



# CARBOHIDRATOS DE LA DIETA Y RENDIMIENTO EN EL EJERCICIO BREVE DE ALTA INTENSIDAD

**Janet Walberg Rankin, Ph.D.** | Departamento de Nutrición Humana, Alimentos y Ejercicio | Virginia Tech | Blacksburg, Virginia

## PUNTOS CLAVE

- En una sesión de ejercicio de alta intensidad se utilizan carbohidratos a una tasa muy alta, pero la utilización total es limitada debido a la breve duración del ejercicio. La reducción del glucógeno muscular durante una sesión de ejercicio de resistencia típico o durante un sprint de 30 s, está en un rango de 25-35% del total de los almacenes de glucógeno en los músculos activos, mientras que sprints repetidos causarían una mayor salida de glucógeno.
- Durante el ejercicio de alta intensidad el glucógeno muscular se reduce más rápidamente en las fibras Tipo II (rápidas) que en las fibras Tipo I (lentas). Así, aún cuando el agotamiento de glucógeno en las fibras musculares mixtas es modesta, la mayor utilización de glucógeno de las fibras Tipo II, así como el agotamiento selectivo de glucógeno de compartimentos celulares específicos, pueden precipitar a la fatiga.
- El rendimiento de un sólo sprint o de sprints repetidos es generalmente superior después de una dieta alta en carbohidratos, comparando con una dieta baja en carbohidratos.
- Los beneficios de dietas altas en carbohidratos en comparación con dietas moderadas en carbohidratos sobre el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad no ha sido mostrado claramente.

## INTRODUCCIÓN

Muchos científicos y atletas están de acuerdo en que la ingesta de carbohidratos es útil para el rendimiento en eventos aeróbicos prolongados. Sin embargo, muchos deportes se basan en episodios breves y repetidos de esfuerzos de alta potencia. ¿Hay evidencias de que el consumo de carbohidratos en la dieta también es crítico para rendir en estos deportes? Pocos estudios científicos han probado el valor de los carbohidratos de la dieta para atletas que desempeñan ejercicios breves de alta intensidad en deportes como lucha, fútbol, béisbol y levantamiento de pesas, y en sprints de pista y natación. Esta revisión se enfocará en las investigaciones que se refieren a los efectos de los carbohidratos de la dieta sobre el ejercicio de fuerza y en sprints breves (<5 min), solos o repetidos, de alta intensidad (>90% VO<sub>2</sub>máx). Las investigaciones con respecto al desempeño de sprints combinados con ejercicio aeróbico prolongado, como en un juego de fútbol soccer, no serán discutidas porque el metabolismo y otros factores que pueden limitar el rendimiento son probablemente diferentes en estos dos tipos de actividad.

## REVISIÓN DE LAS INVESTIGACIONES

### Papel de los carbohidratos como combustible durante el ejercicio de alta intensidad

#### Ejercicio de fuerza.

El ejercicio de fuerza depende en gran medida de la fosfocreatina como combustible. Sin embargo, en levantamientos múltiples hay también una dependencia significativa del glucógeno muscular. Varios estudios utilizando ejercicios de fuerza de series múltiples hasta la fatiga, describieron una caída de alrededor de 25-40% en el glucógeno muscular total (MacDougall et al., 1988; Robergs et al., 1991; Tesch et al., 1999). La magnitud del agotamiento de glucógeno estuvo relacionada con la intensidad del levantamiento y con la cantidad de trabajo realizado, por ejemplo, el glucógeno fue utilizado a una tasa más rápida

con levantamientos de más intensidad, pero el agotamiento total del glucógeno fue dependiente de la cantidad de trabajo realizado durante la sesión de ejercicio de fuerza.

#### Ejercicio de un sólo sprint.

La realización de sprints ocasiona un agotamiento rápido del glucógeno muscular. Por ejemplo, la concentración de glucógeno en el músculo vasto lateral del muslo cae 14% después de un período de 6 s de máximo esfuerzo en la bicicleta (Gaitanos et al., 1993), y un sprint de 30 s puede reducir el glucógeno muscular hasta 27% (Esbjornsson-Liljedahl et al., 1999). Aunque el glucógeno de las fibras musculares Tipo I, de contracción lenta, es la principal fuente de carbohidratos para los períodos de baja intensidad en bicicleta, el glucógeno de las fibras Tipo II, de contracción rápida, se reduce más fácilmente durante un sprint de alta intensidad. El agotamiento de glucógeno en las fibras de contracción rápida puede contribuir a la fatiga durante el sprint de alta intensidad.

#### Sprints repetidos.

Los sprints repetidos en bicicleta pueden causar una disminución dramática en el glucógeno muscular. Por ejemplo, Hargreaves y colaboradores (1997) midieron una caída de 47% en el glucógeno muscular total después de sólo 2 sprints de 30 s. Sin embargo, la contribución del glucógeno muscular a la producción total de energía disminuye conforme se repiten los sprints. Por ejemplo, Spriet y colaboradores (1989) tuvieron sujetos que completaron tres sprints máximos de 30 s en bicicleta y encontraron que la tasa de utilización de glucógeno fue alta durante el primer sprint pero bajó a casi nada para el tercero. Por lo tanto, aunque la magnitud total del agotamiento de glucógeno muscular es más dramática después de sprints repetidos que después de un sólo sprint, la tasa de utilización de glucógeno disminuye a medida que se repiten.

