

Article

Comparaciones del Efecto sobre la Recuperación y el Rendimiento del Consumo Post-Ejercicio de Leche Chocolateada o de una Bebida Comercial de Recuperación luego de Ejercicios de Ciclismo

Kelly L. Pritchett^{1,2}, Robert C. Pritchett¹, James M. Green³, Charlie Katica², Ben Combs¹, Philip Bishop² y Michael Eldridge¹

¹Department of Health, Human Performance, and Nutrition. Central Washington University, Ellensburg, WA.

²Kinesiology Department. The University of Alabama, Tuscaloosa, AL.

³Department of Health, Physical Education, and Recreation. The University of North Alabama, Florence, AL.

RESUMEN

Una bebida de recuperación que mejore la recuperación y que mantenga o mejore el entrenamiento de los deportistas es muy deseada. Este estudio comparó el efecto de una leche chocolateada baja en grasa (CHOC) con una bebida de recuperación comercial (*Endurox*, CRB) consumidas diariamente durante un período de una semana en 10 ciclistas entrenados. Los ciclistas mantuvieron su régimen de entrenamiento dos veces durante un período de tres semanas en las que consumieron el tratamiento con CHOC o con CRB post entrenamiento, siguiendo un diseño contrabalanceado. Se realizó la comparación del rendimiento de ciclismo a 85% de VO_{2max} producido con las dos bebidas. Se evaluaron los niveles de CK (creatinquinasa) al inicio (línea de base) y antes de la prueba de rendimiento. El ANOVA de medidas repetidas indicó que CK-pre experimentó un aumento significativo ($P < 0,05$) de 64% ($+220 \text{ UL}^{-1}$) con respecto a CK-post en ambas pruebas. Sin embargo no se observaron diferencias significativas, ($P = 0,95$) para CK-post entre los dos tratamientos (CHOC $570 \pm 336 \text{ UL}^{-1}$, CRB $579 \pm 383 \text{ UL}^{-1}$). No se observaron diferencias significativas ($P = 0,73$) entre los tratamientos en el tiempo de ciclismo hasta el agotamiento a 85% de VO_{2max} (CHOC $17,4 \pm 13,1 \text{ min}$, CRB $15,5 \pm 9,9 \text{ min}$). Este estudio sugiere que, como bebida de recuperación, la leche chocolateada es tan eficaz como la bebida CRB.

Palabras Clave: Nutrición deportiva, creatin quinasa, carbohidratos

INTRODUCCION

Las estrategias nutricionales post-ejercicio se han centrado en el momento de administración (*timing*), tipo, cantidad y frecuencia de bebida para determinar la manera más eficaz de acelerar la recuperación del glucógeno (14). Una bebida de recuperación es altamente deseable, especialmente una bebida que maximice el almacenamiento de glucógeno en el músculo antes y después del ejercicio, mejore la recuperación y mantenga o mejore el entrenamiento de los deportistas. Según el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) y la Asociación Dietética Americana, el consumo de 1,0 a 1,5 g de carbohidratos (CHO)/kg de peso corporal/hora, inmediatamente después del ejercicio, y hasta 5 hr después del ejercicio en intervalos de 15 a 60 min puede ser crucial para optimizar la nueva síntesis y la recuperación del glucógeno (1, 13, 14, 16). También se ha investigado la adición de proteínas (PRO) (~20% de calorías totales) a una bebida de carbohidratos después del ejercicio de alta intensidad para determinar si esto mejora las reservas de glucógeno muscular y si disminuye los índices de recuperación (17,22). Mientras algunos estudios han informado una mayor recuperación del glucógeno luego de la suplementación post-ejercicio con CHO-PRO (3,4,13,28,29), otros estudios no han observado este efecto (15,25). También se han informado mejoras en el rendimiento deportivo y en los índices de recuperación, observadas a través del aumento en la creatinquinasa (CK) con una bebida de CHO:PRO en comparación con una bebida solo con CHO consumidas durante y después de la sesión de ejercicios (20-24). En contraste, la mayoría de los trabajos han estudiado los efectos sobre el daño muscular y sobre los índices de recuperación del consumo de una sola dosis de bebida post-ejercicio. Muy pocos estudios (17, 23) han analizado los efectos sobre el daño muscular de una bebida nutricional consumida luego de realizar ejercicio a lo largo del tiempo (6 días).

Según Karp et al. (16), la leche chocolatada (CHOC) fue significativamente más eficaz para mejorar la recuperación y el rendimiento que una bebida de ayuda de recuperación de venta libre (*Endurox*) cuando el tiempo de recuperación era corto (~4 horas). Los autores concluyeron que la diferencia de rendimiento observada en el estudio podría deberse a las diferencias en el tipo de composición de carbohidratos entre las bebidas. La leche chocolatada contiene monosacáridos como glucosa y fructosa y disacáridos (en particular lactosa; que está compuesta por una molécula de galactosa y una molécula de glucosa unidas mediante una unión Beta), mientras que la bebida de recuperación disponible comercialmente consistía en monosacáridos (glucosa y fructosa) y carbohidratos complejos (maltodextrina). La leche chocolatada (CHOC) tiene un contenido de calorías y una proporción de CHO:PRO (4:1) similar a muchas bebidas comerciales de recuperación y bebidas de reemplazo de carbohidratos (CRB) (por ejemplo, *Endurox*). Dependiendo de la marca, un atleta de 70 kg debería consumir 510 a 810 ml de leche chocolatada baja en grasas (que le proporcionarían 70 a 84 g de carbohidratos y 19 a 30 g de proteínas) para cumplir con las recomendaciones post ejercicio (14, 16). Además, el consumo de leche chocolatada es ventajoso para los atletas que tienen un tiempo limitado entre los entrenamientos o competencias porque ha sido mezclada previamente, está fácilmente disponible y es relativamente barata (16, 24). Es posible que el consumo regular de leche chocolatada luego del entrenamiento pueda ser utilizada fácilmente en un régimen de entrenamiento. Así, el consumo de una sola dosis de una bebida de recuperación, tal como se realizó en el estudio de Karp et al. (16) podría haber producido una subestimación del verdadero potencial de recuperación.

