PubliCE, (PubliCE) 2007

Monograph

# Suplementación con Creatina: Impacto sobre el Rendimiento de Esprint en el Ciclismo

Robert W Kenefick[2], Timothy J Quinn[3] y Daniel G Levesque[1]

[1]*Bond Wellness Center at Monadnock Community Hospital, 458 Old Street Road, Peterborough, NH, 03458, Estados Unidos.*
[2]*United States Army Research Institute of Environmental Medicine, Kansas Street, Building 42, Natick, MA 01760, Estados Unidos.*
[3]*Robert Kertzer Exercise Physiology Laboratory, Department of Kinesiology, University of New Hampshire, Durham, NH 03824, Estados Unidos.*

## RESUMEN

Actualmente, los estudios que implican a la suplementación con creatina (CrS) y al rendimiento en esprints repetidos han incluido ya sea descanso completo o recuperación pasiva entre los esfuerzos de esprint. En el ciclismo de competición, los criteriums son eventos populares, los cuales requieren esprints intermitentes seguidos por “una recuperación pedaleando” normalmente a una intensidad correspondiente al umbral del lactato (LT). El propósito de esta investigación fue determinar si la CrS mejora el rendimiento en esprints repetidos de ciclismo con una actividad cercana al LT entre los esprints. Nueve ciclistas realizaron tres pruebas de esprint de 25,2 km ($ST_1$, $ST_2$, $ST_3$) que consistían de cinco esprints de 200 m cada cinco kilómetros. La intensidad entre esprints fue mantenida a una producción de potencia cercana al LT (±20). La primera ST sirvió como control, donde no se proporcionó ningún suplemento. En un modo doble ciego, los sujetos fueron luego asignados aleatoriamente para recibir, ya sea creatina (20 $g.d^{-1}$ durante 6 días) o un placebo precediendo a $ST_2$ y el suplemento opuesto antes de $ST_3$ después de un período de lavado de 5 semanas. El test ANOVA para mediciones repetidas mostró que el tiempo, y la potencia pico y media para los esprints de 200 m no mejoró significativamente después de la CrS. Estos resultados sugieren que la CrS no es efectiva para incrementar el rendimiento en esprints repetidos cuando se realiza actividad intensa entre los esprints y de este modo no debería ser recomendada para tales competiciones.

**Palabras Clave:** monohidrato de creatina, ayuda ergogénica, esprints repetidos

## INTRODUCCION

Debido a hallazgos favorables de la literatura, la industria de suplementos deportivos ha comercializado el suplemento nutricional monohidrato de creatina (Cr) a multitudes de atletas, incluyendo a los ciclistas. En deportes como el ciclismo de nivel competitivo, los atletas estresan el sistema energético de la fosfocreatina (PCr) cuando participan en evento populares llamados criteriums, los cuales se caracterizan por implicar esprints repetidos (también conocidos como metas volantes o esprinter). Los criteriums, los cuales son muy populares en Estados Unidos, frecuentemente se llevan a cabo en circuitos cerrados de un kilómetro (km), con distancias entre 30-80 km. Las metas volantes ocurren ya sea aleatoriamente

o en vueltas establecidas a través de toda la carrera e incluyen premios en efectivo o elementos e indumentaria. El objetivo de los ciclistas durante el criterium es ganar metas volantes, así como el esprint final de la carrera. Las distancia en la cual los ciclistas esprintan durante las metas volantes depende del recorrido de la carrera, pero de manera característica es menor a 400 metros (m).

A través de toda la competición y entre las metas volantes, tal como en otras formas de competiciones de ruta, los ciclistas continúan pedaleando cerca o por encima de su umbral del lactato (LT) (1, 2). Con el objetivo de competir en esprints sucesivos, el ciclista debe ser capaz de recuperarse a una intensidad cercana al LT después de cada esprint. La capacidad para recuperarse rápidamente entre esprints al ritmo de competición constituiría una ventaja obvia. Ha sido sugerido que a través de la suplementación con creatina (CrS) puede ser logrado un menor tiempo de recuperación, por medio de la mejora de la resíntesis de PCr y/o mantenimiento de las concentraciones de adenosín trifosfato (ATP) (3-10).

Un análisis de la literatura conducido por Kreider (11) demostró que la CrS a corto plazo (15-25 $g.d^{-1}$ durante 5-7 días) puede incrementar la creatina total (TCr) en un 15-30% y la fosfocreatina (PCr) en un 10-40% y mejora la potencia/fuerza máxima en un 5-15%, el trabajo realizado durante series de contracciones musculares de esfuerzo máximo en un 5-15%, el rendimiento en un único esfuerzo de esprint en un 1-5%, y el trabajo realizado durante la realización de esprints repetidos en un 5-15%. Ha sido sugerido que el incremento de la disponibilidad de Cr y PCr mantiene los niveles de ATP durante el ejercicio de alta intensidad y facilita la recuperación luego de series repetidas de ejercicio de alta intensidad.

Actualmente, solo ha habido siete estudios que han reportado los efectos de la CrS sobre el rendimiento prolongado de ciclismo > 20 minutos de diferentes intensidades. Cuatro de esos estudios demostraron la mejora del rendimiento de ya sea ejercicio continuo y prolongado (prueba contrarreloj de 1 hora) o series de esprints repetidos luego de un ejercicio prolongado (12-15). Los otros tres estudios no reportaron cambios, o reportaron una disminución en el rendimiento luego de: una prueba contrarreloj de 25 km espaciada por esprints de 15 s (16); una prueba contrarreloj de una hora en una bicicleta ergométrica (9); o una prueba contrarreloj de una hora seguida de cinco esprints de 10 s espaciados por intervalos de descanso de 2 min (17).