## Carbohidratos de la dieta y rendimiento en el ejercicio de fuerza

### Carga de carbohidratos.

Pocos estudios que han manipulado el nivel de carbohidratos corporales han medido un esfuerzo único, el desarrollo de fuerza máxima o la resistencia del músculo (la habilidad de grupos musculares específicos para mantener la producción de contracciones intensas) (Tabla 1). Datos de nuestro laboratorio mostraron que los carbohidratos pueden ser críticos para la resistencia del músculo durante un balance negativo de energía, por ejemplo, cuando el consumo de energía de la dieta es menor que el gasto de energía (Walberg et al., 1988). Las personas que entrenan fuerza y consumen una dieta baja en energía que contiene una cantidad moderada (50%) de carbohidratos disminuyeron la resistencia del músculo después de 7 días de dieta, mientras que aquellos que consumieron la misma cantidad de energía -pero con el 70% de la energía derivada de carbohidratos- mantuvieron su resistencia isométrica a los niveles iniciales (Walberg et al., 1988).

Un intento de incrementar el volumen total levantado durante una sesión de entrenamiento de fuerza al tener a los atletas consumiendo una dieta alta en carbohidratos no fue exitoso. Mitchell y colaboradores (1997) estudiaron a 11 hombres entrenados en fuerza que recibieron un procedimiento clásico de carga de glucógeno antes de un entrenamiento o una dieta moderada en carbohidratos. No hubo diferencia en la cantidad total de peso levantado durante las dos sesiones, tal vez debido a que los almacenes de glucógeno muscular no fueron limitantes para este tipo de ejercicio. Por otra parte, puede ser que la variabilidad introducida por este modelo de investigación de la "vida real" reduzca la oportunidad de determinar cualquier diferencia en el rendimiento causado por la dieta.

### Consumo agudo de carbohidratos.

Un estudio probó el efecto del consumo de carbohidratos justo antes y durante una sesión de ejercicio de fuerza. Lambert y colaboradores (1991) evaluaron a hombres entrenados en fuerza realizando dos tratamientos de series repetidas de ejercicios de extensión de piernas con el consumo de un placebo o de polímeros de glucosa inmediatamente antes y entre series. La resistencia del músculo, como se reflejó por el número de repeticiones (149 vs. 129 para

carbohidratos vs. placebo) y series (17.1 vs. 14.4 para carbohidratos vs. placebo), tendió a ser más alta con carbohidratos, pero no alcanzó una diferencia estadísticamente significativa.

Un estudio de nuestro laboratorio que se llevó a cabo en un gimnasio de pesas no respaldó la utilidad de una sola comida alta en carbohidratos sobre el rendimiento de ejercicios de fuerza de series múltiples cuando los sujetos estaban en balance negativo de energía (Dalton et al., 1999). Sujetos entrenados en fuerza consumieron una dieta líquida a partir de un suplemento, baja en calorías (18 kcal/kg) y moderada en carbohidratos por 3 días. Se midió el rendimiento en el ejercicio de fuerza antes y después de la pérdida de peso, haciendo que los sujetos realizaran repeticiones hasta la fatiga en la última serie de los ejercicios de extensión de pierna y press de pecho, dentro de un plan de entrenamiento de fuerza de cuatro ejercicios. La mitad de los sujetos consumieron una bebida alta en carbohidratos, mientras que los otros consumieron una bebida placebo antes de la prueba final de rendimiento. El consumo de carbohidratos no mejoró significativamente el rendimiento durante las pruebas de ejercicio de fuerza.

En resumen, los estudios de rendimiento en ejercicio de fuerza no han demostrado consistentemente que sea beneficioso tener altas reservas iniciales de glucógeno o ingerir carbohidratos de forma aguda.

## Carbohidratos de la dieta y rendimiento en un ejercicio de alta intensidad

### Carga de carbohidratos.

Maughan y colaboradores (1997) revisaron una serie de estudios realizados en los años ochenta demostrando que el consumo de una dieta baja en carbohidratos durante varios días disminuye el tiempo hasta la fatiga en 18-50% durante sesiones únicas de alta intensidad en bicicleta al 100% del  $VO_2$  máx. Uno de estos estudios mostró un rendimiento superior con el consumo de una dieta alta en carbohidratos con respecto a una dieta moderada en carbohidratos, mientras que en otro estudio no se observó ninguna diferencia entre una dieta moderada en carbohidratos y una dieta alta o baja en carbohidratos.

El beneficio de consumir una dieta alta en carbohidratos contra una dieta baja en carbohidratos varios días antes de un sprint de alta intensidad fue respaldado también por estudios posteriores (Langfort et al., 1997; Pizzi

**Tabla 1. Efecto de los carbohidratos de la dieta sobre el rendimiento en el ejercicio de fuerza.**

CARGA DE GLUCÓGENO	SUJETOS	PROTOCOLO DE FUERZA	TRATAMIENTOS DIETÉTICOS	RENDIMIENTO
Mitchell et al. 1997	11 hombres EF	5 series de 3 ejercicios hasta el agotamiento @ 15 RM	Ejercicio + AC (80%) o BC (4%) por 48 h	No hubo diferencia en el volumen levantado
Walberg et al. 1998	19 hombres EF	10 contracciones isométricas de esfuerzo máximo	7 días de dieta ipoenergética (18 kcal/kg), con AC (70%) o MC (50%)	Disminución de la resistencia del músculo para MC; no hubo cambio para AC
INGESTA AGUDA				
Dalton et al. 1999	22 hombres EF	5 series de 10 de 4 ejercicios @ 80%, 80%, 70%, 60%, 60%, 60% 1 RM	Restricción de energía por 3 días, 1 g CHO o placebo/kg 30 min antes del ejercicio	No hubo efecto de la dieta en el número de repeticiones de la última serie de press de banca o extensión de pierna
Lambert et al. 1991	7 hombres EF	2 tratamientos de series repetidas de 10 extensiones de pierna @ 80% de 10 RM	Polímeros de glucosa o placebo antes y entre series	Número de series tienden a ser mayores con CHO. Número de repeticiones tienden a ser mayores con CHO.