El propósito del presente estudio fue comparar los efectos del consumo post-entrenamiento de leche chocolatada con los de una bebida comercial con CHO:PRO durante un período más largo de tiempo, para simular un régimen de entrenamiento normal en comparación con el consumo de una sola dosis. Este pensamiento es particularmente importante porque el ejercicio de resistencia prolongado puede dañar el músculo esquelético, produciendo dolor muscular de aparición tardía con aumentos coexistentes en los marcadores de daño muscular como la creatinquinasa (CK) (6, 27). Los elevados niveles de estos marcadores están asociados con una disminución en el rendimiento (27). Debido a la naturaleza aplicada de los estudios de recuperación, en la mayoría de los estudios publicados sobre la CK asociada al daño muscular y a las medidas subjetivas de dolor muscular se ha utilizado una escala numérica de dolor (17). Por lo tanto el estudio actual fue diseñado para abordar las siguientes hipótesis: Debido a la proporción similar de CHO:PRO de la leche chocolatada y la bebida CRB, el consumo post-ejercicio de leche chocolatada durante 1 semana sería tan eficaz como la bebida CRB para atenuar los marcadores de daño muscular (CK) y dolor muscular y la leche chocolatada, consumida durante 1 semana post-entrenamiento, será tan eficaz como CRB para aumentar el tiempo hasta el agotamiento a 85% de VO_{2max} .

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

Se compararon los efectos de dos bebidas de recuperación post-ejercicio (CHOC y CRB) consumidas durante 1 semana luego del entrenamiento siguiendo un diseño cruzado contrabalanceado de mediciones repetidas. Las medidas de

recuperación después de un entrenamiento de una semana de duración fueron: (a) rendimiento en ciclismo al 85% de $VO_{2m\acute{a}x}$ hasta el agotamiento; (b) dolor muscular y (c) reducción de marcadores de daño muscular (CK). Dado que el humor y el rendimiento de atletas de competición probablemente es menos variable, éstos fueron usados para mejorar la sensibilidad y la validez externa del estudio. Todos los sujetos acudieron al Laboratorio de Rendimiento Humano para familiarizarse y para que se les tomaran las medidas de pliegues cutáneos, $VO_{2m\acute{a}x}$, talla y peso corporal. Los sujetos realizaron el protocolo en dos ocasiones, cada evaluación duró 1 semana y se consideró un período de limpieza de por lo menos 1 semana entre las dos ocasiones de evaluación.

Sujetos

Diez ciclistas entrenados recreativamente de edades comprendidas entre 19 y 40 años, que entrenaban como mínimo 6 horas/semana, con al menos 2 años de experiencia en deportes de resistencia fueron reclutados para participar en este estudio contrabalanceado, cruzado de mediciones repetidas. Todos los sujetos eran ciclistas entrenados de clubes ($n = 9$) o triatletas entrenados ($n = 1$). Se excluyó del estudio a aquellos participantes que estuvieran consumiendo suplementos. Sus características descriptivas se presentan en la Tabla 1. Luego de arribar al laboratorio, los sujetos fueron completamente informados de los procedimientos y riesgos asociados con los procedimientos de la investigación. Un consentimiento informado por escrito se obtuvo de cada sujeto antes de la participación en el estudio. Ninguno de los sujetos fue informado sobre la dirección de las hipótesis de los investigadores.

Diez ciclistas y triatletas de sexo masculinos entrenados en resistencia realizaron el estudio. Sobre la base de datos de los estudios anteriores (17, 21, 22), un nivel del alfa de 0,05, una potencia estadística de 0,80 y un tamaño de efecto estimado de 10% (desviación estándar de 200 para CK y 2 para dolor muscular) y un análisis de potencia a priori reveló que se necesitaban 6 sujetos. Se usaron diez sujetos para asegurar una adecuada potencia estadística. Todos los procedimientos fueron aprobados por la Universidad de Alabama IRB y la Universidad Central de Washington IRB. Además se solicitó a los participantes que se abstuvieran de realizar ejercicio de alta intensidad durante las 24 horas previas a la primera sesión de evaluación.

