

Monograph

# Influencia de la Selección del Test Incremental de Ejercicio sobre la $P_{\text{máx.}}$ y la Serie de Ejercicio Subsiguiente

Daryl L Parker<sup>1</sup>, Jeremiah J Peiffer<sup>1</sup> y Roberto Quintana<sup>1</sup><sup>1</sup>California State University-Sacramento, Sacramento, CA 95819, Estados Unidos.

## RESUMEN

En investigaciones relacionadas al ciclismo, debido a la inconsistencia de los protocolos GXT, es necesario estudiar la influencia que tiene la selección de los mismos en la determinación de  $P_{\text{máx.}}$  y en el efecto posterior sobre el tiempo necesario para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. El grupo de sujetos estudiados estaba formado por 8 ciclistas entrenados (edad:  $26 \pm 7$  años, talla:  $179,1 \pm 8,2$  cm, peso:  $74,4 \pm 5,0$  kg,  $\text{VO}_2$  máx.:  $63,3 \pm 6,5$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) quienes realizaron dos GXTs. Ambos tests comenzaron con 70 W pero en uno de ellos la potencia se incrementó en 35 W/min hasta alcanzar la fatiga volitiva, mientras que en el otro fue aumentada 50 W/3 min hasta alcanzar la fatiga volitiva. La  $P_{\text{máx.}}$  fue registrada como la menor producción de potencia que coincidió con el *plateau* inicial en el  $\text{VO}_2$  máx., definido como una variación no mayor a  $\pm 2$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  del registro anterior. También se determinó la potencia aeróbica máxima ( $P_{\text{aeróbica}}$ ). Luego los sujetos realizaron dos tests de resistencia con diferentes valores de  $P_{\text{máx.}}$ . Durante el test de resistencia se determinaron, el tiempo necesario para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. ( $T_{\text{máx.}}$ ), la duración total, y la cantidad total de trabajo. Tanto la  $P_{\text{máx.}}$  como la  $P_{\text{aeróbica}}$  fueron significativamente menores durante el GXT con etapas de 3 min de duración ( $387 \pm 27$  vs.  $342 \pm 25$  W), y ( $424 \pm 29$  vs.  $368 \pm 28$  W) ( $p < 0,05$ ). El  $T_{\text{máx.}}$  porcentual necesario para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. no fue significativamente diferente entre los tests de resistencia ( $61,80 \pm 7,00$  vs.  $62,10 \pm 10,50\%$ ). El trabajo total realizado fue significativamente menor cuando se utilizaron los valores de  $P_{\text{máx.}}$  obtenidos del GXT de etapas de 1 min de duración ( $5614,95 \pm 1509,48$  vs.  $9625,57 \pm 2244,05$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ( $p < 0,05$ ). El tipo de protocolo GXT ejerce una influencia significativa en la determinación de  $P_{\text{máx.}}$  y  $P_{\text{aeróbica}}$ . Los incrementos en  $P_{\text{máx.}}$  conducen a intervalos de tiempo totales substancialmente más bajos. Ambos GXT produjeron valores de  $P_{\text{máx.}}$  que permitieron alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. en el 60% de  $T_{\text{máx.}}$ .

**Palabras Clave:** ciclismo, entrenamiento, potencia, trabajo, resistencia

## INTRODUCCION

Durante los últimos cinco años ha cobrado gran importancia el entrenamiento de potencia dentro del ciclismo. Con el advenimiento de los sistemas de monitoreo de potencia como el SRM (*Schoberer Rad meBtechnik, Germany*) y Power Tap (*Saris/Cycleops Madison WI, EE.UU.*), en la actualidad los ciclistas pueden entrenarse en diversas maneras que antes solo estaban disponibles en un laboratorio. A medida que el entrenamiento de potencia se hace más accesible para los ciclistas comunes, la investigación en esta área ha cobrado importancia. Muchos investigadores han progresado en el área

referente a la metodología más eficaz de entrenamiento de potencia, donde el entrenamiento intervalado de alta intensidad ocupa un papel central en cuanto opción como método (1-4).