Sin embargo, los resultados de estos estudios son difíciles de aplicar, ya que los sujetos, protocolos y/o mediciones utilizadas fallaron en replicar las verdaderas competiciones con esprints: por ejemplo, fueron reclutados sujetos que no eran atletas o que no estaban entrenados con esprints; la duración de los esprints fue muy prolongada o muy corta; la potencia no fue medida o no fue reportada. Más importante, en los siete estudios fue inducida ya sea una recuperación completa o pasiva entre los esfuerzos de esprint. De este modo, la pregunta que sigue respecto de los ciclistas que compiten en ruta parece pertinente: ¿Puede la CrS mejorar el rendimiento cuando es incluida actividad intensa entre los esprints?. Específicamente, ¿se benefician los ciclistas a partir de la CrS cuando se debe realizar actividad intensa entre los esprints repetidos?. La respuesta a esta pregunta puede ayudar a los ciclistas a obtener un mayor nivel de rendimiento mientras compiten en eventos que implican esprints repetidos tales como los criteriums o las carreras por puntos.

## METODOS

### Enfoque Experimental al Problema

Este estudio fue diseñado para determinar si la CrS mejoraría el rendimiento en esprints repetidos en ciclismo cuando se realiza una actividad cercana al LT entre los esprints. Con el objetivo de cumplir las metas planteadas, fue empleado un diseño de mediciones repetidas, en doble ciego. Nueve sujetos visitaron primero el laboratorio para recolectar información, incluyendo los vatios producidos en el LT. En las tres visitas subsiguientes, los sujetos realizaron una prueba de esprint de 25,2 km ($ST_1$, $ST_2$, $ST_3$) que consistió de cinco esprints de 200 m cada cinco kilómetros con una producción de potencia cercana al LT entre cada esprint (Figura 1). El diseño de la ST tuvo como objetivo imitar las condiciones de competición del ciclismo (i.e., criteriums, carreras por puntos). Los sujetos fueron asignados aleatoriamente para recibir ya sea un suplemento de creatina o placebo precediendo a $ST_2$ y el suplemento opuesto antes de $ST_3$, mientras que $ST_1$ sirvió como condición de control. Las valoraciones de rendimiento de tiempo, potencia pico, y potencia media para los esprints de 200 m fueron medidas y comparadas usando análisis de varianza para mediciones repetidas, de dos vías (condición x tiempo) (ANOVA).

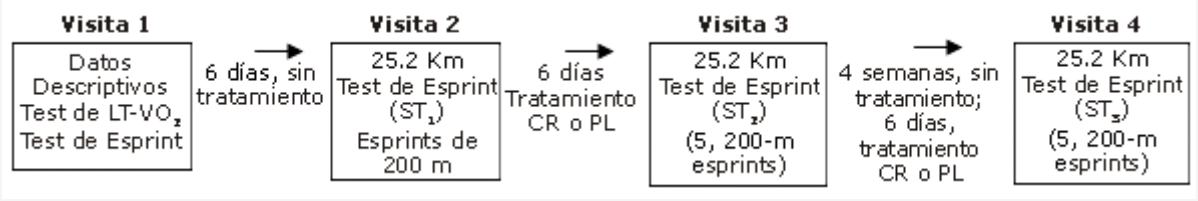


***Figura 1.*** *Transcurso de tiempo para el experimento.*

**Sujetos**

Nueve ciclistas de ruta varones de la Federación de Ciclismo de Estados Unidos de las categorías 1-2 (nivel competitivo regional), que no eran vegetarianos, se ofrecieron como voluntarios para este estudio. Antes de las evaluaciones, todos los sujetos fueron informados acerca de los riesgos de la participación y completaron un consentimiento informado que fue previamente aprobado por el Comité de Revisión Institucional en la Universidad de New Hampshire, un cuestionario de historia clínica, y un formulario de historia de competición/entrenamiento. La media (±desvío estándar) de edad, masa corporal, composición corporal, consumo de oxígeno pico, y LT fue de 26,2±4,1 años, 79,4±4,6 kg, 7,7±1,8 %, 5,0±0,4 $L.min^{-1}$, 83,0±0,03 % del $VO_2$ máx., respectivamente. Todos los sujetos estaban participando en competiciones y entrenaban en promedio 318±78 $km.semana^{-1}$. Los sujetos fueron informados acerca de los procedimientos experimentales que iban a ser llevados a cabo y se les pidió que mantuvieran la misma dieta y volumen de entrenamiento a través de todo el estudio.

**Procedimientos**

***Test de Umbral del Lactato y Máximo Consumo de Oxígeno (LT-$VO_2$ máx.)***

Cada sujeto se reportó al laboratorio en cuatro ocasiones separadas. En la primera ocasión, se midieron la composición corporal, el LT y el $VO_2$ máx. La talla fue medida usando un estadiómetro (Detecto, Webb City, MO), mientras que el peso fue determinada usando una balanza electrónica (General GE510, Cape Coral, FL), estando el ciclista vestido solo con la calza de competición. La densidad corporal fue estimada usando mediciones de pliegues cutáneos descritas por Jackson y Pollock (18), los pliegues cutáneos fueron medidos por el mismo técnico experimentado usando calibres Harpenden (British Indicators Ltd, Burgess Hill, West Sussex, Gran Bretaña). Para estimar la densidad corporal fueron seguidos procedimientos descritos por Lohman et al. (19), el porcentaje de grasa fue calculado usando la ecuación de Siri (20).

Los sujetos usaron sus propias bicicletas de competición para todos los tests. Un dispositivo de resistencia controlado por computadora (CompuTrainer™ Professional Model CAT 8001RacerMate, Seattle, MA) aplicó resistencias mensurables y modificables a la rueda trasera. La exactitud del marco de resistencia ha sido confirmada por Cane et al. (21). Antes de cada test, el dispositivo CompuTrainer™ fue calibrado de acuerdo a las especificaciones suministradas por el fabricante.

