

Monograph

Efectos de la Suplementación con β -Hidroximetilbutirato de Calcio (HMB) Durante el Entrenamiento sobre los Marcadores del Catabolismo, Composición Corporal, Fuerza y Rendimiento de Esprint

Richard B Kreider¹, Edward Cantler¹, Pamela Grindstaff¹, Anthony L Almada¹, Mike Greenwood¹, M Ferreira¹, S Plisk¹, J Reinardy¹ y M Wilson¹

¹*Exercise & Sport Nutrition Laboratory, Department of Human Movement Sciences & Education, Department of Intercollegiate Athletics, The University of Memphis, Memphis, TN, Estados Unidos.*

RESUMEN

Ha sido informado que la suplementación con β -hidroximetilbutirato de calcio reduce el catabolismo y favorece la ganancia de fuerza y de masa muscular magra en individuos desentrenados que comienzan a entrenar. Sin embargo no está claro cuales son los efectos de la suplementación con HMB sobre la fuerza y sobre los cambios en la composición corporal durante el entrenamiento en atletas. En este trabajo se estudiaron los efectos de la suplementación con hidroximetilbutirato de calcio durante 28 días, durante la realización de ejercicio intenso sobre los marcadores del catabolismo, composición corporal, fuerza y rendimiento de esprint. De modo aleatorio y en doble ciego, 28 jugadores de fútbol americano de la división I-A de la NCAA fueron divididos en dos grupos y suplementaron su dieta durante 28 días a lo largo del entrenamiento de invierno de fuerza/agilidad (8 hs/semana aprox.) con un suplemento placebo de carbohidratos (P) o el suplemento placebo más 3 g/día de la sal de calcio del hidroximetilbutirato (HMB). Antes y después de la suplementación: se obtuvieron registros dietarios y muestras de sangre en ayuno; la composición corporal se determinó mediante DEXA; los participantes realizaron press de banca y sentadilla con barra, en esfuerzo máximo, tests de repeticiones isotónicas en cargadas de potencia, tests de esprint repetidos en bicicleta ergométrica (12 esprints x 6 s con 30 s de descanso para recuperarse) con el objeto de simular un 12 avances o *drives* de un partido de fútbol americano. Los resultados no arrojaron diferencias significativas en los marcadores de catabolismo, flujo enzimático de músculo/hígado, parámetros hematológicos, composición corporal, volumen de los levantamientos combinados, o rendimiento de esprints repetidos entre el grupo que recibió el placebo y el grupo HMB. Los resultados indicaron que la suplementación con HMB (3 g/día) durante el entrenamiento universitario de fuerza/agilidad fuera de temporada, no reduce el catabolismo ni aporta beneficios ergogénicos.

Palabras Clave: β -hidroxi- β -metil butirato, ejercicio, nutrición deportiva, suplementos dietarios, beneficios ergogénicos

INTRODUCCION

El metabolito de la leucina β -hidroximetilbutirato (HMB) se ha convertido recientemente en un suplemento dietario popular consumido para promover la ganancia en masa muscular magra (FFM), reducir la grasa corporal e incrementar la fuerza durante entrenamiento de la fuerza. La razón de esto es que se ha informado que la leucina y algunos metabolitos derivados de la misma como el β -isocaproato (KIC) inhiben la degradación de las proteínas (1, 2).

Se ha sugerido que los efectos antiproteolíticos de la leucina y del KIC estarían regulados por el metabolito derivado de la leucina, HMB (2). Estudios en animales indicaron que el HMB se sintetiza a partir del KIC principalmente como un subproducto del metabolismo de la leucina y que aproximadamente un 5% de la leucina oxidada se convierte en HMB (3). Además, la adición de HMB a alimentos balanceados aumentó el contenido graso del calostro y el rendimiento en cerdos (4), favoreció la calidad del esqueleto de novillos (5), disminuyó los marcadores del catabolismo durante el entrenamiento en caballos (6) y mejoró numerosos marcadores de las funciones inmunes en pollos (7, 8). Sobre la base de estos hallazgos, se ha planteado la hipótesis de que mediante la suplementación de la dieta de humanos con leucina o HMB podría inhibirse la degradación de proteínas durante periodos asociados con un aumento en la proteólisis como por ejemplo el entrenamiento de la fuerza.