La evidencia reciente sugiere que el entrenamiento intervalado de alta intensidad realizado a la producción de potencia más baja que permita alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. ( $P_{\text{máx.}}$ ) puede ser el mejor método cuando el efecto que se desea es lograr un aumento en el  $\text{VO}_2$  máx., en la potencia máxima, y en el rendimiento en las pruebas contrarreloj (5). Laursen et al. (5) utilizaron un sistema de entrenamiento con  $P_{\text{máx.}}$  que produjo una mejora de 8,1% en el  $\text{VO}_2$  máx., de 6,2% en la potencia máxima, y de 5,8% en el rendimiento en las pruebas contrarreloj en un grupo de ciclistas altamente entrenados. Este sistema de entrenamiento intervalado se basó en el trabajo de Billat et al. (6) realizado con corredores, en donde los sujetos trabajaban a la velocidad más baja que les permitiera alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. ( $V_{\text{máx.}}$ ), durante una cantidad de tiempo calculada, generalmente el 60% del tiempo total que los corredores podían mantener la  $V_{\text{máx.}}$  ( $T_{\text{máx.}}$ ) (6). Laursen et al. (7) demostraron que en un grupo de ciclistas altamente entrenados, la cantidad de tiempo apropiada necesaria para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. fue del 74% de la  $T_{\text{máx.}}$ , así los intervalos realizados en a  $P_{\text{máx.}}$  durante el 74% de  $T_{\text{máx.}}$  deberían ser suficientes para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. y lograr los efectos de entrenamiento deseado en los ciclistas.

Sin embargo Bishop et al. (8) demostraron que en un grupo de mujeres desentrenadas evaluadas en ciclismo, que las diferencias en los protocolos de los tests incrementales de ejercicio resultaron en potencias aeróbicas pico significativamente diferentes. Estos resultados fueron confirmados luego con un grupo de 15 ciclistas que realizaron múltiples tests incrementales de ejercicio siguiendo dos protocolos, uno con etapas de 1 min de duración y otro con etapas de 3 minutos de duración. La producción de potencia máxima fue significativamente más baja en el test con etapas de tres minutos de duración (9). Laursen et al. (5) emplearon un test de ejercicio incremental donde se aplicaban aumentos de potencia de 15 Watt/30seg para determinar la  $P_{\text{máx.}}$  durante el estudio. Si con diferentes protocolos de tests incrementales de ejercicio se obtienen diferencias en la potencia aeróbica máxima, puede inferirse que diferentes protocolos de tests de ejercicio incremental también producirán diferencias en la  $P_{\text{máx.}}$ . Mientras que Laursen et al. (7) demostraron que el 74% de  $T_{\text{máx.}}$  era la cantidad de tiempo apropiada para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. trabajando a la  $P_{\text{máx.}}$  con un protocolo de etapas de 30 segundos de duración, éste podría no ser el caso con una  $P_{\text{máx.}}$  de un protocolo alternativo, si de hecho la  $P_{\text{máx.}}$  no es consistente.

Por lo tanto, este estudio fue realizado para determinar en primer lugar si diferentes protocolos de tests incrementales de ejercicio producen diferencias en la potencia aeróbica máxima y en la  $P_{\text{máx.}}$  en ciclistas entrenados. Segundo, si de hecho la  $P_{\text{máx.}}$  es diferente, es posible que el 60% de  $T_{\text{máx.}}$  no sea la cantidad de tiempo adecuada necesaria para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. durante una sesión con un solo intervalo. Finalmente, si diferentes protocolos de tests incrementales de ejercicio producen diferencias en la  $P_{\text{máx.}}$ , y finalmente diferencias en el tiempo necesario para alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx., entonces sería posible alcanzar el  $\text{VO}_2$  máx. realizando menos trabajo siguiendo un protocolo con respecto otro protocolo.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Todos los sujetos que participaron en este estudio eran ciclistas entrenados de sexo masculino (edad:  $26 \pm 7$  años, talla:  $179,1 \pm 8,2$  cm, peso:  $74,4 \pm 5,0$  kg,  $\text{VO}_2$  máx.:  $63,3 \pm 6,5$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Todos los sujetos habían participado de manera activa en carreras organizadas durante por lo menos un año. Los sujetos fueron informados tanto en forma escrita como verbal acerca de todos los procedimientos necesarios para completar 2 tests de ejercicio incremental y 2 pruebas de resistencia. También se proporcionó a los participantes la documentación escrita con los riesgos potenciales relacionados a la participación en este estudio. Antes de comenzar esta investigación, el comité de protección de sujetos humanos aprobó los métodos empleados en la misma.

### Equipamiento

Durante cada sesión de test incremental de ejercicio así como en cada prueba de resistencia, se registró el consumo de oxígeno mediante un sistema de colección de aire gaseoso abierto (*Parvo Metabolic Cart UT, EE.UU.*). A los sujetos se les colocó una máscara respiratoria de una vía (*Hans Rudolph*), unida a una tubería de diámetro interior grande. Los gases exhalados fueron conducidos a través de un neumotacómetro calentado, y de un analizador de gases para determinar las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{O}_2$ . Antes de realizar las determinaciones, el neumotacómetro fue calibrado para la velocidad de flujo por medio de una jeringa de calibración (*Hans Rudolph*) de 3 L en un intervalo de velocidades de flujo. Los analizadores de gases fueron calibrados usando un gas médico de concentración conocida (16%  $\text{O}_2$  y 4%  $\text{CO}_2$ ).