EF = entrenados en fuerza; AC = alta en carbohidratos; BC = baja en carbohidratos; MC = moderada en carbohidratos; CHO = carbohidratos.

et al., 1995). Sólo un estudio no encontró diferencias en el desempeño de un sprint de 75 s en sujetos que consumieron dietas bajas o altas en carbohidratos (Hargreaves et al., 1997). (Ver Tabla 2).

La mayoría de los estudios no observan ninguna ventaja de una dieta alta en carbohidratos contra una dieta moderada en carbohidratos sobre el desempeño de un sprint de alta intensidad. Por ejemplo, dos estudios utilizando una prueba de ejercicio intenso (90%  $VO_2$ máx; Pitsiladas & Maughan, 1999) o muy intenso (125% de  $VO_2$ máx; Vandenberghe et al., 1995) no encontraron diferencias en el tiempo de pedaleo hasta la fatiga para una dieta moderada en carbohidratos comparada con una dieta alta en carbohidratos.

En resumen, la mayoría, pero no todos los estudios reportan un mayor rendimiento para una sola sesión de ejercicio de alta intensidad que dure de 30 s a 5 min en sujetos que consumen una dieta alta en carbohidratos en comparación con una dieta baja en carbohidratos (Tabla 2). Sin embargo, pocos atletas realmente consumen una dieta "baja en carbohidratos". Hay poca evidencia de la utilidad del aumento de carbohidratos de la dieta a niveles altos en comparación con niveles moderados (~50% de energía).

### Carbohidratos de la dieta y rendimiento en sprints repetidos

#### Carga de carbohidratos.

Numerosos estudios han reportado un beneficio de dietas altas en carbohidratos comparadas con dietas bajas en carbohidratos sobre el rendimiento de intervalos repetidos de sprints de alta intensidad (Tabla 3). Por ejemplo, en una prueba hasta la fatiga, los sujetos que habían consumido una dieta alta en carbohidratos fueron capaces de realizar 265% más intervalos de 6 s (intensidad ~200% de  $VO_2$ máx) que durante una dieta baja en carbohidratos (Balsom et al., 1999). Otros grupos de investigación encontraron un efecto perjudicial similar al de una dieta baja en carbohidratos sobre el rendimiento de sprints de 30 s (Casey et al., 1996) y 60 s (Jenkins et al., 1993; Smith et al., 2000).

Nosotros observamos que los sujetos que iniciaron un ejercicio con niveles de glucógeno 43% más bajos no experimentaron una caída en la potencia inicial durante una sesión de sprints repetidos, pero los sujetos pedalearon significativamente más tiempo antes de alcanzar el 30% de fatiga en la condición alta en carbohidratos que en la condición baja en carbohidratos (57.5 vs. 42.0 min) (Smith et al., 2000). Dado que el glucógeno muscular, la fosfocreatina y la función del retículo sarcoplásmico (consumo y liberación de calcio) registrados al inicio, al 15% y al 30% de fatiga cayeron a un patrón similar y que el lactato en sangre se elevó igualmente para ambas condiciones, alta y baja en carbohidratos, estos factores no parecieron explicar las diferencias en la fatiga según el tratamiento dietético. Por lo tanto, el mecanismo metabólico que produce la mejoría en el desempeño de sprints repetidos con la dieta alta en carbohidratos no se pudo explicar con la información metabólica recolectada.

La investigación científica apoya la superioridad de una dieta alta en carbohidratos cuando la energía es reducida, así como durante la pérdida de peso intencional. Los luchadores que consumen dietas para bajar de peso que contienen 41% de la energía como carbohidratos experimentan una disminución en su rendimiento en el ejercicio de alta intensidad (sprints repetidos con cicloergómetro de brazos), mientras que aquellos que consumen 66% de su consumo de energía como carbohidratos fueron capaces de mantener su rendimiento (Horswill et al., 1990).

Al igual que con los sprints únicos, no se ha demostrado para los sprints repetidos un beneficio claro de las dietas altas en carbohidratos comparadas con las dietas moderadas en carbohidratos. En un estudio, nadadores universitarios consumieron una dieta moderada o alta en carbohidratos durante 9 días, y los tiempos promedio para nadar eventos intensos de duración de 40-150 s no se afectaron por las dietas (Lamb et al., 1990).