Aunque mucha de la información disponible referente a la suplementación con HMB en los humanos es preliminar en la naturaleza, hay varios artículos y resúmenes recientemente publicados que apoyan esta hipótesis. En este aspecto, se ha informado la infusión de leucina para disminuir la degradación de proteínas en los humanos, lo que sugiere que la leucina podría actuar como regulador del metabolismo de las proteínas (1). Además, Nissen y cols. informaron que varones (2) y mujeres desentrenados (2, 9) que comenzaban un programa de entrenamiento de la fuerza experimentaron mayores aumentos en masa muscular magra (FFM) y/o en fuerza cuando se les administró entre 1.5 a 3 g/d de HMB (en forma de sal del calcio) a lo largo de 3 a 4-semanas. Estos aumentos estaban asociados con valores significativamente menores de flujo enzimático muscular y excreción en orina de 3 metilhistidina, lo que sugiere que los participantes que ingirieron HMB experimentaron menos catabolismo durante el entrenamiento (2). Vukovich y cols. (10) informaron que la suplementación durante 8 semanas con HMB (3 g/día como sal del calcio) aumentó significativamente la FFM (-0.58 contra 1.5%), redujo la masa grasa (0.27 vs. -2.2%), y promovió mayores incrementos en la fuerza en 1RM de los miembros inferiores y superiores en un grupo de mujeres y varones ancianos que comenzaban el entrenamiento. De modo similar, Panton y cols. (11) informaron que la suplementación con HMB durante 8 semanas de entrenamiento de la fuerza incrementó la capacidad funcional para levantarse, caminar, y sentarse, en un grupo de personas ancianas. Finalmente, Gallagher y cols. (12) evaluaron los efectos de la suplementación con HMB (0.38 y 0.76 mg.kg⁻¹.día⁻¹) durante 8 semanas de entrenamiento de la fuerza en hombres previamente desentrenados. Los investigadores informaron que la suplementación con HMB promovió una excreción significativamente menor de creatinquinasa y mayores ganancias en masa muscular (solamente en el grupo que recibió 0.38 mg.kg⁻¹.día⁻¹) en comparación con el grupo que recibió el placebo. Estos resultados preliminares en conjunto sugieren que la suplementación de la dieta con 1.5 a 3 g/día de HMB podría aumentar los cambios inducidos por el entrenamiento en la FFM y fuerza en sujetos desentrenados que están comenzando con un entrenamiento (2, 7, 13).

No está claro, si la suplementación con HMB reduce los marcadores del catabolismo del cuerpo entero y/o promueve mayores ganancias en FFM y fuerza durante el entrenamiento en atletas bien entrenados. Nissen y colegas (2) informaron que la suplementación con hidroximetilbutirato de calcio (3 g/día de HMB como sal del calcio) ingerido en conjunto con el suplemento en polvo de reemplazo de comida que contiene carbohidratos y proteínas fortificado con vitaminas y minerales aumentó significativamente la FFM (2.7 kg) durante la primeras 3 a 4 semanas de un programa de 7 semanas de entrenamiento de la fuerza fuera de temporada de fútbol americano universitario, en comparación con los sujetos que ingirieron una cantidad isoenergética de jugo de naranja. Sin embargo, no se registraron diferencias significativas, entre los grupos en la FFM luego de 7 semanas de entrenamiento de la fuerza. Además, no quedó claro si las ganancias observadas en FFM se debían a la suplementación con HMB, a la ingesta del suplemento de carbohidratos y proteínas fortificado con vitaminas y minerales, y/o a un efecto sinérgico entre el HMB y uno o más de los ingredientes que contenía el suplemento fortificado. En otro estudio, Vukovich y cols. (13) informaron que la suplementación durante 14 días con HMB (3 g/día como sal del calcio) a lo largo del entrenamiento causó aumentos significativamente mayores en el tiempo transcurrido hasta el agotamiento, en el umbral del lactato, y en el consumo de oxígeno máximo en ciclistas entrenados (10).