Fue usado un protocolo de ciclismo estándar para administrar el test LT-$VO_2$ máx. (22). La concentración de lactato sanguíneo en la condición inicial o línea de base (BLa) fue obtenida a través de la punción del dedo y fue medida en duplicado usando un analizador de lactato sanguíneo portátil (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH). El analizador de lactato fue calibrado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante antes de cada test.

El test de LT-$VO_2$ máx. comenzó con cada sujeto pedaleando a 150 vatios (W) durante 4 min. La carga de trabajo fue entonces incrementada en 20 W cada 4 min hasta que el LT fueran alcanzado de acuerdo al método de Delta 1, definido como un incremento en el BLa = 1 $mmol.L^{-1}$ desde la línea de base, seguido por un incremento subsiguiente = 1 $mmol.L^{-1}$ (23). Los índices de esfuerzo percibido (RPE), usando las escalas de Borg de 1-10 y 6-20, fueron determinados al final de cada etapa de 4 min. Fueron obtenidas muestras de sangre en duplicado entre los minutos 3 y 4 de cada etapa y fueron inmediatamente analizadas. La frecuencia cardiaca (HR) fue monitoreada cada minuto con un monitor de la HR (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). El volumen de aire espirado ($V_E$), consumo de oxígeno ($VO_2$), e índice de intercambio respiratorio (RER) fue cuantificado cada 20 s por medio de una válvula de respiración de dos vías (Hans Rudolph, Inc., Kansas City, MO) unida al dispositivo metabólico de medición (Sensormedics, Inc., Yorba Linda, CA). El dispositivo metabólico fue calibrado de acuerdo a las especificaciones del fabricante, antes de cada test. La finalización de la fase del LT del test fue seguida de acuerdo a los procedimientos de Coyle et al. (24) y Wilber et al. (22). Una vez que el LT había sido identificado, a los sujetos se les dio un período de recuperación de 8 min, durante el cual la carga de trabajo fue reducida a 50 W.

La producción de potencia inicial del test de $VO_2$ máx. fue establecida en 20 W debajo de la carga de trabajo a la cual fue alcanzado el criterio del LT. La carga de trabajo fue incrementada en 20 $W.min^{-1}$ hasta la fatiga volitiva. La frecuencia cardiaca y el RPE, nuevamente utilizando ambas escalas, fueron medidos cada minuto, mientras que el $V_E$, $VO_2$, y RER fueron medidos cada 20 s. El test fue considerado máximo si el RER era > 1,15 y los valores de BLa eran > 8 $mmol.L^{-1}$ (25).

Una vez que había sido completado el test de $VO_2$ máx., a los sujetos nuevamente se les dio un período de recuperación de 8 min, durante el cual la carga de trabajo fue reducida hasta 50 W. A los sujetos se los introdujo entonces en el protocolo de esprint en el cual realizaron 10,2 km del protocolo de 25,2 km, el cual incluyó dos esprints de 200 m.

**Protocolo de la Prueba de Esprint**

Se requirió que los sujetos completaran una prueba de esprint (ST) en tres ocasiones separadas. Cada test experimental comenzó con un período de entrada en calor de 10 min en una bicicleta seguido por la calibración del ergómetro y fue conducido en el mismo momento del día, en el mismo día de la semana para cada sujeto. El protocolo ST consistió de 25,2 km, los cuales incluyeron un esprint de 200 m cada 5 km. Entre los esprints, se les pidió a los sujetos que mantuvieran su intensidad 20 W por encima de su producción de potencia en el LT predeterminada, en un intento de simular las condiciones de competición. La finalización del quinto esprint de 200 m en el km 25,2 concluía la ST (Figura 2). La potencia fue registrada cada minuto y el $VO_2$, HR y RPE fueron medidos usando la misma técnica que en el test de LT-$VO_2$ máx. en los km 4, 7,5, 12,5, 17,5, y 22,5. La sangre fue recolectada en los mismos puntos de tiempo, así como dentro de los 3 min luego de completar el protocolo de esprint y fue analizada para valorar la concentración de lactato. Los mismos procedimientos estandarizados estériles fueron usados para obtener y analizar el BLa tal como en el test de LT-$VO_2$ máx. Para cada esprint de 200 m fueron registrados la potencia media (MP), pico (PP) y tiempo.

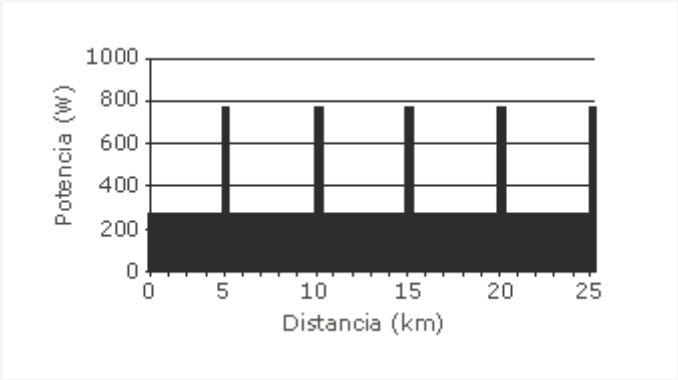


***Figura 2.*** *Prueba de esprint de 25,2 km (ST) que consistía de cinco esprints de 200 m cada cinco kilómetros. La intensidad entre los esprints fue mantenida cerca de la producción de potencia del LT predeterminada (±20 W).*

En el primer ST ($ST_1$), los sujetos completaron la prueba sin suplementación, lo cual constituyó la sesión de control (CON). Antes de $ST_1$, los sujetos fueron asignados aleatoriamente en un modo doble ciego, para recibir ya sea el suplemento de creatina (CR) o el placebo (PL) para su segunda ST ($ST_2$). Al final de $ST_1$, a los sujetos se les proporcionó el suplemento asignado previamente, así como las instrucciones para la semana siguiente.