Todos los tests fueron realizados en una bicicleta ergométrica frenada eléctricamente (*Lode Excalibur, Holanda*). Para los dos tests incrementales de ejercicio, así como para ambas pruebas de resistencia, la producción de potencia fue independiente de la cadencia de los sujetos. La calibración de la bicicleta ergométrica se realizó de manera automática en el ergómetro por medio del *software* interno de la compañía para cumplir con las normas de fabricación. Antes de realizar los tests, se le hicieron ajustes a la bicicleta ergométrica, de modo que se asemejara a la bicicleta propia de cada participante.

## Procedimientos

### Test de Ejercicio Incremental

Antes de la realización de cada uno de los tests incrementales de ejercicio, los sujetos fueron instruidos para realizar un precalentamiento estándar con el fin de eliminar cualquier diferencia en los datos del test que pudieran provenir de diferencias en los tiempos de calentamiento. Cada calentamiento consistió en tres intervalos de 5 min a 100, 150, y 200 Watts. Luego del calentamiento, antes de realizar el test incremental de ejercicio, se permitió que los sujetos dispusieran de hasta 5 min para realizar estiramientos o relajación. Durante este tiempo se permitió que sujetos bebieran líquidos a discreción propia.

Todos los sujetos debieron completar dos tests incrementales de ejercicio diferentes. En el primer test se utilizó un protocolo adaptado similar al de Lucía et al. (10) en el que se comenzaba con 70 Watts, y se utilizaban etapas de un minuto y aumentos en la potencia de 35 Watts/min. El segundo test se realizó adaptando una investigación de Arts et al. (11) en la cual se comenzó con una producción de potencia de 70 Watts, y se utilizaron etapas de tres minutos, con incrementos en la potencia de 50 Watts/3min. En cada test, se determinó el  $\text{VO}_2$  máx. según lo establecido por Laursen et al. (5). Era necesario que los sujetos alcanzaran un *plateau* en el consumo de oxígeno o un aumento no superior a los  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , el 90% de la frecuencia cardíaca máxima establecida para su edad, y una tasa de intercambio respiratoria mayor a 1,10. En caso de que alguno de los sujetos fuera incapaz de alcanzar su  $\text{VO}_2$  máx. este debía realizar nuevamente el test con por lo menos un día entre los tests.

La producción de potencia aeróbica máxima ( $P_{\text{aeróbica}}$ ) se determinó como la mayor potencia registrada durante el test incremental de ejercicio según la ecuación;  $P_{\text{aeróbica}} = W_{\text{com}} + (t/t_{\text{ETAPA}} * W)$ , donde  $W_{\text{com}}$  representa la mayor producción de potencia en vatios que el sujeto pudo mantener en una etapa completa,  $t$  es la cantidad de segundos en la etapa no finalizada,  $t_{\text{ETAPA}}$  es la duración de la etapa, y  $W$  es el aumento de potencia en Watts durante la etapa no finalizada (12). La  $P_{\text{máx.}}$  fue determinada como la menor producción de potencia que producía un *plateau* en el  $\text{VO}_2$  máx. con variaciones no mayores a  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (1). La  $P_{\text{máx.}}$  se registró como la etapa completa más alta, más la fracción de tiempo necesario para producir el *plateau* en el  $\text{VO}_2$  máx. Durante cada test de ejercicio incremental los sujetos debieron permanecer sentados. No se permitió que los sujetos se detuvieran y luego continuaran pedaleando en ningún momento durante los tests. Los tests eran fácilmente distinguibles entre si y el orden de realización de los mismos fue aleatorizado arrojando una moneda para evitar que el orden en la realización afectara las producciones de potencia (13).

### Protocolo de Resistencia

Los sujetos concurren al laboratorio en dos ocasiones diferentes y se les proporcionaron 10 min para realizar un calentamiento estándar en 70% de la  $P_{\text{máx.}}$  del sujeto para el test incremental de ejercicio correspondiente. Este calentamiento fue similar al utilizado por Billat et al. (6), para asegurar que los sujetos recibieron el mismo calentamiento previo a cada prueba de resistencia. Luego de completar el calentamiento, se otorgó a los sujetos un minuto de pedaleo sin carga, antes del comienzo de cada prueba de resistencia. Durante este tiempo los sujetos fueron acondicionados para la recolección de gases.