Procedimientos

Cada participante realizó dos intervenciones contrabalanceadas de una semana con una semana de lavado (*washout*) entre cada tratamiento. Los tratamientos fueron contrabalanceados para que la mitad de los participantes recibiera el CRB durante la primera intervención y luego recibieran la leche chocolatada durante la segunda y viceversa. Durante el primer período de tratamiento, los participantes siguieron un plan de entrenamiento similar. A lo largo del período de entrenamiento de una semana, los sujetos consumieron o CRB (*Endurox R4, PacificHealth Laboratories, Woodbridge, NJ*) o leche chocolatada con bajo contenido de grasa (CHOC) (*Mayfeild, Atenas, TN*) (Tabla 2) siguiendo las recomendaciones post ejercicio de 1 g CHO/kg de peso corporal (13, 14, 16) inmediatamente después de su entrenamiento y de nuevo a las 2 horas durante el período de recuperación. Se solicitó a los sujetos que registraran la información de entrenamiento (es decir, distancia, tiempo y dolor por medio de una escala analógica visual de 1-10) e índice de esfuerzo percibido (RPE)) durante la semana. Luego de 1 semana los sujetos realizaron un test en bicicleta ergométrica al 85% de $VO_{2m\acute{a}x}$ hasta el agotamiento (22). Antes de realizar la prueba de ciclismo los sujetos realizaron una entrada en calor de 5 min. En los dos tests se midió la CK al inicio de la semana de entrenamiento (condición inicial) y luego nuevamente antes de la prueba de rendimiento. La frecuencia cardíaca (*Polar, Electro Inc Finlandia*) se evaluó en cada minuto durante la prueba contrarreloj hasta el agotamiento en ambos tratamientos. Después de un período de lavado de 1 semana entre las dos intervenciones, los participantes realizaron el segundo período de entrenamiento con una bebida post-ejercicio diferente. En cada tratamiento se realizaron las mismas mediciones (descriptas a continuación).

Períodos de Entrenamiento

Para mantener la uniformidad, los participantes realizaron programas de entrenamiento idénticos durante 7 días (lunes a lunes) durante las 3 semanas del período de investigación. Se les solicitó que mantuvieran un promedio de 32 kilómetros de ciclismo por día. El entrenamiento se prescribió sobre la base de la experiencia y capacidad de cada sujeto. Sin embargo, se mantuvieron niveles de entrenamiento consistentes dentro de los sujetos durante el tratamiento y durante el período de limpieza. La intensidad del entrenamiento se comparó durante las dos intervenciones utilizando el RPE y una escala de dolor (escala analógica visual de 1 a 10) en el día dos y en el día cuatro durante los entrenamientos. Además los participantes llevaron un registro de alimentos de 3 días durante cada período de la intervención para confirmar que las dietas fueran similares entre los dos períodos de tratamiento. También se evaluaron los patrones de sueño en el día dos y el día cuatro durante el período de entrenamiento por medio de la Encuesta de Sueño de Stanford (1=despierto, 7=sumamente somnoliento) (12).

Bebidas de Recuperación y Controles Dietéticos

Los participantes consumieron diariamente la bebida de recuperación (leche chocolatada o CRB) inmediatamente después de la primera sesión de ejercicio y nuevamente después de 2 horas en el período de recuperación. En cada período se proporcionó la misma cantidad de CHO (1,0 g CHO/kg de peso corporal/h) después del ejercicio y de nuevo a las 2 horas durante la recuperación en los tratamientos de CRB y CHOC (Tabla 2). La Tabla 2 presenta la cantidad media de kcals, CHO (g), proteínas (g) y grasas (g) en los dos tratamientos. En los dos tratamientos (CRB y CHOC) las bebidas eran isocalóricas en cuanto a los gramos de CHO y proteínas. La leche chocolatada con bajo contenido de grasa utilizada en este estudio contenía sacarosa (glucosa más fructosa), lactosa (glucosa más galactosa), jarabe de maíz de alta fructosa y cacao (*Fred Meyer*). La bebida CRB utilizada en este estudio (*Endurox R4*, PacificHealth Laboratories, Woodbridge, NJ) contenía carbohidratos complejos (maltodextrina), glucosa, proteína de suero, fructosa cristalina, L-Arginina, acetato de D-l-alfa tocoferol, ciwujia, cloruro de sodio, ácido ascórbico, ácido cítrico, L-Glutamina. A los sujetos se les entregó una botella sin marca que contenía la bebida de recuperación (CHOC, CRB) para llevar a lo largo de la intervención. Se permitió que los sujetos bebieran cuanta agua quisieran durante el período de recuperación de 2 horas, pero no se permitió el consumo de ninguna otra comida o bebida durante el período de recuperación. El tratamiento con bebidas se repitió usando los mismos procedimientos todos los días durante 6 días de cada semana del tratamiento. La preferencia sobre la bebida se evaluó al final del estudio para determinar cual bebida preferían los participantes. Se solicitó a los sujetos que reprodujeran los mismos hábitos dietéticos durante cada período del tratamiento. Cada participante completó un registro de comidas de tres días durante cada prueba el cual fue analizado utilizando el Software *Diet Analysis Plus8.0* (Thomson) para determinar la ingesta total de kilocalorías, carbohidratos (g), proteínas (g) y grasas (g).