Luego de una semana, los sujetos regresaron al laboratorio para realizar la $ST_2$, donde fueron usados procedimientos idénticos al $ST_1$. Al final del $ST_2$, los sujetos recibieron el suplemento opuesto al anteriormente suministrado, ya sea CR o PL, dependiendo de a que suplemento habían estado previamente asignados, así como las instrucciones para el siguiente período de lavado de cinco semanas, requerido para que la TCr muscular regresara a la línea de base (5), si la CR había sido el primer suplemento recibido. Los sujetos comenzaron con el segundo suplemento una semana antes de la tercer y última ST ($ST_3$) usando el mismo procedimiento de ingestión que antes. Nuevamente, en $ST_3$ fueron usados procedimientos idénticos que en $ST_1$ y $ST_2$.

Los suplementos CR y PL fueron idénticos en peso, sabor, color y dulzura. Cada dosis de CR consistió de 5 gramos (g) de monohidrato de creatina, 34,5 g de polvo de dextrosa/fructosa saborizado (smartFUEL Energy Foods, Burlington, VT) y 0,5 g de un edulcorante artificial. El PL consistió de 40 g de un polvo de dextrosa/fructosa saborizado (smartFUEL Energy Foods, Burlington, VT). Los sujetos fueron instruidos para disolver completamente e ingerir cada dosis de 40 g en 355 mL de agua a temperatura ambiente, cuatro veces al día (CR total 20 $g.d^{-1}$) temprano en la mañana, al mediodía, a finales de la

tarde, y a la noche durante seis días. Se le pidió a los sujetos que evitaran la cafeína durante los períodos de suplementación, debido a que la misma contrarresta la acción ergogénica de la carga de creatina muscular (10).

En un esfuerzo para controlar las variables de la dieta y el entrenamiento, se les pidió a los sujetos que replicaran y registraran su dieta durante tres días antes de cada ST. Los registros de la dieta fueron analizados usando un *software* computacional (First DataBank, Inc., San Bruno, CA). A los sujetos también se les pidió que mantuvieran y registraran su volumen de entrenamiento durante el transcurso del estudio. Fueron instruidos para tomar cada ST como una competición y para abstenerse de realizar cargas de trabajo intensas dos días antes de cada visita al laboratorio.

**Análisis Estadísticos**

Fueron realizadas comparaciones estadísticas de los cinco tiempos de esprint de 200 m, PP, y MP en relación a cada esprint individual para las pruebas de suplementación CON, PL y CR, usando ANOVA para mediciones repetidas, de dos vías, 3 x 5 (condición x tiempo). Fue usado un segundo ANOVA para mediciones repetidas para valorar diferencias en el $VO_2$ absoluto, HR, RPE y BLa en relación a las pruebas de suplementación CON, PL, CR en los puntos de tiempo previamente especificados. Además, fueron realizados coeficientes de correlación intraclase sobre las variables independientes. La significancia estadística fue establecida en un nivel p=0,05.

# RESULTADOS

**Dieta, Entrenamiento y Percepción del Tratamiento**

Los nueve sujetos siguieron el protocolo de suplementación y completaron exitosamente cada ST. Los datos de registro de la dieta y volumen de entrenamiento son presentados en la Tabla 1. No fueron observadas diferencias en la dieta en kilocalorías.día$^{-1}$, porcentaje de carbohidratos, proteínas o grasas consumidos durante los tres días previos a cada ST. Tampoco hubo diferencias respecto del volumen de entrenamiento semanal a través de todo el estudio.

| | $ST_1$ | $ST_2$ | $ST_3$ |
|---|---|---|---|
| **Kilocalorías consumidas (kcal.día$^{-1}$)** | 3327,00±521,08 | 3118,11±613,15 | 3064,56±597,55 |
| **Carbohidratos consumidos (%)** | 62,00±9,26 | 60,67±6,69 | 65,44±6,13 |
| **Proteínas consumidas (%)** | 13,67±2,29 | 16,00±5,92 | 12,89±1,90 |
| **Grasas consumidas (%)** | 23,00±6,42 | 22,22±3,63 | 20,22±3,87 |
| **Duración del ejercicio (hr.semana$^{-1}$)** | 11,26±3,45 | 11,07±2,63 | 10,62±2,63 |

***Tabla 1.*** *Variables de dieta y entrenamiento antes de cada prueba de esprint de 25,2 km (ST). Los datos son presentados como valores medios±DS.*

Luego de completar el estudio, a los sujetos se les presentó un cuestionario en donde se les preguntó si experimentaron algún efecto secundario, ya sea durante los períodos de suplementación CR o PL, así como si tuvieron alguna idea acerca de la secuencia de tratamiento recibida. Dos sujetos experimentaron calambres musculares durante los tratamientos CR y PL, pero no fueron capaces de identificar la secuencia de tratamiento. Tres sujetos diferentes experimentaron molestias gastrointestinales poco severas durante la suplementación con CR e identificaron correctamente su secuencia de tratamiento debido a estos síntomas. El resto de los sujetos no experimentó ningún signo o síntoma adverso durante ambos períodos de carga y no estuvieron seguros acerca de su secuencia de tratamiento.

**Rendimiento de Esprint Intermitente**

Las mediciones (tiempo, potencia, RER, $VO_2$, VE, HR, RPE y BLa) obtenidas en los km 4, 7,5, 12,5, 17,5 y 22,5 para determinar el esfuerzo entre los esprints a lo largo de cada ST, no fueron significativamente diferentes entre condiciones (Tabla 2). Aunque la producción de potencia no fue significativamente diferente, debería ser mencionado que los sujetos no fueron capaces de mantener una producción de potencia arriba de 20 W de su producción de potencia en el LT durante todo el ST en todas las condiciones. Hubo una disminución consistente en la potencia (±desvío estándar) en cada esprint sucesivo, en donde la menor (5±10 W) y mayor (-35±20 W) variación ocurrió en el km 4 y 22,5, respectivamente. Globalmente, la diferencia promedio en la potencia fue de -18±14 W. De manera contraria, el $VO_2$ fue bien mantenido

entre los esprints, tal como fue evidenciado por la pequeña variación en el mismo (± desvío estándar) (0,24±0,26 L) para todas las condiciones. El porcentaje del $VO_2$ máx. (± desvío estándar) fue 83,2±4,0, 81,2±7,6 y 82,1±4,9 % para los tratamientos CON, PL y CR, respectivamente, indicando un esfuerzo altamente intenso entre los esprints.