El protocolo para cada sujeto fue similar al utilizado por Billat et al. (6). Al comienzo de cada prueba de resistencia los participantes pedalearon contra una resistencia igual a cero. Cada 5 s se incrementó la resistencia en un 16,6% de la  $P_{\text{máx.}}$  de cada sujeto. Después de 25 s de aumentos de resistencia todos los participantes habían alcanzado la resistencia equivalente a la  $P_{\text{máx.}}$  del test de ejercicio incremental correspondiente.

El momento en que los sujetos alcanzaron su  $P_{\text{máx.}}$  fue considerado como tiempo cero. A partir de ese momento, el cronómetro comenzó a contar y se registró el tiempo. El tiempo total que cada sujeto pudo mantener cada una de las diferentes  $P_{\text{máx.}}$  fue determinado como el  $T_{\text{máx.}}$  para esa  $P_{\text{máx.}}$ . Durante este tiempo no se permitió que los participantes pedalearan parados en el ergómetro, con el fin de intentar reproducir con exactitud una sesión de entrenamiento típica en la propia bicicleta. El tiempo fue detenido cuando el participante no era capaz de mantener por lo menos 40 rpm. Los gases expirados fueron recolectados durante cada prueba de resistencia, y se registró el momento de la prueba en el que se alcanzó el *plateau* más alto en el consumo de oxígeno comprendido dentro de los  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  del test de  $\text{VO}_2$  máx correspondiente. Este valor de tiempo fue registrado como un porcentaje del  $T_{\text{máx.}}$ .

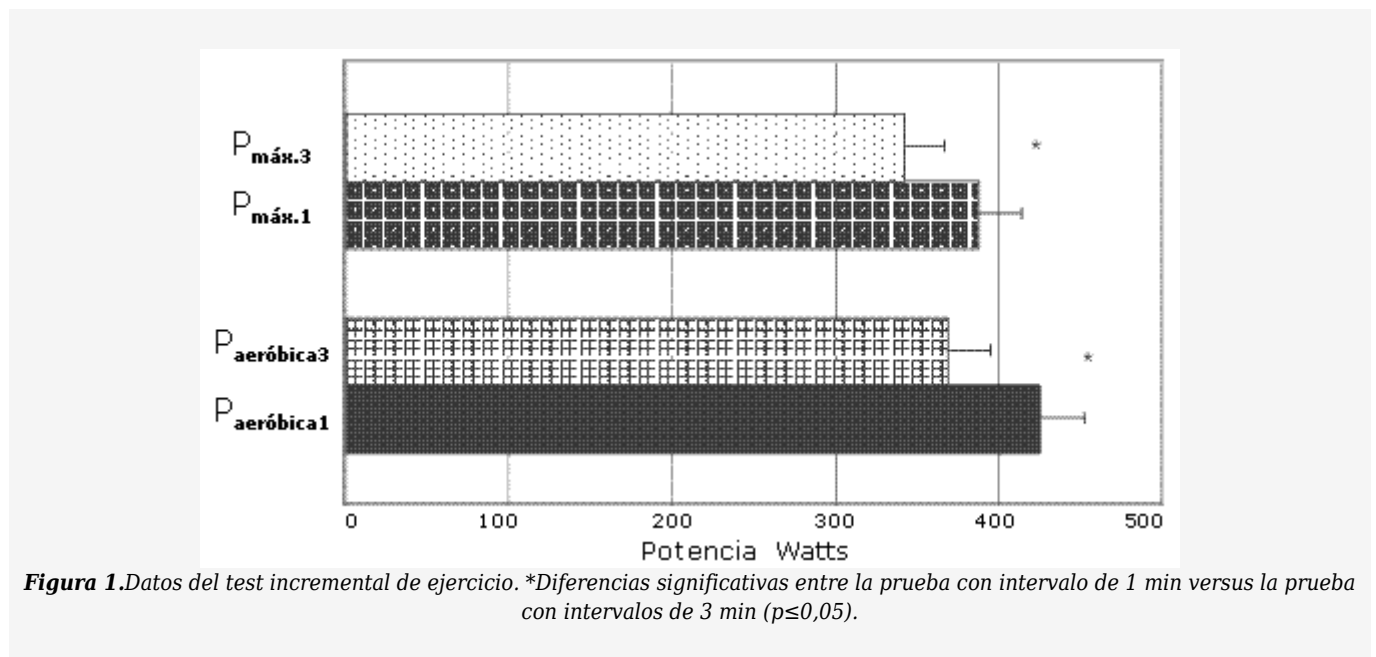
## Análisis estadísticos

Todo los datos obtenidos fueron analizados mediante el *software Statistica*. Las diferencias en la potencia aeróbica máxima y  $P_{m\acute{a}x.}$ , entre los tests de ejercicio incremental de etapas de 1 min y de 3 min de duración, fueron evaluadas mediante el estadístico ANOVA. Las diferencias en  $T_{m\acute{a}x.}$ , trabajo total, así como también en el tiempo porcentual transcurrido para alcanzar el  $VO_2$  máx. se establecieron mediante test-t de muestras apareadas. Los datos descriptivos fueron expresados como media±desviaciones estándar (SD). Los resultados fueron considerados significativos cuando  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