**Tabla 2. Efecto de los regímenes de carga de carbohidratos sobre el rendimiento en un sprint.**

ESTUDIO	SUJETOS	PROTOCOLO DE EJERCICIO	PROTOCOLOS DIETÉTICOS	EFFECTO EN EL RENDIMIENTO
Hall et al. 1996	6 hombres activos	Pedaleo 4 veces @ 95% $VO_2$ máx hasta la fatiga	Dietas de 3 días MC (48%) o BC (2%) Suplemento: $CaCO_3$ ó $NaHCO_3$	Tiempo de ejercicio 26-31% más bajo para BC; no hubo efecto del suplemento
Hargreaves et al. 1997	9 ciclistas entrenados	75 s de un esfuerzo máximo en bicicleta	Ejercicio + AC (80%) o BC (25%) por 24 h hipoenergética (18 kcal/kg), con AC (70%) o MC (50%)	No hubo diferencia en la potencia máxima o potencia promedio
Langfort et al. 1997	8 hombres	30 s de la prueba de Wingate	3 días MC (50%) o BC (5%)	Potencia promedio 8% más baja para BC
Pitsiladis & Maughan 1999	13 ciclistas o triatletas entrenados	Pedaleo hasta la fatiga 90% de $VO_2$ máx	7 días AC (70%) o MC (40%)	No hubo diferencia en el tiempo hasta la fatiga
Pizza et al. 1995	8 corredores hombres entrenados	Carrera de 15 min a 75% $VO_2$ máx + carrera hasta la fatiga al 100% $VO_2$ máx	MC (4 g/kg) o AC (8.2 g/kg) por 3 días	Tiempo de ejercicio 8% más corto para BC
Vandenberghe et al. 1995	17 mujeres y 15 hombres estudiantes de buena condición física	Pedaleo @ 125% de $VO_2$ máx hasta la fatiga	Dieta MC (50%) por 5 días con actividad normal o MC por 2 días con ejercicio para repletar glucógeno, seguido de 3 días de dieta AC (70%)	No hubo diferencias en el rendimiento

AC = Alta en carbohidratos; BC = baja en carbohidratos; MC = moderada en carbohidratos.

### Consumo agudo de carbohidratos

El consumo de carbohidratos antes y durante el ejercicio permitió a los sujetos continuar 45% más tiempo durante sprints repetidos en bicicleta de 1 min separados por intervalos de descanso de 3 min (Davis et al., 1997). No se midió el glucógeno muscular, pero los autores especularon que la glucosa sanguínea más alta en el tratamiento en que se suministraron carbohidratos permitió, ya sea la reducción en la degradación de glucógeno o el aumento en su síntesis durante los períodos de recuperación.

El consenso de la investigación que ha examinado el rendimiento en sprints breves y repetidos, es que hay un beneficio sustancial en el rendimiento al consumir una dieta alta en carbohidratos en comparación con una dieta baja en carbohidratos por varios días antes de un ejercicio de alta intensidad para asegurar almacenes iniciales elevados de glucógeno muscular. De igual manera, las comidas altas en carbohidratos inmediatamente antes y durante el ejercicio, cuando se comparan con comidas bajas en carbohidratos, también es probable que mejoren el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad. Sin embargo, no hay evidencia de que una dieta alta en carbohidratos sea superior a una dieta moderada en carbohidratos para el rendimiento de sprints repetidos.

### Mecanismos metabólicos para los efectos de los carbohidratos sobre el rendimiento

Dado que sólo hay una reducción modesta del glucógeno muscular después de un sprint, no se cree que los niveles bajos de glucógeno muscular sean el factor limitante para el desempeño de un sólo sprint, aún después de una dieta baja en carbohidratos.

Sin embargo, el agotamiento selectivo de glucógeno de las fibras Tipo II puede contribuir a la disminución de la potencia durante los sprints (Greenhaff et al., 1994). Además, aunque hay poca evidencia que respalde esta hipótesis, es posible que haya agotamiento de glucógeno en diferentes compartimentos, por ejemplo, el retículo sarcoplásmico de cada fibra muscular (Fríden et al., 1989). Si hubiera un agotamiento sustancial de glucógeno del retículo sarcoplásmico (aún si el glucógeno muscular total no se redujera dramáticamente), podría influir en el flujo de calcio, y por lo tanto, en el proceso contráctil. La hipótesis de que una dieta alta en carbohidratos ocasiona un mantenimiento superior del glucógeno en las fibras de contracción rápida o en compartimentos específicos de cada fibra muscular, y que este mejor mantenimiento de glucógeno explica la mejoría en el rendimiento en ejercicios de alta intensidad, merece estudios adicionales.

Otro contribuyente potencial a la fatiga prematura después de consumir una dieta baja en carbohidratos es la disminución en la capacidad amortiguadora del cuerpo. En varios estudios, incluyendo aquellos reportados por Horswill y colaboradores (1990) y Maughan y colaboradores (1997), existen evidencias de que las dietas bajas en carbohidratos causan acidosis metabólica y una reducción de la capacidad de amortiguar la acidez. Aunque la evidencia parece prometedora, Ball y colaboradores (1996) encontraron que la corrección de la condición ácida no normaliza el rendimiento. En ese estudio, el consumo de bicarbonato de sodio (0.3 g/kg de peso corporal) en sujetos que habían consumido una dieta baja en carbohidratos normalizó la acidosis sanguínea, pero no el rendimiento de un sprint en bicicleta al 100% del  $VO_2$  máx.