**Rendimiento en los Esprints de 200 m**

El tiempo medio (± desvío estándar) requerido para completar los cinto esprints de 200 m para cada condición no fue significativamente diferente. El esprint 1, a través de todas las pruebas, fue completado en la menor cantidad de tiempo, en donde el mismo implicó 17,05±0,92, 17,20±0,64 y 16,92±1,03 s para los tratamientos CON, PL y CR, respectivamente. Luego, fue observado un incremento progresivo esperado en el tiempo observado en todas las condiciones con cada esprint adicional. En el esprint 5, el tiempo para completar el esprint de 200 m se incrementó a 18,34±0,97, 18,18±1,45 y 18,18±1,45 s para los tratamientos CON, PL y CR, respectivamente (Tabla 3).

La producción de potencia, la cual fue recolectada a una tasa de tres veces durante un segundo en todas las pruebas, alcanzó un pico a ~ 6 s y disminuyó ligeramente después durante cada esprint en todas las condiciones. De manera similar al tiempo de esprint, la PP alcanzó su valor más alto en el primer esprint en todas las condiciones. La potencia pico (± desvío estándar) fue 843±103, 924±92 y 885±112 W para el Esprint 1 (Tabla 3) para las pruebas CON, PL y CR, respectivamente. Sin embargo, no fueron observadas diferencias significativas luego de ninguna de las pruebas de suplementación.

| | 0-5 km | 5,2-10 km | 10,2-15 km | 15,2-20 km | 20,2-25 km | Post |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tiempo (minutos)** | | | | | | |
| CON | 8,73±0,33 | 8,21±0,34 | 8,39±0,50 | 8,61±0,62 | 8,67±0,69 | |
| PL | 8,84±0,72 | 8,36±0,73 | 8,59±0,93 | 8,76±0,98 | 8,97±1,35 | |
| CR | 8,80±0.53 | 8,41±0,69 | 8,64±0,82 | 8,87±1,04 | 8,95±1,10 | |
| **Potencia (vatios)** | | | | | | |
| CON | 302±23 | 290±26 | 279±29 | 235±93 | 266±36 | |
| PL | 293±31 | 277±30 | 264±31 | 254±36 | 253±46 | |
| CR | 290±35 | 273±44 | 261±40 | 251±44 | 253±48 | |
| **RER** | | | | | | |
| CON | 0,969±0,030 | 0,957±0,023 | 0,960±0,008 | 0,949±0,029 | 0,947±0,021 | |
| PL | 0,999±0,035 | 1,002±0,028 | 0,972±0,023 | 0,959±0,018 | 0,953±0,022 | |
| CR | 0,984±0,049 | 0,999±0,045 | 0,979±0,049 | 0,944±0,027 | 0,943±0,035 | |
| **$VO_2$ (L.min$^{-1}$)** | | | | | | |
| CON | 4,24±0,20 | 4,33±0,28 | 4,20±0,40 | 4,14±0,41 | 4,03±0,47 | |
| PL | 4,18±0,38 | 4,16±0,53 | 4,17±0,54 | 3,98±0,64 | 4,00±0,62 | |
| CR | 4,19±0,33 | 4,30±0,40 | 4,14±0,42 | 4,04±0,36 | 4,03±0,47 | |
| **$V_E$ (L.min$^{-1}$)** | | | | | | |
| CON | 106±12 | 116±12 | 130±14 | 129±14 | 126±10 | |
| PL | 107±13 | 121±13 | 122±13 | 119±16 | 125±18 | |
| CR | 105±12 | 123±11 | 126±15 | 121±11 | 119±17 | |
| **Frecuencia cardiaca (lat.min$^{-1}$)** | | | | | | |
| CON | 163±8 | 167±8 | 169±8 | 172±6 | 169±8 | |
| PL | 163±9 | 167±10 | 168±8 | 168±9 | 170±8 | |
| CR | 165±10 | 167±8 | 168±5 | 168±8 | 169±11 | |
| **RPE (1-10)** | | | | | | |
| CON | 4,8±1,5 | 5,5±1,7 | 6,1±2,0 | 6,6±1,5 | 7,1±1,0 | |
| PL | 4,6±1,6 | 5,4±1,7 | 5,9±1,3 | 6,5±1,4 | 6,9±1,8 | |
| CR | 4,5±1,5 | 5,3±1,7 | 5,7±1,4 | 6,0±1,0 | 6,1±0,9 | |
| **RPE (6-20)** | | | | | | |
| CON | 13.8±1.7 | 14.8±1.7 | 15.8±1.9 | 16.1±1.8 | 16.5±1.4 | |
| PL | 13.4±2.1 | 14.4±1.4 | 15.1±1.7 | 15.4±1.6 | 16.1±2.6 | |
| CR | 13.6±2.0 | 14.6±1.8 | 15.1±1.7 | 15.2±1.3 | 15.8±1.2 | |
| **Lactato (mmol.L$^{-1}$)** | | | | | | |
| CON | 4,8±2,1 | 7,5±2,0 | 9,1±2,2 | 8,8±1,6 | 8,1±1,1 | 9,9±1,3 |
| PL | 5,6±1,7 | 9,2±1,7 | 10,2±1,8 | 10,3±2,2 | 9,6±2,6 | 10,9±1,7 |
| CR | 4,5±2,4 | 7,7±2,6 | 8,3±2,2 | 8,1±1,7 | 8,0±2,4 | 9,3±2,0 |

***Tabla 2.*** *Efectos de la carga de creatina sobre las mediciones interesprint. Los datos son presentados como valores medios±DS, n=9.*

*CON=Control; PL=Placebo; CR=Creatina. Carga de creatina: 20 g de creatina por día durante 6 días. Ver la sección Métodos para más detalles. *p<0,05 en comparación con el control usando MANOVA para mediciones repetidas.*

La diferencia en MP a través de cada uno de los esprints de 200 m para cada condición tampoco fue significativamente diferente luego de los períodos de suplementación PL o CR. En línea tanto con el tiempo de esprint como de la PP, la MP alcanzó su valor máximo en el Esprint 1 en todas las condiciones (Tabla 3).