Este resultado sugiere que la suplementación con HMB podría promover algunos valores ergogénicos durante el ejercicio intenso. Sin embargo, el mecanismo por el cual se produjeron los aumentos observados no ha sido determinado. Recientemente, Kreider y cols. (14) administraron un suplemento de carbohidratos y proteínas fortificado con vitaminas y minerales que contenía 0,3 o 0,6 g/día de HMB a atletas experimentados entrenados en fuerza, durante los 28 días del entrenamiento. Los resultados revelaron que si bien se observaron tendencias, la suplementación con HMB no afectó significativamente los marcadores de degradación del músculo, masa muscular o fuerza.

Si bien parecería que la suplementación con HMB aumentaría las adaptaciones al entrenamiento en sujetos desentrenados, es necesario realizar investigaciones adicionales antes de establecer conclusiones definitivas con respecto al valor ergogénico de la suplementación con HMB en atletas. El objetivo de este estudio fue determinar si la suplementación con HMB durante entrenamientos intensos de agilidad y fuerza afecta los marcadores de catabolismo de todo el cuerpo, la composición corporal, el volumen de levantamientos isotónicos, y /o el rendimiento de esprint repetitivo en jugadores de fútbol americano universitarios.

MÉTODOS

Participantes

En este estudio participaron veintiocho miembros del equipo de fútbol americano universitario de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario (NCAA) y realizaron voluntariamente entrenamiento de fuerza y agilidad en la temporada invierno/primavera.

Se informó a los participantes acerca de la metodología experimental y los mismos firmaron un consentimiento por escrito avalado por los protocolos que regulan la participación de personas de la Universidad de Memphis y el Colegio Americano de Medicina del Deporte.

Las características físicas de los participantes fueron (media±desviación estándar) 20.0±1.5 años de edad, 96.9±18 kg de masa corporal, 183±3 cm de altura, 17.4±7 % de grasa corporal y tenían valores de una repetición máxima (1 RM) de 138±22 kg en la press de banca; 210±35 kg en sentadilla con barra, y 117±15 kg en las cargadas de potencia colgado.

Los participantes firmaron declaraciones que indicaban que no consumían esteroides anabólicos y que según las reglas de la NCAA podrían ser sometidos al azar a análisis de drogas durante el estudio. A lo largo del estudio, 15 participantes fueron aleatoriamente seleccionados por la NCAA para realizar análisis de drogas mediante dos muestreos independientes. Todos los estudios resultaron negativos para la presencia de esteroides anabólicos/androgénicos de acuerdo a los criterios de la NCAA.

Mas aún, en los atletas de la universidad no se han registrado resultados positivos para el consumo de esteroides anabólicos/androgénicos a lo largo de los 9 años anteriores de evaluaciones de la NCAA.

Diseño Experimental

Los participantes recibieron las viandas de comida habituales prescritas para el entrenamiento a lo largo de todo el estudio. Las comidas consistieron en la ingesta ad libitum de un plato principal y de un número limitado de porciones servidas en las comidas de entrenamiento para el equipo.

Por lo tanto, si bien se les permitía a los atletas seleccionar sus propias comidas e ingerir alimentos fuera de las viandas, las dietas de los atletas fueron similares. Además no se les permitió la ingesta de creatina, HMB o beta-agonistas a lo largo de un período de 8 semanas previas al comienzo de la suplementación. También se les indicó la imposibilidad de ingerir cualquier otro suplemento nutricional, ayudas ergogénicas recomendadas o drogas sin receta durante el transcurso del estudio.

Antes de comenzar la suplementación, los participantes realizaron dos sesiones de familiarización y realizaron pruebas de pre-suplementación durante las dos primeras semanas de entrenamiento de la fuerza de invierno. En la primera sesión de familiarización, se explicaron los procedimientos del estudio, se determinó la masa corporal de los participantes, y se completaron formularios con el historial médico y de entrenamiento. Además los participantes practicaron el test de esprint en bicicleta ergométrica que iba a ser utilizado en el estudio. Esta prueba fue diseñada para simular 12 avances o aceleraciones de fútbol americano. Por lo tanto, los participantes realizaron 12 x 6 esprints de máximo esfuerzo en una bicicleta ergométrica computarizada con 30 seg de descanso entre cada esprint con una tasa de trabajo estandarizada. Los participantes realizaron una prueba de esprint adicional antes de la prueba de suplementación. Los detalles completos del protocolo de esprint empleado en esta investigación se describen en la sección procedimientos de este manuscrito. Además, un nutricionista matriculado indicó a los participantes como informar la ingesta nutricional.