**Tabla 3. Efecto de los carbohidratos sobre el rendimiento en sprints repetidos.**

ESTUDIO	SUJETOS	PROTOCOLO DE EJERCICIO	TRATAMIENTOS DIETÉTICOS	RENDIMIENTO
<b>CARGA DE GLUCÓGENO</b>				
Balsom et al. 1999	7 hombres estudiantes de buena condición física	Ejercicio fijo: 15 sprints en bicicleta de 6 s con descansos de 30 s entre c/u, $\approx 300\% VO_2$ máx; Ejercicio hasta la fatiga: Sprint de 6 s @ $\approx 200\% VO_2$ máx	Ejercicio para agotamiento de glucógeno + BC (4%) o AC (67%) por 2 días	Ejercicio fijo: menos trabajo realizado en BC hasta la fatiga; 265% más intervalos realizados en AC
Casey et al. 1996	11 hombres	4 series de pedaleo isoquinético de 30 s con intervalos de descanso de 4 min (antes y después de la manipulación dietética)	Ejercicio para agotamiento de glucógeno + BC (7.8%) o AC (82%) por 3 días	No hubo cambio en el trabajo realizado antes y después de la dieta AC; el trabajo durante los 3 primeros sprints fue 8% menor después BC.
Jenkins et al. 1993	14 hombres entrenados moderadamente	Cinco sprints en bicicleta de 60 s @ 0.736 N/kg con intervalos de descanso de 5 min (antes y después de cada manipulación dietética)	Dietas de 3 días: AC 80% MC 55% BC 12%	Cambios en el trabajo realizado durante los sprints: AC: +5.6% MC: +2.3% BC: -5.4%
Lamb et al. 1990	14 hombres nadadores universitarios	50 m x 20	9 días de HC (80%), o MC (43%)	No diferencia en el tiempo parcial promedio para AC vs. MC
Smith et al. 2000	8 ciclistas entrenados	Repeticiones de sprints de 60 s @ 125-135% $VO_2$ máx hasta 30% fatiga	Reducción de glucógeno; después 36 h AC (80-85%) o BC (5-10%)	37% más ejercicio hasta el 30% de fatiga en AC; 87% más largo entre 15% y 20% de fatiga en AC
<b>INGESTA AGUDA</b>				
Davis et al. 1997	9 hombres y 7 mujeres, no entrenadas	Sprints en bicicleta de 1 min @ 120-130% $VO_2$ máx con intervalos de 3 min de descanso hasta que la potencia decline 12.5%	4 ml/kg de solución de CHO 6% antes y cada 20 min durante el ejercicio	50% más intervalos hechos con CHO que con placebo

AC=alta en carbohidratos; BC=baja en carbohidratos; MC=moderada en carbohidratos; CHO=carbohidratos

## Carbohidratos de la dieta y recuperación entre series de ejercicio de alta intensidad

Algunos atletas repiten eventos o juegos durante un mismo día, por lo que necesitan recuperarse tan rápido como sea posible. El consumo de carbohidratos después del ejercicio acelerará el reemplazo de glucógeno. Por ejemplo, Pascoe y colaboradores (1993) demostraron que el glucógeno muscular bajó cerca del 70% de los valores de reposo después de una serie de ejercicio de fuerza, pero el consumo de una bebida con carbohidratos después del ejercicio incrementó el glucógeno muscular a 75% del valor inicial después de 2 horas y a 91% después de 6 horas. Por otra parte, hubo mucho menos restauración del glucógeno muscular después de 6 horas cuando se ingirió un placebo de agua después del ejercicio. Por lo tanto, cualquier atleta que espere realizar entrenamientos de fuerza múltiples o competencias en un sólo día, debe hacer un esfuerzo por consumir carbohidratos después del entrenamiento de fuerza para estimular una recuperación metabólica óptima.

Nuestro laboratorio observó la capacidad de una dieta alta en carbohidratos para incrementar la recuperación del desempeño de sprints repetidos en luchadores que han perdido en promedio 3.3% del peso corporal durante 3 días con una dieta líquida a partir de un suplemento (Walberg-Rankin et al., 1996). El trabajo realizado durante ocho sprints de 15 s en un ergómetro de brazos se redujo por la pérdida de peso; el rendimiento tendió ser el mismo para los luchadores que consumieron una dieta alta en energía (22 kcal/kg) y alta en carbohidratos pero no para aquellos que consumieron una dieta isoenergética moderada en carbohidratos antes de la prueba ( $P = 0.07$ ).

En resumen, es probable que el reemplazo de glucógeno sea más rápido cuando se consumen carbohidratos después del ejercicio. El consumo de comidas altas en carbohidratos, entre series de ejercicios breves de alta intensidad acelerará la síntesis de glucógeno y puede mejorar el rendimiento subsecuente de ejercicios de alta intensidad.

## RESUMEN

Aunque hay una utilización sustancial del glucógeno muscular durante el ejercicio de fuerza, sólo hay evidencia tentativa del valor de los carbohidratos de la dieta sobre el rendimiento en el ejercicio de fuerza. Las investigaciones disponibles sugieren que el carbohidrato puede ser valioso para ejercicio de fuerza de moderada intensidad y alto volumen, especialmente en aquellos individuos que han estado consumiendo una dieta baja en energía para perder peso. Sería útil tener más estudios que investiguen si el consumo oral de carbohidratos justo antes y durante un entrenamiento de fuerza ahorra el uso de glucógeno muscular, como se ha mostrado para los sprints intermitentes en un cicloergómetro.

La utilización de glucógeno muscular durante el ejercicio de sprint es más rápido que durante el ejercicio de fuerza. Un sprint de 30 s puede utilizar tanto glucógeno muscular como 5-6 series de ejercicios de fuerza de repetición múltiple. Una dieta alta en carbohidratos por varios días es beneficiosa comparada con una dieta baja en carbohidratos para ejercicios únicos a más de 100% del  $\text{VO}_2$  máx (por ej., 30 s a 5 min) y para sprints repetidos de 6-60 s cada uno, pero dichas dietas altas en carbohidratos probablemente no son superiores a las dietas moderadas en carbohidratos.

Hay evidencias limitadas de que el consumo de carbohidratos justo antes y entre sprints en carrera y bicicleta de alta intensidad retrasará la fatiga y ahorrará el glucógeno muscular.