Determinaciones

Se determinó la edad (años), talla (centímetros) y masa (kg); y el porcentaje de grasa corporal se estimó mediante calibres de pliegues cutáneos Lange (Cambridge, Md, EE.UU.) con un método de 3 sitios (pecho, abdomen y muslo) (18). El índice de esfuerzo percibido se midió con una escala de 6 a 20 puntos (5). El RPE se registró durante el 2do y 4to entrenamiento en cada tratamiento. El dolor muscular fue evaluado con una escala analógica visual de 10 centímetros (7) con puntos de referencia "ningún dolor en absoluto" en el extremo izquierdo y "dolor insoportable" en el extremo derecho y fue evaluado en los mismos dos días de cada tratamiento. La escala de Sueño de Stanford (SSS) (12) fue utilizada para determinar el grado de sueño, y es una escala que abarca de 1 a 7 (donde 7 significa muy somnoliento). Los registros dietarios de los sujetos fueron analizados para determinar la composición de carbohidratos, proteínas y grasas por medio de un programa de computadora (*Diet Analysis Plus8.0*, Thomson) para confirmar que las dietas de los participantes fueran similares (intra-sujeto) durante los dos tratamientos. Para la determinación de CK se obtuvieron muestras de sangre al inicio del estudio, el lunes antes de la primera sesión de ciclismo (PRE) y antes de la prueba hasta el agotamiento (POST) en los dos tratamientos (CRB y CHOC). La extracción de sangre POST debía ser recolectada ~24 hr después del entrenamiento del domingo para captar los niveles elevados de CK post entrenamiento y efectuar la comparación entre las dos intervenciones (22). Se ha indicado que la acumulación máxima de los niveles de CK se produce en algún momento entre las 6 y 24 hr después del ejercicio (8, 11, 22). Para el objetivo de este estudio, los niveles de CK se midieron ~24 hr después de la última sesión de entrenamiento y antes de la prueba de ciclismo siguiendo lo establecido por Luden et al. (17). Las muestras consistieron en 0,025 ml de sangre y fueron obtenidas de las yemas de los dedos por medio de una lanceta (*Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ*). Para determinar los niveles de CK al inicio del estudio se tomó una muestra de sangre de la yema de los dedos y la misma fue colocada en un tubo separador de plasma (*Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ*) antes del inicio de la primera sesión de ejercicio (PRE). Las muestras de la sangre fueron centrifugadas en dispositivo *Precisión Durafuge 200R (Thermo Scientific)* para separar el plasma. Las muestras de sangre fueron analizadas para determinar la diferencia de absorbancia de CK por minuto utilizando un analizador *Genesys 10 Series (Thermo Spectronic, Rochester, NY)*. Para asegurar la confiabilidad, cada muestra se analizó por duplicado con muestras seriales con una diferencia no mayor a 0,2 mmol·L⁻¹. En el análisis se utilizó el promedio de las dos muestras. Antes del análisis de CK en cada prueba, el analizador *Genesys 10 Series* fue calibrado mediante el uso de la absorbancia milimolar de NADH de 6,22 medida a 340 nm.

Análisis Estadísticos

Se registraron las características descriptivas de los sujetos. En los dos tratamientos se obtuvieron los valores medios de RPE, dolor y HR. Se utilizó un diseño de mediciones repetidas intra-sujeto para contrastar el impacto de las dos intervenciones nutricionales en el daño muscular (CPK) y en el rendimiento. Los datos de los dos períodos del tratamiento fueron comparados mediante un ANOVA de mediciones repetidas de dos factores (tratamiento x tiempo). En aquellos casos en que se obtuvieran índices F significativos en el ANOVA (P <0,05), para establecer en donde se producían las diferencias significativas se utilizó el test post hoc de Tukey. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software SPSS 15.0 para Windows (SPSS, Chicago, EE.UU.). Todos los datos se presentan en forma de Media ± SD. La significancia estadística se fijó en un valor de alfa <0,05.

RESULTADOS

Diez ciclistas entrenados en resistencia completaron este estudio. Las características descriptivas de los participantes se presentan en la Tabla 1. Todos los sujetos confirmaron que no estaban consumiendo ningún suplemento nutricional antes de comenzar el estudio.

Variables	Media \pm DS
Edad (años)	26,9 \pm 7,9
Talla (cm)	177,5 \pm 4,8
Peso (kg)	73,5 \pm 8,7
Grasa Corporal (%)	10 \pm 4,5
VO _{2max} (ml•kg•min ⁻¹)	55,2 \pm 7,8
Watts (prueba 85%)	331 \pm 45,9

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de los participantes (n=10).

El contenido promedio de macronutrientes de las bebidas de recuperación (CHOC y CRB) determinado después de cada prueba se presenta en la Tabla 2. No se observó ninguna diferencia significativa entre las dos bebidas en cuanto al contenido de calorías, carbohidratos y proteínas. Sin embargo se observó una diferencia significativa en el contenido de grasa (g) ($P < 0,01$) entre las bebidas (CHOC 4,6 \pm 1,5 g, CRB 2,7 \pm 1,5 g). Después de la realización del estudio, se solicitó a los participantes que proporcionaran una valoración subjetiva sobre las bebidas. Diez de 10 sujetos prefirieron el sabor y la consistencia de la leche chocolatada.

