños, son inaceptables y antiéticos, i.e. biopsia muscular en niños, las mediciones concurrentes de la producción de potencia mecánica y respuestas de la cinética del VO_2 continúan siendo el único método de investigación. El test máximo de 90 s está bien posicionado para estudiar este aspecto. El test propone un perfil de potencia más extensivo

que tests de menor duración (<30 s), el mismo incorpora al sistema aeróbico, consume menos tiempo que el test de $VO_{2\text{pico}}$, es bien tolerado por niños sanos y puede probar ser más práctico cuando se evalúa a atletas/pacientes con quienes no es posible realizar un test más largo.

Conclusiones

En conclusión, los jóvenes alcanzaron mayores valores de VO_2 durante los sprints máximos, los cuales estuvieron más cerca del $VO_{2\text{pico}}$ que en los adultos. Adicionalmente, fue encontrado que los parámetros de cinética del VO_2 fueron significativamente diferentes para la constante de tiempo de la respuesta y amplitud de la ganancia entre los adultos y los jóvenes. Aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa, los jóvenes alcanzaron una mayor contribución del sistema energético aeróbico durante el sprint de ciclismo máximo de 90 s. Son necesarias futuras investigaciones para desarrollar tests que integren ambos sistemas, así como para determinar los mecanismos subyacentes a las diferencias entre adultos y niños.

Puntos Clave

Los resultados de este estudio confirman las contribuciones significativas del sistema energético aeróbico durante los llamados “tests anaeróbicos”.

Los niños fueron capaces de lograr valores de VO_2 a partir de un sprint de ciclismo máximo de 90 s, que estuvieron más cerca de los valores de $VO_{2\text{pico}}$ que en los adultos. Son requeridos estudios más detallados para investigar los factores limitantes que previenen que el $VO_{2\text{pico}}$ sea alcanzado en un sprint de ciclismo máximo.

Los test máximos de duración >30 s y que estén acoplados con análisis de gases y potencia ofrecen a los fisiólogos pediátricos un considerable campo de aplicación para examinar las contribuciones de los sistemas energéticos anaeróbico y aeróbico hasta que sean encontrados métodos más éticamente viables.

REFERENCIAS

1. Armstrong, N. and Welsman, J.R (1997). Young People and Physical Activity. *Oxford University Press, Oxford*
2. Astrand, P.O. and Saltin, B (1961). Oxygen uptake in the first minutes of heavy muscular exercise. *Journal of Applied Physiology* 16, 971-976
3. Bangsbo, J., Krstrup, P., Gonzalez-Alonso, J., Boushel, R. and Saltin, B (2000). Muscle oxygen kinetics at the onset of intense dynamic exercise in humans. *American Journal of Physiology and Regulatory and Integrative Comparative Physiology* 279, R899-906
4. Bar-Or, O (1983). Pediatric Sports Medicine for the practitioner. From physiologic principles to clinical applications. *Springer-Verlag, New York*
5. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, B.J (1973). On-line computer analysis and breath-by-breath graphical display of exercise function tests. *Journal of Applied Physiology* 34, 128-132
6. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, B.J (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology* 60, 2020-2027
7. Carey, D.G. and Richardson, M.T (2003). Can aerobic and anaerobic power be measured in a 60-second maximal test?. *Journal of Sports Science and Medicine* 2, 151-157
8. Carter, H., Jones, A.M., Doust, J.H., Burnley, M., Williams, C.A. and Barstow, T.J (2000). The comparison of VO_2 kinetics in treadmill running and cycling ergometry. *Journal of Applied Physiology* 89, 899-907
9. Carter, H., Jones, A.M., Maxwell, N.S. and Doust, J.H (2002). The effect of interday and diurnal variation on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *Journal of Sports Science* 20, 901-909
10. Chia, M., Armstrong, N. and Childs, D (1997). The assessment of children's anaerobic performance using modifications of the Wingate anaerobic test. *Pediatric Exercise Science* 9, 80-89
11. Craig, N.P., Norton, K.I., Bourdon, P.C., Woolford, S.M., Stanef, T., Squires, B., Olds, T.S., Conyers, R.A.J. and Walsh, C.B.V (1993). Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *European Journal of Applied Physiology* 66, 150-158
12. Davies, C.T.M. and Sandstrom, E.R (1989). Maximal mechanical power output and capacity of cyclists and young adults. *European Journal of Applied Physiology* 58, 838-844
13. Dekerle, J., Hammond, A., Brickley, G. and Carter, H (2005). Reproducibility of variables derived from a 90s all-out effort isokinetic cycling test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness in press*
14. Fawcner, S.G. and Armstrong, N (2003). Oxygen uptake kinetic response to exercise in children. *Sports Medicine* 33, 651-669
15. Gastin, P.B (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine* 31, 725-741
16. Gastin, P., Lawson, D., Hargreaves, M., Carey, M. and Fairweather, I (1991). Variable resistance loadings in anaerobic power testing. *International Journal of Sports Medicine* 12, 513-518