## IMPLICACIONES PRÁCTICAS

Muchos atletas involucrados en deportes de alta intensidad no se preocupan por consumir una dieta de entrenamiento alta en carbohidratos, tampoco utilizan suplementos de carbohidratos justo antes de sus eventos porque tradicionalmente no se ha creído que esto sea crítico para el rendimiento. Aunque la investigación es menos abundante que para el ejercicio aeróbico prolongado, casi se ha demostrado uniformemente que una dieta baja en carbohidratos (3-15% de carbohidrato) perjudica el rendimiento de sprints únicos o múltiples de alta intensidad comparado con un consumo moderado o alto de carbohidratos. Varios estudios muestran un rendimiento superior de sprints únicos y repetidos cuando atletas han consumido dietas altas en carbohidratos (66-84% de carbohidratos) comparados con dietas moderadas en carbohidratos (40-50%), pero esto no es consistente entre estudios. Dado que no se conoce ningún inconveniente del consumo de una dieta alta en carbohidratos (otra que la ganancia de peso corporal debido a la retención de agua) y algunos estudios reportan un beneficio, se recomienda que todos los atletas consuman una dieta de entrenamiento alta en carbohidratos, por ejemplo, al menos 60-70% de la energía como carbohidratos (7-10 g/kg), y aumentar esto a 65-85% pocos días antes de la competencia. El uso de un suplemento de carbohidratos antes y durante el ejercicio probablemente mejorará el rendimiento de sprints intermitentes de alta intensidad.

## REFERENCIAS

- Ball, D., P.L. Greenhaff, and R.J. Maughan (1996). The acute reversal of a diet-induced metabolic acidosis does not restore endurance capacity during high intensity exercise in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66: 49-54.
- Balsom, P.D., G.C. Gaitanos, K. Soderlund and B. Ekblom (1999). High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol. Scand.* 168: 357-345.
- Casey, A., A.H. Short, S. Curtis, and P.L. Greenhaff (1996). The effect of glycogen availability on power output and the metabolic response to repeated bouts of maximal, isokinetic exercise in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72: 249-255.
- Dalton, R. A., J. Walberg Rankin, D. Sebolt, and F. Gwazdauskas (1999). Acute carbohydrate consumption does not influence resistance exercise performance during energy restriction. *Int. J. Sport Nutr.* 9: 319-332.
- Davis, J.M., D.A. Jackson, M.S. Broadwell, J.L. Queary, and C.L. Lambert (1997). Carbohydrate drinks delay fatigue during intermittent, high-intensity cycling in active men and women. *Int. J. Sport Nutr.* 7: 261-273.
- Esbjornsson-Liljedahl, M., C.J. Sundberg, B. Norman, and E. Jansson (1999). Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J. Appl. Physiol.* 87: 1326-1332.
- Friden, J., J. Seger, and B. Ekblom (1989). Topographical localization of muscle glycogen: An ultrahistochemical study in the human vastus lateralis. *Acta Physiol. Scand.* 135: 381-391.
- Gaitanos, G.C., C. Williams, L.H. Boobis, and S. Brooks (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75: 712-719.
- Greenhaff, P.L., M.E. Nevill, K. Soderlund, K. Bodin, L.H. Boobis, C. Williams, and E. Hultman (1994). The metabolic responses of human type I and II muscle fibres during maximal treadmill sprinting. *J. Physiol.* 478: 149-155.
- Hargreaves, M., J. P. Finn, R.T. Withers, J.A. Halbert, G.C. Scroop, M. Mackay, R.J. Snow, and M.F. Carey (1997). Effect of muscle glycogen availability on maximal exercise performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75: 188-192.
- Horswill, C.A., R.C. Hickner, J.R. Scott, D.L. Costill, and D. Gould (1990). Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 470-476.
- Jenkins, D.G., J. Palmer, and D. Spillman (1993). The influence of dietary carbohydrate on performance of supramaximal intermittent exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 309-314.
- Lamb, D.R., K. Rinehardt, R.L. Bartels, W.M. Sherman, and J.T. Snook (1990). Dietary carbohydrate and intensity of interval swim training. *Am. J. Clin. Nutr.* 52: 1058-1063.
- Lambert, C.P., M.G. Flynn, J.B. Boone, T. Michaud, and J. Rodriguez-Zayas (1991). Effects of carbohydrate feeding on multiple-bout resistance exercise. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5: 192-197.
- Langfort, J., R. Zarzeczny, W. Pilis, and K. Nazar (1997). The effect of a low-carbohydrate diet on performance, hormonal and metabolic responses to a 30-s bout of supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 76: 128-133.
- Maughan, R.J., P.L. Greenhaff, J.B. Leiper, D. Ball, C.P. Lambert, and M. Gleeson (1997). Diet composition and the performance of high-intensity exercise. *J. Sports Sci.* 15: 265-275.
- MacDougall, D.S. Ray, N. McCartney, D. Sale, P. Lee, and S. Garner (1988). Substrate utilization during weightlifting. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20: S66.
- Mitchell, J.B., P.C. DiLauro, F.X. Pizza, and D.L. Cavender (1997). The effect of preexercise carbohydrate status on resistance exercise performance. *Int. J. Sport Nutr.* 7: 185-196.
- Pascoe D.D., D.L. Costill, W.J. Fink, R.A. Roberts, and J.J. Zachwieja (1993). Glycogen resynthesis in skeletal muscle following resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25: 349-354.
- Pitsiladis Y.P., and R.J. Maughan (1999). The effects of alterations in dietary carbohydrate intake on the performance of high-intensity exercise in trained individuals. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79: 433-442.
- Pizza, F.X., M.G. Flynn, B.D. Duscha, J. Holden, and E.R. Kubitz (1995). A carbohydrate loading regimen improves high intensity, short duration exercise performance. *Int. J. Sport Nutr.* 5: 110-116.
- Robergs, R.A., D.R. Pearson, D.L. Costill, W.J. Fink, D.D. Pascoe, M.A. Benedict, C.P. Lambert, and J.J. Zachwieja (1991). Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 70: 1700-1706.
- Smith, M. R., J. Walberg Rankin, H. Stevens, J. Williams (2000). Effects of muscle glycogen status on sarcoplasmic reticulum function and performance of intermittent high intensity exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* S363.
- Spriet, L. L., M.I. Lindinger, R.S. McKelvie, G.J. Heigenhauser, and N.L. Jones (1989). Muscle glycogenolysis and H<sup>+</sup> concentration during maximal intermittent cycling. *J. Appl. Physiol.* 66: 8-13.
- Tesch, P.A., L.L. Ploutz-Snyder, L. Ystrom, M.J. Castro, and G.A. Dudley (1998). Skeletal muscle glycogen loss evoked by resistance exercise. *J. Strength Cond. Res.* 12: 67-73.
- Vandenbergh, K., P. Hespel, B.V. Eynde, R. Lysens, and E.A. Richter (1995). No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 1278-1283.
- Walberg, J., M. Leidy, D. Sturgill, D. Hinkle, S. Ritchey, and D. Sebolt (1988). Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int. J. Sports Med.* 4: 261-266.
- Walberg- Rankin, J., J. V. Ocel, and L. L. Craft (1996). Effect of weight loss and refeeding diet composition on anaerobic performance in wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28: 1292-1299.