### Datos Correspondientes a los Tests de Ejercicio Incremental

Tanto  $P_{aer\acute{o}bica}$  como  $P_{m\acute{a}x.}$  mostraron diferencias significativas durante los dos tests de esfuerzo incremental. Mediante el protocolo del test incremental de ejercicio que tenía etapas de un minuto ( $P_{aer\acute{o}bica1}$ ), se obtuvo una potencia aeróbica máxima significativamente más alta que la que se determinó mediante el protocolo del test que tenía intervalos de 3 min ( $P_{aer\acute{o}bica3}$ ) ( $424 \pm 29$  vs.  $368 \pm 28$  W) ( $p < 0,05$ ). Además la  $P_{m\acute{a}x.}$  fue significativamente más alta durante el protocolo del test con etapas de 1 min ( $P_{m\acute{a}x.1}$ ) que durante el protocolo del test con etapas de 3 min ( $P_{m\acute{a}x.3}$ ) ( $387 \pm 27$  vs.  $342 \pm 25$  W) ( $p < 0,05$ ) (Figura 1).



### Tiempo Máximo Porcentual (% $T_{m\acute{a}x.}$ ) necesario para alcanzar el $VO_2$ máx.

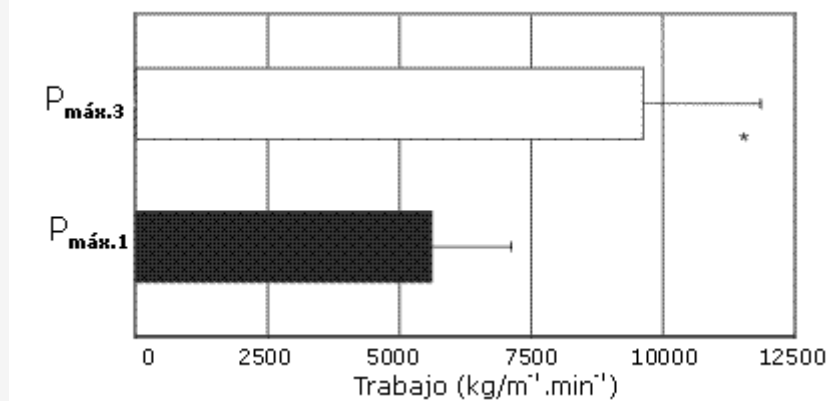
Si bien los cambios en los protocolos de los tests de ejercicio incremental causaron diferencias en los valores de  $P_{m\acute{a}x.}$ , estos cambios no provocaron diferencias significativas en el tiempo porcentual necesario para alcanzar el  $VO_2$  máx. mientras se realizaba trabajo a cada una de las diferentes  $P_{m\acute{a}x.}$  (Tabla 1).

Intensidad	$T_{m\acute{a}x.}$ (s)	Tiempo absoluto necesario para alcanzar $VO_2$ máx. (s)	% $T_{m\acute{a}x.}$
$P_{m\acute{a}x.1}$	$187,5 \pm 46,7$	$117,6 \pm 38,4$	$61,8 \pm 7,00$
$P_{m\acute{a}x.3}$	$410,6 \pm 95,7$ *	$252,8 \pm 69,3$ *	$62,1 \pm 10,5$

**Tabla 1.** Datos correspondientes a la prueba de resistencia. \* Significativamente diferente de  $P_{m\acute{a}x.1}$  a un nivel  $p \leq 0,05$ .

## Trabajo

La cantidad de trabajo realizado utilizando la potencia  $P_{m\acute{a}x.1}$  (Trabajo<sub>1</sub>) fue significativamente menor que el trabajo realizado cuando se utilizó la potencia  $P_{m\acute{a}x.3}$  (Trabajo<sub>3</sub>) ( $5614,95 \pm 1509,48$  vs.  $9625,57 \pm 2244,05$  kg/m<sup>3</sup>.min) (Figura 2).



**Figura 2.** Cantidad de trabajo realizado durante las pruebas de resistencia. \* Significativamente diferente de  $P_{m\acute{a}x.1}$  a un nivel  $p \leq 0,05$ .