## DISCUSION

El propósito de esta investigación fue determinar si la CrS a corto plazo aumentaría el rendimiento de esprints repetidos en ciclismo sin recuperación o con recuperación incompleta. Los datos de rendimiento presentados no muestran mejoras en los cinco esprints repetidos de ciclismo en los ciclistas entrenados luego de la CrS. No fue mejorado significativamente ni el tiempo de esprint ni la PP o MP en el grupo CR.

| | Esprint 1 | Esprint 2 | Esprint 3 | Esprint 4 | Esprint 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tiempo (segundos)** | | | | | |
| CON | 17,05±0,92 | 17,46±0,59 | 17,77±0,52 | 18,24±1,00 | 18,21±1,11 |
| PL | 17,20±0,64 | 17,53±0,61 | 17,93±0,77 | 18,47±0,74 | 18,34±0,97 |
| CR | 16,92±1,03 | 17,45±1,05 | 17,86±1,11 | 18,06±0,97 | 18,18±1,45 |
| **Potencia pico (W)** | | | | | |
| CON | 844±103 | 832±89 | 812±78 | 786±86 | 854±104 |
| PL | 924±92 | 894±103 | 878±107 | 848±115 | 884±102 |
| CR | 885±112 | 851±113 | 838±117 | 845±120 | 875±112 |
| **Potencia media (W)** | | | | | |
| CON | 704±110 | 683±80 | 657±63 | 633±83 | 653±98 |
| PL | 765±79 | 712±84 | 688±86 | 647±71 | 685±78 |
| CR | 753±113 | 702±113 | 687±118 | 680±111 | 683±108 |

***Tabla 3.*** *Efecto de la carga de creatina sobre el tiempo y potencia de esprint. Los datos son presentados como valores medios±DS, n=9. CON=Control; PL=Placebo; CR=Creatina. El tiempo está expresado en segundos para el esprint de 200 m. La potencia media y promedio están expresadas en vatios. Carga de creatina: 20 g de creatina por día durante 6 días. Ver sección Métodos para obtener mayores detalles. *p<0,05 en comparación con el grupo control, usando MANOVA para mediciones repetidas.*

Debido a que en el presente estudio, la CrS no tuvo efecto sobre el rendimiento, junto con la baja variabilidad del rendimiento, estos resultados no apoyan el efecto ergogénico de la CrS para series cortas a máxima intensidad de ejercicio intermitente con recuperación cerca del LT entre los esfuerzos de esprint.

La conclusión del rendimiento no alterado luego de la CrS es también consistente con otros autores que fallaron en detectar cualquier mejora del rendimiento después de la CrS (3, 9, 16, 26, 27), aun cuando la TCr muscular estaba elevada (28-30). De manera contraria, diferentes estudios han reportado una mejora del rendimiento de esprints repetidos en ciclismo luego de la CrS, en estudios en los cuales la TCr muscular aumentó (4) o no fue medida (7, 12-15, 31). De este modo, en el mejor de los casos, los beneficios de la CrS sobre el rendimiento de esprint son dudosos. No puede ser excluida la posibilidad que la falta de efecto ergogénico después de la CrS en el presente estudio se debió al protocolo de ejercicio diferente en el cual fue usada actividad intensa entre los esprints en vez de actividad de baja intensidad o ninguna actividad, tal como ha sido usado por otros estudios de ejercicio de esprint (3, 4, 7, 12-14).

Por ejemplo, Vanderbuerie et al. (15) investigó si la CrS (25 $g.d^{-1}$ durante 5 días) fue beneficiosa para el rendimiento en ciclistas durante las etapas finales altamente intensas de una competición. En un intento de simular las condiciones de una carrera de ruta, los investigadores hicieron que los ciclistas realicen un protocolo de ejercicio de resistencia estandarizado (2,5 horas), el cual varió en intensidad a intervalos de series. Luego del protocolo de ejercicio de resistencia, los sujetos pedalearon a alta intensidad hasta el agotamiento. Dentro de 3 min luego del agotamiento, los sujetos realizaron cinco esprints de 10 s con una carga de 6 kg. Los esprints fueron espaciados con recuperaciones de 2 min con una resistencia de

0,5 kg. La producción de potencia para los cinco esprints en el grupo CR fue consistentemente más alta (~ 8-9%) en comparación con el grupo placebo ($p<0,05$). Así, fue observada una mejora del rendimiento de esprint aun cuando fue incluida la actividad intensa antes de los esprints. Aunque la mayor parte del protocolo simuló exitosamente las condiciones de una competición de ciclismo de ruta, los sujetos tenían hasta tres minutos para completar la recuperación entre los protocolos de resistencia y esprint y 2 minutos de ejercicio de baja intensidad entre los cinco esprints. Obviamente, tales condiciones no existen en las competiciones de ciclismo.