## TRADUCCIÓN

Este informe ha sido traducido y adaptado de: Walberg Rankin, J. Dietary Carbohydrate and Performance of Brief, Intense Exercise. *Sports Science Exchange* 79, Volume 13:(4), 2000 por Lourdes Mayol Soto, M.Sc.



## ¿ESTÁ CONSUMIENDO SUFICIENTES CARBOHIDRATOS?

Para optimizar el rendimiento en su deporte, debe consumir alimentos que contengan gran cantidad de carbohidratos. Haciendo esto incrementará los carbohidratos almacenados (glucógeno) en sus músculos y ayudará a mantener los niveles de azúcar (glucosa) en su sangre. El glucógeno muscular y la glucosa sanguínea son combustibles críticos que aportan energía para su deporte. Muchos expertos recomiendan que los atletas formales, especialmente los atletas de resistencia, deben consumir 60-80% de su ingesta total de energía de la dieta a partir de carbohidratos. Sin embargo, es preferible expresar estos requerimientos de carbohidratos como 7-10 gramos de carbohidrato por kilogramo de peso corporal (3.2-4.5 gramos/libra) cada día. Usted puede calcular el rango de los gramos totales de carbohidratos que debe comer cada día multiplicando su peso corporal en kilogramos por 7 y después por 10. Si prefiere utilizar libras para su peso corporal, multiplique por 3.2 y por 4.5. Por ejemplo, si usted pesa 59 kg (130 libras), usted debe consumir entre 413 y 590 gramos cada día ( $59 \times 7 = 413$  gramos;  $59 \times 10 = 590$  gramos).

A menos de que se salte comidas, que ayune intencionalmente, se encuentre en situaciones donde no estén disponibles alimentos adecuados, o haga malas elecciones de alimentos, usted debe ser capaz de obtener cantidades abundantes de carbohidratos de los alimentos ordinarios de su dieta (ver Tabla 1). Aun así, usted puede analizar su dieta total para asegurarse de que está consumiendo suficientes carbohidratos diariamente para ayudarse a rendir a lo máximo de su capacidad.

¿Cómo saber cuántos carbohidratos hay en su dieta normal? Usted puede determinar esto llevando un registro de su consumo de alimentos y teniendo un nutricionista o dietista que analice este registro usando un programa de computadora. Pero con un pequeño esfuerzo, también puede hacerlo usted mismo utilizando el Catálogo de Comida Saludable (Healthy Eating Index) en el sitio web ([www.usda.gov/cnpp/](http://www.usda.gov/cnpp/)) del Centro de Políticas y Promoción de la Nutrición del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Una vez que haya ingresado a este sitio, entre a "Interactive Healthy Eating Index" y presione en el vínculo apropiado para iniciar el análisis de su dieta.

### Uso del sitio "Catálogo de Comida Saludable" (Healthy Eating Index)

- Usted necesita tener registrado su consumo de alimentos de un día completo (24 horas) antes de utilizar el sitio.
- Después de escribir su edad y sexo, tendrá acceso a la pantalla de entrada de alimentos.
- Escriba cada alimento, por ejemplo, "pollo", que usted consumió durante el día, y después señale "Search" para conducir a una lista de tipos de pollo, por ejemplo, frito, rostizado, nuggets, etc.
- Presione en el tipo de alimento que corresponda en la lista de búsqueda para adicionarlo a su lista de alimentos que está a la

derecha de la página y repita estos pasos para cada alimento que consumió ese día.