## DISCUSION

La diferencia de 56 Watts encontrada entre la  $P_{aer\acute{o}bica}$  producida a partir del protocolo de test incremental de ejercicio con etapas de 1 minuto de duración y el de etapas de 3 min de duración coincide con los resultados obtenidos por Bishop et al. (8), quienes en un estudio realizado con un grupo de mujeres no entrenadas, encontraron una diferencia significativa de 56,5 Watts entre las  $P_{aer\acute{o}bica}$ , determinadas cuando trabajaron con dos protocolos diferentes de tests incrementales de ejercicio. Estos resultados, también coinciden con los resultados encontrados por Ammen et al. (9), quienes en un estudio realizado con varones entrenados, encontraron una diferencia significativa (49 Watts) entre la  $P_{aer\acute{o}bica}$  de un test incremental de ejercicio con etapas de un minuto y uno con etapas de 3 minutos. Este estudio en conjunto con los estudios de Ammen et al. (9), y Bishop et al. (8) proporciona un mayor entendimiento con respecto a las diferencias en la potencia aeróbica pico que pueden producirse como resultado de la utilización de diferentes protocolos de tests incrementales de ejercicio en un amplio rango de poblaciones.

Las diferencias en la  $P_{aer\acute{o}bica}$  deben ser tenidas en cuenta en las investigaciones relacionadas al ciclismo. A menudo los investigadores realizan comparaciones en los atletas en base a datos fisiológicos. Por ejemplo, Padilla et al. (14) evaluó a "ciclistas profesionales" y encontró valores promedio de  $VO_2$  máx. de  $5,36 \pm 0,47$  L/min y valores promedio de  $P_{aer\acute{o}bica}$  de  $431 \pm 42,6$  W, utilizando un protocolo con etapas de 4 minutos. Sin embargo, Lucía et al. (15) encontraron, también en un estudio con "ciclistas profesionales", valores promedio de  $VO_2$  máx. de  $5,2 \pm 0,2$  L/min y de  $P_{aer\acute{o}bica}$  de  $521 \pm 21,5$  W, utilizando un test de ejercicio incremental con etapas de un minuto de duración. Estos dos estudios refuerzan nuestros resultados y demuestran cómo las diferencias entre los protocolos pueden conducir a una interpretación poco precisa de los datos de los sujetos. En este caso ambos estudios fueron realizados con "ciclistas profesionales", sin embargo nuestros datos sugieren que son las diferencias entre los protocolos utilizados y no las diferencias entre los atletas las que causan los valores contradictorios en la  $P_{aer\acute{o}bica}$ .

Pueden surgir problemas adicionales si los datos de los tests incrementales de ejercicio se utilizan en estrategias de ritmo de competición. Investigaciones previas realizadas en de nuestro laboratorio sugieren que los individuos son capaces de mantener el 70% de su  $P_{aer\acute{o}bica}$  de un test incremental de ejercicio con etapas de un minuto de duración, por lo menos en un tiempo equivalente a la duración de una prueba por tiempo de 20 km (observaciones no publicadas). Sin embargo, si uno

utilizara el 70% de  $P_{aeróbica}$  de un test de ejercicio incremental con etapas de tres minutos de duración para establecer el ritmo de competición, esta potencia podría ser mucho más baja de lo que esa persona es capaz de mantener y llevaría a un rendimiento subóptimo en una prueba por tiempo de 20 km.

El segundo hallazgo de este estudio relacionado a la potencia, fue el valor de  $P_{máx.}$  significativamente mayor cuando se compara la potencia obtenida en el test de ejercicio incremental con etapas de un 1 min con la obtenida a partir del test con etapas de 3 min (Figura 1). La  $P_{máx.}$  ha sido utilizada como una intensidad de ejercicio, debido a la capacidad para alcanzar el  $VO_2$  máx. cuando se realiza ejercicio en dicha potencia (1,16). Se asume que la  $P_{máx.}$  constituye un valor de producción de potencia por encima del VT2 en el cual que el componente lento del consumo de oxígeno empuja inevitablemente al consumo de oxígeno hacia sus niveles máximos (17).

Como se observó en este estudio, a medida que se incrementaba la duración de las etapas de los tests de ejercicio incremental, disminuía la  $P_{máx.}$ . Es posible que con etapas de 4 min de duración, similares a las empleadas en el estudio de Padilla et al. (14) se produzca un falso *plateau* en el  $VO_2$  máx. y así la estimación de  $P_{máx.}$  sería menor que la real. En estos casos la finalización del test de ejercicio incremental podría producir valores de  $P_{máx.}$  por debajo de VT2. Aunque el componente lento del consumo de oxígeno tendría un efecto en el consumo de oxígeno en dichas producciones de potencia, éste no conduciría a valores máximos. Por el contrario, el ejercicio en estas producciones de potencia llevaría a *plateaus* submáximos en el consumo de oxígeno (17). Para realizar entrenamiento intervalado dependiente de la obtención del consumo máximo de oxígeno, estas producciones de potencia serían subóptimas y posiblemente podrían limitar el efecto del entrenamiento.