En esta investigación, la intensidad sostenida entre los esprints a través de todas las condiciones fue bastante alta y definitivamente no fue baja. Esto simuló mejor las condiciones de competición, las cuales fueron el objetivo del protocolo. Dada la marcada fatiga evidenciada por el incremento progresivo en el tiempo de esprint, y a la declinación en la PP y MP en los últimos esprints, parecía probable que el modelo de ejercicio usado en este estudio respondería positivamente a la CrS. Se esperaba que los esprints repetidos junto con los intervalos de recuperación cerca del LT, indujeran grandes reducciones en el ATP y la PCr muscular (3). Los dos mecanismos supuestos de aumento del rendimiento después de la CrS, son la reducción de la degradación de ATP durante el ejercicio debido al incremento en la PCr muscular (4) y una aceleración de la tasa de resíntesis de PCr post-contráctil (7). Sin embargo, de acuerdo a los resultados de este estudio, otros factores (composición de las fibras musculares, longitud del esprint, intensidad de la recuperación) además del agotamiento de la PCr muscular, limitan el rendimiento del ejercicio intermitente de alta intensidad.

**Composición de las Fibras Musculares**

El contenido de PCr en reposo es 5-30% mayor en las fibras musculares tipo II respecto de las tipo I (32-34), lo cual coincide con la observación de que los esprinters, quienes tienen un mayor porcentaje de fibras tipo II que los atletas de larga distancia, también tienen mayores niveles de PCr (35, 36). Teniendo en cuenta que la TCr está compuesta de ~ 60% de PCr, el tipo de fibras musculares no solo tiene un gran efecto sobre el contenido de TCr, sino también hasta el grado en el cual la TCr puede ser incrementada con la CrS. De este modo, los atletas de resistencia, tales como los ciclistas, están ante una desventaja durante la CrS, debido a que tienen un menor porcentaje relativo de fibras musculares tipo II.

**Longitud del Esprint**

Luego de unos pocos segundos en un esprint, la importancia relativa de la hidrólisis de PCr cae dramáticamente, ya que el contenido de PCr es agotado. En forma resumida, a medida que más prolongado es el esprint, menor es la importancia que juega el rol de la hidrólisis de PCr en la producción de energía. En un esprint de 6 s, cerca del 50% de la contribución del requerimiento de ATP proviene de la hidrólisis de PCr en comparación con el ~ 25% durante un esprint de 30 s (Figura 3). Puede ser extrapolado que a 18 s, el cual es aproximadamente el tiempo promedio requerido para completar los 200 m en este estudio, la contribución proyectada de la hidrólisis de PCr sea menor a 37%, lo cual limitaría considerablemente la efectividad de la CrS.

**Intensidad de la Recuperación**

Durante la recuperación después de un esprint, la resíntesis de PCr permite que el ATP se resintetice en las células musculares, lo cual es un proceso aeróbico (39). El aporte de oxígeno a los tejidos y la remoción de metabolitos, tales como lactato y $H^+$, determinan la velocidad de resíntesis de PCr durante la recuperación (39, 40). Teniendo en cuenta que la recuperación en este estudio se realizó a una intensidad cercana al LT, la cual no fue enteramente aeróbica, la tasa de resíntesis de PCr fue muy probablemente dificultada por la incapacidad de remover metabolitos adecuadamente.

## Limitaciones

De manera alternada, si hubo algún efecto ergogénico debido a la CrS, debe haber sido menor que la sensibilidad del equipo de evaluación (21) usado en esta investigación. Es posible que ocurrieran pequeños incrementos <5% en la PP y MP luego de la CrS, pero no fueron detectables. Así, no puede ser excluido que haya ocurrido un error tipo II debido a la limitación en la precisión de la evaluación.

Además, en el presente estudio no fueron realizadas mediciones de TCr antes y después de la CrS. Sin embargo, las investigaciones conducidas por Green et al. (6) descubrieron que la ingesta de Cr con carbohidratos durante 5 días incrementaron la TCr en un 10% más que cuando la Cr fue ingerida sola. Por lo tanto, las investigaciones más actuales que implican a la CrS y al rendimiento no continúan incluyendo mediciones de TCr para establecer una captación efectiva.

**Conclusión**

En conclusión, el aumento del contenido muscular de PCr y TCr a través de la CrS falló en mejorar el rendimiento durante esprints repetidos de ciclismo sin recuperación pasiva o completa entre los esprints. De este modo, la CrS no es efectiva para incrementar el rendimiento en competiciones que impliquen esprints repetidos, tales como en los criteriums.

**Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a Nicole Comeau, Nicolas Mahood, Bryan Moriaty, y Carrie Rivera por su ayuda durante la recolección de los datos; los sujetos, quienes de buena gana proporcionaron su tiempo y esfuerzo; la Escuela de Graduados de la Universidad de New Hampshire por su subvención parcial a esta investigación, y a SmartFuel Energy Foods, Burlington, VT por donar los suplementos para este estudio.

**Dirección para el Envío de Correspondencia**

Timothy J. Quinn, Ph.D., University of New Hampshire, Department of Kinesiology, Field House #35, 145 Main Street, Durham, NH, USA, 03824, Tel: (603) 862-1830, Fax: (603) 862-0154, correo electrónico: tjq@unh.edu.