- Una vez que haya seleccionado todos los alimentos que consumió, presione en "Select Quantity" en la base de la lista de alimentos que ha seleccionado en el lado derecho de la página. Esto le mostrará los tamaños de las raciones típicas para ese alimento; elija el múltiplo del tamaño de ración más apropiado. Por ejemplo, si usted come  $\frac{1}{2}$  T de arroz y selecciona un tamaño de ración de 1 Taza, escriba 0.5 raciones de arroz.
- Cuando su lista este completa, presione en "Analyze". Usted puede ver los resultados del análisis por tres métodos: Puntaje (HEI Score) (un puntaje total de 0-100 así como puntajes de 10 componentes como "variedad" y "grasa total"), Pirámide de Alimentos (Food Pyramid) (su grado de acoplamiento con esta herramienta de evaluación de la dieta), o Consumo de Nutrientes (Nutrient Intake) (lista de kilocalorías, macronutrientes y micronutrientes).

El último método de análisis, Consumo de Nutrientes (Nutrient Intake) aporta una estimación de su consumo total de carbohidratos en gramos. Usted puede comparar este valor con la cantidad calculada de carbohidratos que usted debe consumir, por ejemplo, 7-10 g/kg ó 3.2-4.5 g/lb (ver el primer párrafo de este artículo).

Para convertir los gramos totales de consumo de carbohidratos a porcentaje de energía obtenido a partir de carbohidratos, debe multiplicar los gramos de carbohidratos por 4 kcal/g para calcular las kcal de energía a partir de carbohidratos, dividir este valor por el total de kcal de energía que usted consumió (como se muestra en el análisis de Consumo de Nutrientes), y después multiplicar por 100 para convertirlo a porcentaje:

$$\text{_____ gramos de carbohidratos} \times 4 \text{ kcal/g} = \text{_____ kcal de carbohidrato}$$

$$\text{_____ (kcal de carbohidrato/ total de kcal de energía)} \times 100 = \text{_____ \% total de energía como carbohidratos}$$

Por ejemplo, si el análisis de Consumo de Alimentos muestra que usted consume 500 g de carbohidratos y 3200 kcal de energía total al día, sus cálculos serán como sigue:

$$500 \text{ g de carbohidrato} \times 4 \text{ kcal/g} = 2000 \text{ kcal de energía a partir de carbohidrato}$$

$$2000 \text{ kcal de energía de carbohidratos} / 3200 \text{ kcal de energía total} = 0.6250$$

$$0.6250 \times 100 = 62.5\% \text{ de energía total como carbohidrato}$$

Note que la exactitud del Catálogo de Comida Saludable o de cualquier evaluación dietética es tan exacta como lo sean los datos que introduzca. Debe ser cuidadoso en la estimación de los tamaños de las porciones, incluyendo todos los ingredientes (por ejemplo, mayonesa en un sándwich) y comer normalmente para obtener una evaluación verdadera de su dieta. Contacte a un profesional, por ejemplo, un dietista registrado, si usted está confundido o necesita ayuda para interpretar esta información.

### Contenido de carbohidratos en alimentos típicos

Si usted determina que necesita aumentar su consumo de carbohidratos, elija alimentos de la siguiente tabla de contenidos de energía y carbohidratos de alimentos comunes que son altos contribuyentes al consumo de carbohidratos.

Contenido de energía y carbohidratos de alimentos comunes seleccionados			
Alimento	Tamaño de la porción	Energía/Porción (kilocalorías)	Carbohidratos/Porción (gramos)
<b>Granos</b>			
Bagel	1	160	31
Pan	1 rebanada	70	12
Cereal seco	28g (1 oz.)	110	23
Muffin, biscuit, pancake	1	130	20
Arroz	½ taza	110	23
Pasta	1 taza	160	34
<b>Vegetales</b>			
Zanahoria	1	31	7
Maíz	½ taza	70	17
Leguminosas	½ taza	115	20
Guisantes	½ taza	60	12
Papa	1 mediana	220	50
<b>Frutas</b>			
Secas	1/3 taza	150	37
Jugos	½ taza	56	13
Sólidas (por ej., manzana, naranja)	Pieza mediana	75	18
<b>Lácteos</b>			
Yogurt de sabor	1 taza	225	42
Helado	1 taza	270	32
Leche	1 taza	80	12
<b>Alimentos mixtos</b>			
Frijoles horneados	½ taza	200	30
Burrito	1	390	50
Pizza de queso	1 pieza	170	20

## Contenido de energía y carbohidratos de alimentos comunes seleccionados

### Bebidas

Gatorade®	240 ml		
(8 oz)	50	14	
Gaseosa	240 ml		
(8 oz)	103	27	
Gator Lode®	240 ml		
(8 oz)	200	49	

### Snacks

Pastel glaseado	1 pieza	230	34
Barra de chocolate	Barra de 45 g (1.6 oz )	254	27

### Galletas:

Barra de higo	1	53	11
Sándwich	1	50	7
Barra energética de Gatorade	1 barra	250-260	47
Caramelo macizo	28 g (1 oz)	109	26
Palomitas de maíz	1 taza	40	5
Pretzels	28 g (1 oz)	110	22
Galletas saladas	4	50	9

### Condimentos

Miel	1 cucharada	65	17
Gelatina	1 cucharada	50	30
Azúcar	1 cucharadita	16	4
Jarabe	1 cucharada	50	13

Note que hay muy pocos carbohidratos en carnes, pescado, quesos, aceites y grasas, nueces, o vegetales de hojas verdes.

## TRADUCCIÓN

Este informe ha sido traducido y adaptado de: Walberg Rankin, J. Are you eating enough carbohydrate? Sports Science Exchange 79 Supplement, Volume 13:(4), 2000 por Lourdes Mayol Soto, M.Sc.