Las determinaciones previas a la suplementación consistieron en: 1) un registro de ingesta de alimentos de cuatro días (incluyendo un día del fin de semana); 2) Extracción de sangre venosa luego de 8 horas de ayuno; 3) determinación de la masa corporal total, contenido total de agua corporal y composición corporal; 4) rendimiento en tests isotónicos de esfuerzo máximo y bajas repeticiones en press de banca, sentadilla con barra y cargada de potencia colgado y 5)

rendimiento en una prueba de esprint de 12 x 6 con 30 seg de recuperación entre los esprints en una bicicleta ergométrica computarizada.

De manera aleatoria y en doble ciego, los participantes fueron agrupados por masa corporal total y posición ocupada en el equipo y fueron asignados a los dos grupos: grupo placebo que recibió a lo largo de 28 días un suplemento que contenía 99 g/día de glucosa, 3 g/día de taurina, 1,1 g/día de Fosfato disódico y 1,2 g/día de fosfato de potasio, (Grupo P); y el otro grupo que recibió durante 28 días el suplemento que contenía 99 g/día de glucosa; 3g/día de taurina, 1,1 g/día de fosfato disódico y 1,2 g/día de fosfato de potasio y 3g/día de HMB en forma de sal de calcio (grupo HMB). Los suplementos fueron preparados en polvo por un laboratorio científico de alimentos independiente y tenían idéntica textura, sabor y apariencia. Los suplementos fueron envasados en recipientes de aluminio genéricos para la posterior administración en doble ciego. Los participantes mezclaron el suplemento en polvo con 0,25 L de agua y bebieron esta solución con las comidas (desayuno, almuerzo y cena).

Los paquetes de suplementos fueron administrados en cajas cerradas codificadas que contenían la dosis para 15 días del suplemento. Se verificó el cumplimiento de la toma del suplemento por medio de un asistente que debía recolectar los sobres de suplemento vacíos a lo largo de todo el estudio. Los participantes debían devolver los sobres vacíos para poder recibir las siguientes dosis de suplemento. Además los participantes debían devolver los sobres vacíos de todo el estudio para poder recibir el incentivo por la participación en el estudio (i.e., 4 latas de *Fosfagain, Experimental & Applied Sciences, Golden, CO*). Así el cumplimiento de la toma del suplemento fue excelente.

Durante el período de suplementación de 4 semanas, los sujetos participaron en un programa de entrenamiento de agilidad y fuerza estandarizado. El programa consistió en 5 hs/semana de entrenamiento de fuerza intenso, realizado los días Lunes, Martes, Jueves y Viernes por la tarde, así como también un entrenamiento de agilidad de esprint de 3 hs/semana realizado a las 6:00 am los días Lunes, Miércoles y Viernes. Los primeros levantamientos realizados incluyeron press de banca, press de banca inclinada, press de hombros, dorsales en polea, remo sentado en polea, remo alto, abdominales, sentadilla, sentadilla hack, flexiones de rodilla, cargadas de potencia colgado, y enviñ. Los levantamientos fueron asignados en un programa estructurado con una rotación semanal de levantamientos/series/repeticiones dentro de un microciclo de 4 semanas (e.g. 1 a 3 series de 2-8 repeticiones, en intensidades que abarcaban de 60 a 95% de 1 RM). El entrenamiento de agilidad consistió en realizar esprints de alta intensidad y ejercicios de agilidad de fútbol americano. El entrenamiento fue realizado completamente bajo la supervisión de entrenadores de fuerza certificados y/o auxiliares de entrenadores de fútbol americano. La asistencia fue controlada y aquellos participantes que perdían sesiones de entrenamiento debían recuperarlas según lo establecido en la política del equipo.