	CHOC	CRB
Energía (kcal)	411 \pm 49,7	396 \pm 49,7
Carbohidratos (g)	73,2 \pm 8,7	73,2 \pm 8,7
Proteínas (g)	19,1 \pm 2,3	19,4 \pm 2,3
Grasas (g)	*4,6 \pm 1,5	*2,7 \pm 1,5
Volumen (ml)	531 \pm 63	531 \pm 63

Tabla 2. Composición nutricional de las bebidas de recuperación. Los valores se presentan en forma de Media \pm DS. Los valores representan el contenido de macronutrientes en las bebidas de recuperación. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Se solicitó a los sujetos que consumieran la misma ingesta dietética en cada tratamiento. No se observaron diferencias significativas en la ingesta de macronutrientes (kcal, carbohidratos, proteínas y grasas) entre los dos tratamientos (Tabla 3). Con la Encuesta de Sueño de Stanford no se observó ninguna diferencia significativa en los patrones de sueño entre las dos tratamientos en el día 2 (CHOC 3,0 \pm 1,1, CRB 2,56 \pm 1,1) ($P=0,9$) ni en el día 4 (CHOC 2,9 \pm 1,3, CRB 3,0 \pm 1,0) ($P=0,85$). No se observó ninguna diferencia significativa en el dolor muscular en el día 2 (CHOC 2,8 \pm 1,7, CRB 2,8 \pm 1,4) ($P=0,99$) ni en el día 4 (CHOC 4,1 \pm 2,1, CRB 3,8 \pm 2,0) ($P=0,74$) entre los dos tratamientos. No se observaron diferencias significativas en índice de esfuerzo percibido (RPE) en el día 2 (CHOC 12,6 \pm 3,7, CRB 11,0 \pm 3,2) ni en el día 4 (CHOC 13,0 \pm 3,0, CRB 12,6 \pm 3,7) ($P=0,34$, $P=0,77$) entre los tratamientos. El entrenamiento fue similar en los dos tratamientos; el kilometraje promedio diario para CHOC (38,8 \pm 6,4), y CRB (36,4 \pm 4,5) no fue significativamente diferente ($P=0,53$). No se observó ninguna diferencia significativa ($P=0,73$) entre los tratamientos durante tiempo de pedaleo hasta el agotamiento a 85% de VO_{2max} (CHOC 17,4 \pm 13,1 min, CRB 15,5 \pm 9,9 min).

	CHOC	CRB
Energía (kcal)	2770 ± 455,1	2641 ± 2,1
Carbohidratos (g)	387 ± 69,5	370 ± 60,5
Proteínas (g)	127 ± 19,9	118 ± 28,9
Grasas (g)	76 ± 15,9	64 ± 21

Tabla 3. Ingesta dietética diaria promedio (Kcal, carbohidratos, proteínas y grasas) entre los sujetos para cada tratamiento (n=10). Los valores se presentan en forma de Media±DS. Cantidad de bebida consumida inmediatamente después del ejercicio y 2 horas dentro del periodo de recuperación. La cantidad de bebida fue suministrada en función de la masa corporal (1,0 g CHO/kg). *Se observaron diferencias significativas en el contenido de grasa (g) de cada bebida (P<0,05)

No se observaron diferencias significativas (P = 0,87) en los valores de CK-pre entre los dos tratamientos (CHOC 345±244 U/L-1, CRB 363±223 U/L-1). El valor de CK aumentó significativamente (P <0,05) un 64% (+220 UL⁻¹) PRE vs POST en ambos tratamientos. Sin embargo no se observó ninguna diferencia significativa (P=0,95) en CK-post entre los dos tratamientos (CHOC 570±336 U/L-1, CRB 579±383 U/L-1) (Figura 1). Por otra parte en el estudio no se observó ningún efecto principal o de interacción, (tratamiento x tiempo) (P=0,87).

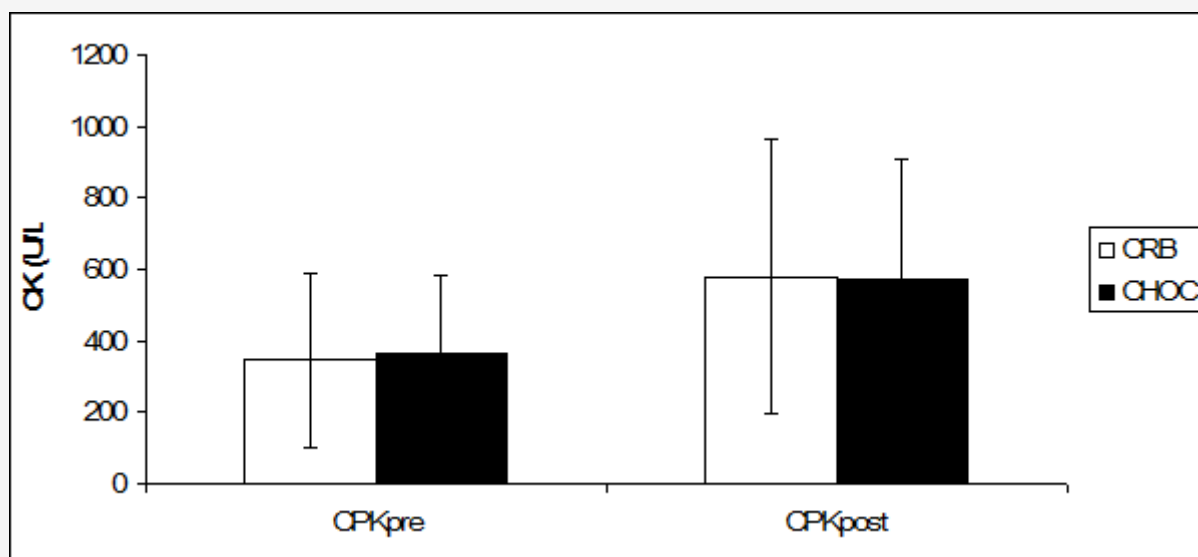


Figura 1. Niveles de CK-Pre y Post en cada tratamiento. No se observaron diferencias entre los tratamientos. Se observaron diferencias significativas (P <0,05) entre los niveles de CK-Pre y Post en cada tratamiento. Los valores se presentan en forma de Media±DS.