Los resultados de este estudio indican que la utilización del 60% del  $T_{máx.}$  cuando se está trabajando con  $P_{máx.}$  es el marco de tiempo adecuado para alcanzar el  $VO_2$  máx., independientemente de si la  $P_{máx.}$  fue obtenida de un test de ejercicio incremental con etapas de uno o de tres minutos de duración (Tabla 1). Estos datos se contradicen con los encontrados por Laursen et al. (7) en los que 43 ciclistas bien entrenados completaron series de ejercicio a la  $P_{máx.}$  realizadas con valores de  $P_{máx.}$  obtenidas a partir de test incrementales de medio minuto de duración. Ellos observaron que la mayoría de los atletas alcanzó el  $VO_2$  máx. luego del 74% de  $T_{máx.}$ . Nuestros datos sugieren que 60% de  $T_{máx.}$  es una cantidad de tiempo apropiada para alcanzar el  $VO_2$  máx. utilizando la  $P_{máx.}$  de un test de ejercicio incremental de uno o de tres minutos de duración. Sin embargo Laursen et al. (7) sugirieron que el 95% del  $VO_2$  máx. podría ser alcanzado en el 60% de  $T_{máx.}$ , situación que fue observada en trabajos preliminares con corredores en los que se evaluaba la cinética del consumo de oxígeno durante la realización de trabajo en la  $T_{máx.}$  (18).

Laursen et al. (7) sugieren que aunque sus atletas no pudieron alcanzar el  $VO_2$  máx. en el 60% del  $T_{máx.}$ , esta cantidad de tiempo aun sería aceptable para realizar las series intervaladas, donde se desea alcanzar el  $VO_2$  máx. Aunque la primera serie realizada a la  $P_{máx.}$  durante el 60% de  $T_{máx.}$  no finalice con la obtención del  $VO_2$  máx., probablemente en las series intervaladas subsiguientes se alcanzará el  $VO_2$  máx. (10, 19). Sin embargo, nuestro estudio sugiere que el 60% del  $T_{máx.}$  puede ser suficiente para que todos los intervalos sean realizados en el  $VO_2$  máx., ya que el efecto final conduciría a sesiones de entrenamiento intervalado con mayores tiempos acumulativos transcurridos en el  $VO_2$  máx., aumentando así los resultados deseados a partir de estos entrenamientos. El tamaño muestral empleado en este estudio fue relativamente pequeño, 8 sujetos, y probablemente sean necesarias investigaciones futuras más detalladas para determinar las causas que originan las diferencias en el  $T_{máx.}$  porcentual necesario para alcanzar el  $VO_2$  máx. entre nuestro estudio y el estudio de Laursen et al (7).

Finalmente, nuestro estudio fue el primero de su tipo en demostrar que los cambios en la  $P_{máx.}$  afectan la cantidad de trabajo necesaria para alcanzar el  $VO_2$  máx. durante una serie de ejercicio (Figura 2). Al trabajar a 60% de  $T_{máx.}$ , las series realizadas en  $P_{máx.1}$  requirieron 42% menos de trabajo total que aquéllas realizadas en  $P_{máx.3}$ . Esta diferencia en el trabajo total completado podría ser de gran importancia durante la rutina de entrenamiento normal de un ciclista. Dentro de un régimen de entrenamiento normal, el volumen de entrenamiento es el factor más importante que lleva a "extralimitaciones" y finalmente al "sobrentrenamiento" (20). Por lo tanto, la capacidad de realizar entrenamiento intervalado en  $P_{máx.}$  con el mayor valor  $P_{máx.1}$  podría disminuir el riesgo de "extralimitaciones" o "sobrentrenamiento" y permitiría a los ciclistas obtener el efecto deseado del entrenamiento intervalado sin realizar un gran volumen de entrenamiento.

## Conclusión

La selección de los protocolos de tests incrementales de ejercicio debe ser analizada cuando lo que se desea obtener son datos relacionados a la potencia. Aunque las diferencias en la duración de las etapas (uno o tres minutos) en los tests incrementales de ejercicio no provocaron cambios en el  $VO_2$  máx., tanto la  $P_{aeróbica}$  como la  $P_{máx.}$  fueron notablemente menores cuando se utilizó el test con etapas de mayor duración. Esta diferencia no sólo podría afectar la caracterización de los ciclistas, si no que también podría tener impactos negativos en el entrenamiento y el rendimiento.