Luego de los 28 días del período de suplementación, los participantes realizaron las evaluaciones post-suplementación de manera similar a las pruebas pre-suplementación. Así se registró la dieta durante 4 días, se tomó una muestra de sangre venosa en ayuno; se determinaron la masa corporal, el contenido de agua corporal y la composición corporal. Lo participantes realizaron los tests isotónicos de esfuerzo máximo y con bajas repeticiones en press de banca, sentadilla con barra y cargadas de potencia; y el esprint de 12 x 6 s en bicicleta ergométrica con 30 segundos de recuperación pasiva entre los esprints.

Procedimientos

La ingesta nutricional fue monitoreada durante 4 días antes del comienzo de la suplementación y durante la última semana de la misma. Esto se realizó mediante el control de un nutricionista certificado y de los asistentes de investigación que registraron todos los alimentos y líquidos ingeridos con las comidas proporcionadas en las viandas de entrenamiento. Además los participantes informaron la ingesta de cualquier comida o bebida consumida entre las comidas durante este período. Los registros nutricionales fueron luego analizados por el nutricionista mediante un *software* de análisis nutricional Food Processor III (*Nutritional System, Salem, OR*).

Los sujetos realizaron un ayuno de ocho horas previo a la extracción de sangre venosa. Las muestras de sangre venosa fueron obtenidas entre las 6:00 y 7:30 am mediante punción venosa de la vena antecubital del antebrazo utilizando un procedimiento estándar de flebotomía. La sangre venosa fue recogida en tubos de separación sérica de 10 mL (SST) y tubos de 5 mL con anticoagulante (K3). Los tubos SST fueron centrifugados a 5000 rpm durante 10 min en una centrífuga Biofuge 17R (*Haraeus Inc. Germany*). Las muestras fueron refrigeradas y enviadas en recipientes fríos durante la noche a los Laboratorios Clínicos de Corning (*St. Louis, MO*) para que sean analizadas. Se realizó un análisis químico completo (31 determinaciones) a las muestras de suero utilizando un analizador químico automático Technicon DAX modelo 96-0147 siguiendo procedimientos clínicos estándar (*Technicon Inc, Terry town, NY*). El conteo de las células sanguíneas con los porcentajes diferenciales fueron realizados en muestras de sangre completas utilizando un analizador automático Coulter STKS siguiendo procedimientos estándar (*Coulter Inc., Hialeah, FL*).

La masa corporal fue determinada mediante una balanza digital calibrada con una apreciación de $\pm 0,02$ kg (*Sterling Scale Co., Southfield, MI*). El contenido de agua corporal total fue estimado (15) utilizando un Analizador *Bioelectrical*

Impedance Valhalla 1990b (San Diego, CA). Las mediciones de composición corporal total (excluyendo el cráneo) fueron realizadas mediante un absorciómetro dual de rayos X (DEXA) con la versión *Hologic V7 del software REV F* (Waltham, MA) utilizando procedimientos descriptos previamente (16, 17). El DEXA mide la cantidad de hueso, grasa, y masa de tejido blando libre de grasa que está incluido en un intervalo de densidad estandarizado utilizando una metodología de absorción de rayos x de energía doble. El DEXA explora (*scans*) diferentes regiones del cuerpo (brazo derecho, brazo izquierdo, tronco, pierna derecha y pierna izquierda) para determinar el contenido de masa ósea, masa grasa, y masa magra de tejido blando dentro de cada región. Todos estos valores explorados, son luego sumados para obtener los valores de todo el cuerpo (excluyendo el cráneo). El porcentaje de grasa corporal fue calculado dividiendo la cantidad de masa grasa determinada por el total de la masa registrada (suma de la masa ósea, masa grasa, y masa magra de tejido blando). Se ha establecido que el DEXA es un método altamente confiable ($r=0,99$) y preciso (coeficiente de variación de 0,5-1%) para la determinación los segmentos de composición corporal de los individuos (18, 19, 20, 21).