DISCUSIÓN

Dado que el glucógeno muscular es el principal sustrato que se utiliza durante el ejercicio de alta intensidad, la recuperación de las reservas de glucógeno muscular en el período de recuperación post-ejercicio es un factor importante que influye en la recuperación y en el rendimiento. El objetivo principal de muchos suplementos disponibles comercialmente es reforzar la recuperación y maximizar el entrenamiento durante el entrenamiento diario. El hallazgo principal de este estudio fue que no se observaron diferencias significativas entre las bebidas en el rendimiento ni en los marcadores de daño muscular después de una semana de suplementación post-ejercicio. El estudio actual fue diseñado para comparar los efectos de dos bebidas de recuperación, CHOC y CRB, consumidas durante un período de 1 semana sobre los marcadores de daño muscular y sobre el rendimiento de resistencia durante una prueba contrarreloj hasta el agotamiento al 85% de VO_{2max}. Las investigaciones han analizado si la adición o no de PRO a una bebida de CHO reduce los índices de daño muscular y mejora la recuperación (11, 22, 28). El mecanismo propuesto por el cual la adición de proteínas

puede mejorar la recuperación es doble: aumento en los niveles de insulina (26); y promoción de la síntesis neta de proteínas del músculo esquelético (11, 26). Sin embargo, existe poca bibliografía en la cual se haya analizado los efectos de dos bebidas de recuperación con el mismo contenido de CHO y proteínas sobre los marcadores de daño muscular en ciclistas entrenados. La mayoría de los estudios sólo analizó los efectos agudos de una bebida de recuperación post-ejercicio. Desde un punto de vista práctico, este estudio fue diseñado para simular el entrenamiento día a día a lo largo del tiempo con la incorporación de una bebida de recuperación.

Las bebidas de recuperación usadas en nuestro estudio aportaron cantidades iguales de CHO y proteínas. No se observaron diferencias significativas en el contenido de calorías entre CHOC (411 calorías) y CRB (395 calorías). Las diferencias en el contenido de calorías pueden ser atribuidas a la grasa adicional presente en la leche chocolatada (CHOC). Es cuestionable el impacto que puede haber producido esta diferencia en el contenido de grasas sobre la recuperación de glucógeno y los ácidos grasos libres circulantes.

Daño Muscular

Pocos trabajos han estudiado la eficacia de una bebida nutricional post-ejercicio consumida durante un tiempo (~6 días) sobre el daño muscular (10, 17, 23). Luden et al. (17) estudiaron los efectos de una bebida de CHO:PRO con antioxidantes (CHO:PRO:A) en comparación con una bebida solo con CHO durante un período de 6 días en corredores y encontraron niveles de CK significativamente ($P < 0,05$) menores con la bebida de CHO:PRO:A (223 ± 161 U/L-1) versus la bebida que contenía solo con CHO (307 ± 313 U/L-1). Sin embargo se observó una diferencia de 19%, en la cantidad de calorías entre las bebidas usadas en este estudio (CHO:PRO:A 458 kcals, y CHO 370 kcals). Los autores especularon que la cantidad de daño muscular observada en el estudio no fue suficiente para afectar negativamente el rendimiento del ejercicio (17). Los niveles de CK observados por Luden et al. (17) fueron similares a los niveles observados en el presente estudio. Por consiguiente, el nivel de daño muscular en este estudio podría no haber sido suficiente para producir alguna diferencia en el rendimiento entre los tratamientos.

Tal como esperábamos, no encontramos ninguna diferencia entre los tratamientos CHOC y CRB en los marcadores de daño muscular (CK-pre y CK-post). Como se esperaba, se observó un aumento significativo de CK-pre a CK-post, pero no se observó ninguna diferencia entre los dos tratamientos. En el presente estudio no se utilizó un tratamiento control porque está ampliamente demostrado que una comida post-ejercicio aporta más beneficios que no comer nada en absoluto (14). En esta investigación el contenido de CK-post fue un 64% significativamente mayor que CK-pre. Debe notarse que el valor de CK-pre se obtuvo después de 24 hr de descanso. Si bien, varias medidas fueron controladas durante la sesión de entrenamiento, es difícil ser definitivo sobre cambios en los valores de CK entre las medidas. Las diferencias entre nuestros resultados y los obtenidos en estudios previos pueden ser atribuidas al hecho de que las bebidas utilizadas en el estudio actual tenían una relación CHO:PRO similar. En contraste con nuestros resultados, Gilson et al. (10) observaron un nivel de CK significativamente menor ($P < 0,05$) después de 4 días de suplementación post-ejercicio con leche chocolatada con bajo contenido de grasa en comparación con una bebida con elevado contenido de CHO en jugadores de fútbol. Sin embargo, las medidas de dolor muscular y mioglobina no fueron significativamente diferentes entre los tratamientos (10).