## REFERENCIAS

1. Jeukendrup, A.E., N.P. Craig, and J.A. Hawley (2000). The bioenergetics of world class cycling. *J Sci Med Sport; 3:414-33*
2. Kenny G.P., F.D. Reardon, A. Marion, and J.S. Thoden (1995). A comparative analysis of physiological responses at submaximal workloads during different laboratory simulations of field cycling. *Eur J Appl Physiol; 71:409-415*
3. Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell D, Hultman E, and Greenhaff P (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol; 271:E31-37*
4. Febbraio, M., T. Flanagan, R. Snow, S. Zhao, and M. Carey (1995). Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta Physiol Scand; 155:387-395*
5. Green, A., E. Simpson, J. Littlewood, I. Macdonald, and P. Greenhaff (1996). Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feedings in humans. *Acta Physiol Scand; 158:195-202*
6. Myburgh, K., A. Bold, B. Bellinger, G. Wilson, and T. Noakes (1996). Creatine supplementation and sprint training in cyclists: metabolic and performance effects. *Med Sci Sport Exerc; 28:S81 (abstract)*
7. Vandenberghe, K., N. Gillis, M. Van Leemputte, P. Van Hecke, F. Vanstapel, and P. Hespel (1996). Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *J Appl Physiol; 80:452-457*
8. Kreider, R.B (1998). Creatine supplementation: Analysis of ergogenic value, medical safety, and concerns. *JEPonline; 1(1)*
9. Engelhardt, M., G. Neuman, A. Berbalk, and I. Reuter (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Med Sci Sports Exerc; 30:1123-1129*
10. Preen D., B. Dawson, C. Goodman, S. Lawrence, J. Beilby, and S. Ching (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med Sci Sports Exerc; 33:814-822*
11. Rico-Sanz, J. and M.T. Mendez Marco (2000). Creatine enhances oxygen uptake and performance during alternating intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc; 32:379-385*
12. Vandeburie, F., B. Vanden Eynde, K. Vandenberghe, and P. Hespel (1998). Effect of creatine loading on endurance capacity and sprint power in cyclists. *Int J Sports Med; 19:490-495*
13. Godly, A., and J.W. Yates (1997). Effects of creatine supplementation on endurance cycling combined with short, high intensity bouts. *Med Sci Sports Exerc; 29:S251 (abstract)*
14. Van Schuylenbergh, R., M. Van Leemputte, P. Hespel (2003). Effects of oral creatine-pyruvate supplementation in cycling performance. *Int J Sports Med; 24:144-150*
15. Pollock, M.L., D.H. Schmidt, and A.S. Jackson (1980). Measurement of cardiorespiratory fitness and body composition in the clinical setting. *Compr Ther; 6:12-27.*
16. Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell R (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Champaign, IL: Human Kinetics Books*
17. Siri, W.E (1961). Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In: Techniques for Measuring Body Composition. *J. Brozek, and A. Hanschels, eds. Washington, DC: National Academy of Sciences. pp. 223-244*
18. Cane Jb, Seldman, Sowash J, Otto Rm, and Wygand J (1996). A comparison of the CompuTrainer load simulator and traditional cycle ergometry. *Med Sci Sport Exerc; 22:S208 (abstract)*
19. Wilber, R., K. Zawadki, J. Kearney, M. Shannon, and D. Disalvo (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Med Sci Sport Exerc; 29:1090-1094*
20. Thoden, J.S (1991). Testing aerobic power. In: Physiological Testing of the High Performance Athlete. *J.D. McDougall, H.A. Wenger, and H.J. Green, eds. Champlain, IL: Human Kinetics Books. pp. 21-106*
21. Coyle Ef, Martin Wh, Ehsani Aa, Hagberg Jm, Bloomfield Sa, D.R. Sinacore, and J.O. Holloszy (1983). Blood lactate threshold in some well - trained ischemic heart disease patients. *J Appl Physiol: Resp Environ Exerc Physiol; 54:18□23*
22. Duncan, G.E., E.T. Howley, and B.N. Johnson (1997). Applicability of VO2max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc; 29:273□278*
23. Barnett C, Hinds M, and Jenkins Dg (1996). Effect of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Aust J Sci Med Sport; 28:35-39*
24. Cooke Wh and Barnes Ws (1997). The influence of recovery duration of high-intensity exercise performance after oral creatine supplementation. *Can J Appl Physiol; 22:454-467*
25. Finn, J.P., T.R. Ebert, R.T. Withers, M.F. Carey, M. Mackay, J.W. Phillips, and M.A. Febbraio (2001). Effect of creatine

supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling. *Eur J Appl Physiol; 84(3):238-243*
26. Odland, L.M., J.D. Macdougall, M.A. Tarnopolsky, A. Elorriaga, and A. Borgmann (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Med Sci Sport Exerc; 29(2):216-219*
27. Snow, R.J., M.J. Mckenna, and S.E. Selig, et al (1998). Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. *J Appl Physiol; 84:1667-1673*
28. Birch R, Noble D, and Greenhaff P (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur J Appl Physiol; 69:268-270*
29. Tesch, P.A., A. Thorsson, and N. Fujitsuka (1989). Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise. *J Appl Physiol; 66:1756-1759*
30. Bernus G, Gonzalez De Suso Jm, Alanso J, et al (1993). 31P-MRS of quadriceps reveals quantitative differences between sprinters and long-distance runners. *Med Sci Sports Exer; 25:479-84*
31. Mccully, K.K (1993). 31P-MRS of quadriceps reveals quantitative differences between sprinters and long-distance runners. *Med Sci Sport Exerc; 25:1299-1300*
32. Demaree, S.R., S.K. Powers, J.M. Lawler (2001). Fundamentals of exercise Metabolism. In: ACSM□s Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Fourth Edition. *Roitman, J.L., eds. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 133-140*
33. Gaitanos G.C., C. Williams, L. H. Boobis, et al (1993). Human muscle metabolism during intermitent maximal exercise. *J Appl Physiol; 75:712-719*
34. Sahlin, K., R.C. Harris, and E. Hultman (1979). Resynthesis of creatine phosphate in human muscle after exercise in relation to intramuscular pH and availability of oxygen. *Scand J Clin Lab Invest; 39:551-558*
35. Arnold D, Matthews P, And Radda G (1984). Metabolic recovery after exercise and the assessment of mitochondrial function in vivo in human muscle by means of 31P NMR. *Mag Res Med; 1:307-3*

**Cita Original**

Levesque Daniel G., Robert W. Kenefick, y Timothy J. Quinn. Creatine Supplementation: Impact on Cycling Sprint Performance. JepOnline; 10 (4): 17□28, 2007.