Durante la exploración inicial los participantes fueron ubicados siguiendo criterios estandarizados. Las determinaciones realizadas por el DEXA fueron supervisadas por un técnico radiólogo matriculado. Los procedimientos de control de calidad (QC) de calibración fueron realizados en un patrón o *spine phantom* (*Anthropometric Spine Phantom* Hologic X-CALIBER Modelo DPA/QDR-1) antes de cada sesión de determinaciones según procedimientos previamente descriptos (16, 22, 17). Los valores de los coeficientes medios de variación en el contenido mineral óseo (BMC) y densidad mineral ósea (BMD) tomaron valores de entre 0,41 y 0,55 % a lo largo de la vida de la unidad. Las pruebas de confiabilidad de las repeticiones realizadas en atletas masculinos con el DEXA arrojaron una desviación media para el BMC total y para la masa total de tejido blando libre de grasa de 0,31 % con una correlación media intraclass de 0,985 (16).

Los participantes realizaron tests isotónicos de esfuerzo máximo en press de banca, sentadilla y cargadas de potencia colgado con el fin de determinar el volumen de levantamiento según los procedimientos previamente descritos (17). Se seleccionó esta metodología para la evaluación por consultas con los entrenadores de fuerza, dado que se asemejó al tipo de entrenamiento de fuerza que realizaban los atletas durante el estudio (i.e. un ciclo periódico de 4 semanas con pocas repeticiones). Los atletas calentaron y luego realizaron un test de repeticiones de máximo esfuerzo. El peso empleado fue el que el entrenador de fuerza estimó que el atleta podía levantar entre 4 a 8 veces, basándose en el rendimiento en los levantamientos de los entrenamientos. El volumen de los levantamientos fue determinado multiplicando la cantidad de peso levantado por el número de repeticiones realizadas. El volumen total de levantamiento fue calculado sumando los volúmenes de levantamiento en press de banca, sentadilla y cargadas de potencia colgados. Todas las series de tests isotónicos fueron realizados bajo la supervisión de un entrenador de fuerza certificado siguiendo criterios de levantamiento estandarizados (23, 24, 25).

Los tests de esprint fueron realizadas en una bicicleta ergométrica computarizada *CardiO₂*TM equipada con punteras en una tasa de trabajo estandarizada de $3.85 \text{ J.kg}^{-1}.\text{rev}^{-1}$ (*ErgometRx Corp., St. Paul, MN*). La posición del asiento fue estandarizada entre los tests. El ergómetro fue conectado mediante una interfase paralela RS232 a una computadora Dell 466/Le Optiplex (*Dell Computer Corp., Austin, TX*) utilizando los softwares *ErgometRx Cardioscribe*TM y *Exerscribe*TM (*ErgometRx Corp., St. Paul, MN*). La frecuencia de pedaleo fue determinada mediante un encoder óptico de referencia de cristal con un intervalo de precisión de 0 a 200 rev/min y con una apreciación de $\pm 1 \text{ rev/min}$. El torque aplicado en el pedal fue determinado mediante una galga extensiométrica calibrada con un intervalo de 0 a 2000 W y una precisión de $\pm 1\%$. Los datos fueron registrados y transmitidos a una computadora a 2Hz.

Análisis Estadísticos

Los datos nutricionales, hematológicos, de composición corporal y de fuerza fueron analizados mediante un análisis de varianza para mediciones repetidas (ANOVA) 2x2, utilizando un *software* SPSS para Windows, versión 8.0 (*SPSS Inc., Chicago, IL*). Los valores delta (pre y post) fueron calculados en variables seleccionadas y analizados mediante un ANOVA de una vía. Para normalizar las diferencias entre los grupos en el rendimiento de esprint pre-suplementación, los datos de trabajo del día 28 fueron analizados mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) utilizando los datos del día 0 como covariable. Las estimaciones de potencia sobre la base de este diseño experimental alcanzaron valores de potencia de 0,15, 0,72 y 0,98 para efectos pequeños (0,25), moderados (0,75) y grandes (1,25) respectivamente. La potencia observada varió desde 0,05 hasta 0,99 para los niveles de alfa de grupo, tiempo e interacción. Los datos se presentan como $\text{media} \pm \text{desviación estándar}$. Los datos se consideraron significativamente diferentes cuando la probabilidad de error fue menor o igual a 0,05.