Se han informado disminuciones en los índices de recuperación, tal como lo indica un valor elevado de creatina quinasa (CK) 12 a 24 hs post ejercicio, por el consumo durante y después de la sesión de ejercicios de una bebida con CHO:PRO en comparación con una bebida solo de CHO (20-24). Estos resultados sugieren que la suplementación con CHO:PRO puede atenuar el daño muscular post-ejercicio. Sin embargo, ninguno de estos estudios utilizó biopsia muscular o alguna técnica de MRI para evaluar medidas directas de ruptura de miofibrillas (24). Más aun, un estudio de Elliot et al. (9) sugiere que el consumo de leche entera después del entrenamiento de resistencia podría haber aumentado la utilización de aminoácidos disponibles para la síntesis de proteínas debido a una mayor captación de fenilalanina y de treonina.

En este estudio los métodos para medir la recuperación son similares a las medidas empleadas en otros estudios. Con limitaciones similares a las de los estudios mencionados previamente, este estudio no realizó medidas directas de daño muscular mediante biopsia muscular. Además, la CK ha sido criticada como un buen marcador de daño muscular debido a las bajas correlaciones con las medidas directas de daño muscular. Además, los índices de clearance de la enzima están relacionados con alteraciones en los niveles de CK (17). Se ha demostrado que CK sería muy variable entre los atletas con un coeficiente de variación que alcanzaría valores tan altos como 200 % (21). Además de medir el nivel de CK, el estudio presente utilizó medidas subjetivas para controlar cualquier diferencia entre los dos tratamientos. No se observaron diferencias significativas en el dolor muscular o RPE post-entrenamiento en días los días 2 y 4 del entrenamiento. Las futuras investigaciones deberían incorporar métodos múltiples para medir marcadores de daño muscular, como medir los niveles de lactato deshidrogenasa (LDH) y los niveles de mioglobina. Debido a los resultados mixtos, se necesitan más investigaciones para determinar los mecanismos específicos por los que la suplementación con CHO:PRO produce cambios prácticos en la recuperación (24).

Rendimiento Físico

Además de analizar los marcadores de daño muscular, este trabajo estudió el rendimiento de resistencia como una medida de recuperación. Planteamos la hipótesis que no habría ninguna diferencia significativa en el tiempo hasta el agotamiento entre los dos tratamientos (CHOC y CRB) debido a la proporción similar de CHO:PRO entre las bebidas. De manera similar a lo observado por otros estudios (10, 17), no observamos ninguna diferencia en el rendimiento entre los tratamientos.

En contraste con nuestros resultados, Karp et al. (16) observaron que los sujetos pedalearon un tiempo 54% mayor con CHOC que con CRB durante una prueba hasta el agotamiento al 70% de VO_{2max} . El período de recuperación en el estudio de Karp fue 4 h en comparación con el período de recuperación de 15 a 18 h usado en el presente estudio. Los autores sugirieron que, debido a que la bebida de recuperación (*Endurox*) utilizada en el estudio consistía en carbohidratos complejos, entonces, quizás no se había contado con el tiempo suficiente para una digestión completa. Además la leche chocolatada que contiene carbohidratos simples, podría haber retardado el agotamiento de glucógeno debido a un posible aumento en circulación de ácidos grasos libres provenientes de la grasa adicional de la CHOC (16). En contraste, aún con un tiempo mayor para que los CRB sean metabolizados, la diferencia de duración en los períodos de recuperación usados en el estudio de Karp et al. (16) que eran de 4 h con la del estudio presente (diariamente), podría haber contribuido a las diferencias observadas en el rendimiento entre estos dos estudios. Nuestro resultado de ausencia de diferencia en el rendimiento podría deberse a la similitud entre las bebidas usadas.

Las variaciones en el estado nutricional antes de participar en el estudio pueden haber afectado el estado de recuperación entre los individuos. La provisión de alimentos pre-ensados siguiendo un diseño de estudio similar al nuestro sería beneficiosa para aumentar la validez interna del estudio, pero esto podría no ser práctico.

La leche chocolatada fue tan eficaz como la bebida de recuperación comercial para atenuar el daño muscular durante una sesión de entrenamiento de una semana. Además, el consumo de leche chocolatada como una ayuda de recuperación post ejercicio produjo resultados de rendimiento similares a CRB. La leche chocolatada podría ser una opción útil para deportistas que buscan una bebida de recuperación que sea relativamente barata y fácilmente disponible (16). Las futuras investigaciones deben analizar los efectos de la leche chocolatada consumida durante un período más largo de tiempo.

Conclusiones

Sobre la base de los resultados del presente estudio, la leche chocolatada sería tan eficaz para mejorar la recuperación como una bebida comercial y tendría un menor costo. Dado que la relación CHO:PRO de la leche chocolatada es similar a muchas bebidas de recuperación comerciales, quizás podría comercializarse como una opción para deportistas que buscan una bebida de recuperación post-ejercicio.

Dirección para Envío de Correspondencia

Pritchett KL, PhD, Department of Health, Human Performance, and Nutrition, Central Washington University, Ellensburg, WA, US, 98926. Phone (205)887-1809; Email: Kkerr@cwu.edu.