17. Gastin, P.B. and Lawson, D.L (1994). Variable resistance all-out test to generate accumulated oxygen deficit and predict anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology* 69, 331-336
18. Gaul, C.A., Docherty, D. and Cicchini, R (1995). Differences in anaerobic performance between boys and men. *International Journal of Sports Medicine* 16, 451-455
19. Greenhaff, P.L. and Timmons, J.A (1998). Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 26, 1-30
20. Hebestreit, H., Kreimler, S., Hughson, R.L., and Bar-Or, O (1998). Kinetics of oxygen uptake at the onset of exercise in boys and men. *Journal of Applied Physiology* 85, 1833-1841
21. Jones, S.M. and Passfield, L (1998). The dynamic calibration of bicycle power measuring cranks. In: *The Engineering of Sport*. Ed: Haake, S.J. Oxford, Blackwell Science. 265-274
22. Kavanagh, M.H. and Jacobs, I (1988). Breath by breath oxygen consumption during performance of the Wingate test. *Canadian Journal of Applied Sport Science* 113, 91-93
23. Lamarra, N., Whipp, B.J., Ward, S.A. and Wasserman, K (1987). Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. *Journal of Applied Physiology* 62, 2003-2012
24. Macek, M. and Vavra, J (1980). The adjustment of oxygen uptake at the onset of exercise: a comparison between prepubertal boys and young adults. *International Journal of Sports Medicine* 1, 70-72
25. Medbo, J.I. and Tabata, I (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology* 67, 1881-1886
26. Mero, A (1988). Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *European Journal of Applied Physiology* 57, 600-660
27. Nummela, A. and Rusko, H (1995). Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *International Journal of Sports Medicine* 16, 522-527
28. Serresse, O., Lortie, G., Bouchard, C. and Boulay, M (1988). Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine* 9, 456-460
29. Wasserman, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N. and Beaver, W.L (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology* 335, 236-24
30. Whipp, B.J (1997). Developmental aspects of oxygen uptake kinetics in children. In: *Children and Exercise XIX*. Eds: Armstrong, N., Kirby, B.J. and Welsman, J.R. London: E& F.N. Spon. 233-247
31. Williams, C.A., Ratel, S. and Armstrong, N (2005). Achievement of peak VO₂ during a 90-s maximal intensity cycle sprint in adolescents. *Canadian Journal of Applied Physiology* 330, 157-171
32. Williams, C.A., Carter, H., Jones, A.M., and Doust, J (2001). Oxygen uptake kinetics during treadmill running in children and adults. *Journal of Applied Physiology* 90, 1700-1706
33. Withers, R.T., Sherman, W.M., Clark, D.G., Esselbach, P.C., Nolan, S.R., Mackay, M.H. and Brinkman, M (1991). Muscle metabolism during 30, 60, 90 s of maximal cycling on an air braked ergometer. *European Journal of Applied Physiology* 63, 354-36

Cita Original

Carter Helen, Jeanne Dekerle, Gary Brickley, y Craig A. Williams. Physiological Responses to 90 s all out Isokinetic Sprint Cycling in Boys and Men. *Journal of Sports Science and Medicine*; 4, 437-445, 2005.