Si bien fue hallado que la  $P_{m\acute{a}x}$  puede ser afectada por el tipo de protocolo seleccionado, parecería que las series realizadas con la intención de alcanzar el  $VO_2$   $m\acute{a}x$ . pueden ser realizadas utilizando la  $P_{m\acute{a}x}$ , del test incremental de ejercicio más largo. Mientras más bajo sean los valores de  $P_{m\acute{a}x}$ . mayor será el tiempo total en que el ciclista pueda mantener esta potencia. Parecería que una tasa fija de 60%, sigue siendo una cantidad de tiempo apropiada para lograr alcanzar el  $VO_2$   $m\acute{a}x$ . a lo largo de esta clase de series intervaladas, sin tener en cuenta la  $P_{m\acute{a}x}$  que se utilizó.

Finalmente, cualquier ciclista tiene el temor real de caer en "extralimitaciones" o "sobreenentrenamiento". Desgraciadamente los ciclistas necesitan, realizar grandes volúmenes de entrenamiento durante gran parte del año para ser competitivos durante una temporada. Sin embargo, es el volumen lo que puede conducir a "extralimitaciones" o "sobreenentrenamiento". Por lo tanto es importante la necesidad de completar los entrenamientos intervalados de alta intensidad con un volumen tan pequeño como sea posible. Este estudio sugiere que los intervalos realizados con los valores de  $P_{m\acute{a}x}$ . del test de ejercicio incremental con etapas de 1 min le darán al ciclista la oportunidad de recibir los beneficios de este tipo de entrenamiento sin el volumen que estaría asociado con valores más bajos de  $P_{m\acute{a}x}$ . de un test incremental de ejercicio más largo.

## REFERENCIAS

1. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1801-1807
2. Stepto NK, Hawley JA, Dennis SC, Hopkins WG (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:736-741.
3. Smith TP, McNaughton LR, Marshall KJ (1999). Effects of 4-wk training using  $V_{max}/T_{max}$  on  $VO_{2max}$  and performance in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:892-896
4. Westgarth-Taylor C, Hawley JA, Rickard S, Myburgh KH, Noakes TD, Dennis SC (1997). Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75:298-304
5. Laursen PB, Jenkins DG (2002). The scientific basis for high-intensity interval training optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 32(1):53-73
6. Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, al. et (1996). A comparison of time to exhaustion at  $VO_{2max}$  in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers, and runners. *Ergonomics* 39(2):267-277
7. Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG (2004). Temporal aspects of the  $VO_{2peak}$  response at the power output associated with  $VO_{2peak}$  in well trained cyclists--implications for interval training prescription. *Res. Q. Exerc. Sport* 75(4):423-428
8. Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT (1998). The effect of stage duration on the calculation of peak  $VO_2$  during cycle ergometry. *J. Sci. Med. Sport* 1:171-178
9. Amman M, Subidhi A, Foster C (2004). Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(4):613-622
10. Lucia A, Joyos H, Chicharro JL (2000). Physiological responses to professional road cycling: Climbers vs. Time Trialists. *Int. J. Sports Med.* 21:505-512
11. Arts FJP, Kuipers H, Jeunkendrup AE, Saris WHM (1993). A short cycle ergometer test to predict maximal workload and maximal oxygen uptake. *Int. J. Sports Med.* 14:460-464
12. Kuipers H, Verstappen FTJ, Keizer H, Geurten P, Van Kranenburg G (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int. J. Sports Med.* 6:197-201
13. Isaac S, Micheal WB. Handbook (1997). In Research And Evaluation. 3 ed. San Diego: EdiTS/ Educational and Industrial Testing Services
14. Padilla S, Mujika I, Cuesta G, Goiriena JJ (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(6):878-885
15. Lucia A, Joyos H, Chicharro JL (2000). Physiological responses to professional road cycling: Climbers vs. Time Trialists. *Int. J. Sports Med.* 21:505-512
16. Billat V, Flechet B, Petit B (1999). Interval training at  $VO_{2max}$  effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:156-163
17. Gaesser GA, Poole DC (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 24:35-70
18. Hill DW, Rowell AL (1997). Responses to exercise at the velocity associated with  $VO_{2max}$ . *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:113-116
19. Billat V, Bocquet V, Slawinski L, Laffite A, Demarle P, Chassaing J, Koralszten JP (2000). Effect of prior intermittent run at  $vVO_{2max}$  on oxygen kinetics during an all-out severe run in humans. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 40:185-194
20. Lehmann M, Foster C, Keul J (1993). Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25(7):854-862

### Cita Original

Peiffer J.J., Quintana R., Parker D.L. The Influence of Graded Exercise Test Selection on  $P_{max}$  and a Subsequent Single Interval Bout. *JEPonline*; 8 (6): 10-17, 2005.