REFERENCIAS

1. Lippincott Williams and Wilkins (2009). Guidelines for exercise testing and prescription. *American College of Sports Medicine. 8th Edition. Philadelphia, PA*
2. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. Nutrition and Athletic Performance (2009). Joint Position Statement of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the Medicine and American College of Sports Medicine. *J Amer Diet Assoc 109: 509-527*
3. Berardi JM, Price TB, Noreen EE, Lemon PWR (2006). Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc; 38(6):1106-1113*
4. Betts JA, Stevenson E, Williams C, Steppard C, Grey E, Griffin J (2005). Recovery of endurance running capacity: effect of carbohydrate-protein mixtures. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab;15:590-609*
5. Borg G (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc;14:377-381*
6. Clarkson PM, Kearns AK, Rouzier P, Rubin R, Thompson PD (2006). Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Med Sci Sports Exerc; 38(4):623-627*
7. Dannecker EA, Koltyn K, Riley JL, Robinson ME (2003). Sex differences in delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fit; 43(1):78-84*
8. Ebelling CB, Clarkson PM Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med 7: 207-234*
9. Elliot TA, Cree MG, Sanford AP, Wolfe RR, Tipton KD (2006). Milk ingestion stimulates net protein synthesis following resistance

- exercise. *Med Sci Sports Exerc*; 38(4):667-674
10. Gilson SF, Saunders MJ, Moran CW, Moore RW, Womack CJ, Todd K (2010). Effects of chocolate milk consumption on markers of muscle recovery following soccer training: a randomized cross-over study. *J Inter Soc Sports Nutr*; 7(19):2-10
 11. Green MS, Corona BT, Doyle JA, Ingalls CP (2008). Carbohydrate-protein drinks do not enhance recovery from exercise-induced muscle injury. *Int J Sports Nutr Exerc Metab*; 18:1-18
 12. Hoddes E, Dement W, Zarcone V (1972). The development and use of the Stanford sleepiness scale. *Psychophysiology*; 9:150
 13. Ivy JL, Goforth HW, Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB (2002). Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol*; 93:1337-1344
 14. Jentgens RL, Jeukendrup AE (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short term recovery. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab*; 33(2):117-144
 15. Jentgens RPLG, Van Loon LJ, Mann CH, Wagenmakers AM, Jeukendrup AE (2001). Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *J Appl Physiol*; 93:839-846
 16. Karp JR, Johnston JD, Tecklenburg S, Mickleborough TD, Fly AD, Stager JM (2006). Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *Int J Sports Nutr Exerc Metab*; 16:78-91
 17. Luden ND, Saunders MJ, Todd K (2007). Postexercise carbohydrate-protein-antioxidant ingestion decreases plasma creatine kinase and muscle soreness. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab*; 17:109-123
 18. Pollock ML, Schmidt DH, Jackson AS (1980). Measurement of cardiorespiratory fitness and body composition in the clinical setting. *Clinical Therapy*; 6:12-27
 19. Pritchett KL, Bishop PA, Pritchett RC, Green JM, Katica C (2009). Acute effects of chocolate milk and a commercial recovery beverage on post-exercise muscle damage and cycling performance. *J Appl Phys Nutr & Metab*; 34(6):1017-1022
 20. Ready SL, Seifert JL, Burke E (1999). The effects of two sports drinks formulations on muscle stress and performance. *Med Sci Sports Exerc*; 31:S119
 21. Romano-Ely BC, Todd K, Saunders MJ, St. Laurent T (2006). Effect of an isocaloric carbohydrate-protein-antioxidant drink on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*; 38(9):1608-1616
 22. Saunders MJ, Kane MD, Todd MK (2004). Effects of carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*; 36(7):1233-1238
 23. Skillen RA, Testa M., Applegate EA, Heiden EA, Fascetti AJ, Casazza GA (2008). Effects of an amino acid-carbohydrate drink on exercise performance after consecutive-day exercise bouts. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab*; 18:473-492
 24. Valentine RJ, Saunders MJ, Todd MK, St. Laurent TG (2008). Influence of carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and indices of muscle disruption. *Inter J Sport Nutr Exerc Metab*; 18(4):363-378
 25. Van Hall G, Shirreffs SM, Calbert JAL (2000). Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: No effect of additional protein ingestion. *J Appl Physiol*; 88:1631-1636
 26. Van Loon LJ, Saris WM, Ruijshoopanda MK, Wagenmakers AM (2000). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate. *Amer J Clin Nutr*; 72:106-111
 27. White JP, Wilson JM, Austin KG, Greer BK, St. John N, Panton LB (2008). Effect of a carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. *J Internat Soc Sports Nutr*; 5(5):117-131
 28. Williams MB, Raven PB, Fogt DL, Ivy JL (2003). Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res*; 17:12-19
 29. Zawadzki KM, Yaspelkis BB, Ivy JL (1992). Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol*; 72:1854-1859

Cita Original

Pritchett KL, Pritchett RC, Green JM, Katica C, Combs B, Eldridge M, Bishop P. Comparisons of Post-Exercise Chocolate Milk and a Commercial Recovery Beverage following Cycling Training on Recovery and Performance.;14(6):29-39, JEPonline, 2011.