RESULTADOS

Efectos colaterales

Los participantes toleraron bien los protocolos de suplementación y no se informaron problemas o síntomas médicos en los cuestionarios posteriores al estudio que fueron proporcionados de modo anónimo.

Los entrenadores de los atletas tampoco observaron ni debieron tratar complicaciones médicas significativas durante el estudio.

Ingesta Nutricional

En la Tabla 1 se observa el análisis de los datos dietarios de los grupos P y HMB. No se observaron interacciones significativas entre los grupos P y HMB en los promedios de la ingesta diaria relativa de energía, de carbohidratos o de grasas. La ingesta de proteínas disminuyó significativamente en el grupo P luego de la suplementación (0,3 g/kg) y fue significativamente menor que la del grupo HMB. Adicionalmente, en el grupo P los promedios de la ingesta total de energía y de carbohidratos fueron significativamente menores que las del grupo HMB durante el transcurso del estudio.

Perfiles de la Química Sanguínea

La Tabla 2 presenta los marcadores seleccionados del catabolismo de todo el cuerpo y de las enzimas musculares y hepáticas. No se observaron interacciones significativas entre los grupos P y HMB para ninguna de estas variables. Además tampoco se observaron interacciones significativas entre los grupos en el contenido sérico total de proteínas, albúmina, globulinas, fosfatasa alcalina, β -glutamilttransferasa, glucosa, sodio, potasio, cloro, calcio, calcio ionizado, fósforo, colesterol total, triacilglicéridos, lipoproteínas de alta densidad, lipoproteínas de baja densidad, lipoproteínas de muy baja densidad, leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos, hemoglobina, hematocrito, bilirrubina total, hierro total, plaquetas, glóbulos rojos, profundidad de distribución de los glóbulos rojos, volumen corpuscular medio, o volumen plaquetario medio.

Composición corporal

La Tabla 3 presenta los datos de composición corporal obtenidos en los días 0 y 28 de la suplementación mientras que la Figura 1 presenta las variaciones en los valores medios de la composición corporal desde el día 0. Los entrenamientos dieron como resultados incrementos significativos en la masa corporal total, masa de tejido blando/magra y masa ósea y disminución en el porcentaje de grasa corporal en ambos grupos. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en cambios en la masa corporal total, contenido de agua corporal total, masa explorada (*scanned*), masa de tejido blando magro, masa grasa, masa ósea o porcentaje de grasa corporal.

Variable	Grupo	Día 0	Día 28	p	
Ingesta energética (kcal.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	P	41.7±10.0	36.9±10.2	Grupo	0.06
	HMB	46.7±14.2	47.3± 8.9	Tiempo	0.32
				Grupo x Tiempo	0.20
Carbohidratos (g.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	P	4.7±1.2	4.8±1.2	Grupo	0.04
	HMB	5.6±2.3	6.0±1.1	Tiempo	0.47
				Grupo x Tiempo	0.66
Proteína (g/kg ⁻¹ .d ⁻¹)	P	1.8±0.4	1.5±0.5' #	Grupo	0.19
	HMB	1.8±0.5	1.9±0.4 *	Tiempo	0.30
				Grupo x Tiempo	0.04
Grasas (g.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	P	1.8±0.5	1.4±0.4	Grupo	0.66
	HMB	1.8±0.4	1.5±0.3	Tiempo	0.001
				Grupo x Tiempo	0.30

Tabla 1. Datos correspondientes a la ingesta dietaria media diaria para los grupos P y HMB. Los datos son presentados como media±desviación estándar. * Representa diferencia significativa a un nivel $p<0.05$ con respecto al grupo P. # Representa diferencia significativa a un nivel $p<0.05$ con respecto al grupo HMB. ' Representa diferencia significativa a un nivel $p<0.05$ con respecto al Día 0.

Fuerza

No se observaron diferencias significativas entre los grupos en cambios en el volumen de levantamiento en press de banca ($P=-5\pm 134$; HMB= -9 ± 182 kg, $p=0.95$), volumen de levantamiento en sentadilla ($P=267\pm 308$; HMB= 111 ± 358 kg, $p=0.23$), volumen de levantamiento en cargadas de potencia ($P=921\pm 326$; HMB= 1140 ± 470 kg, $p=0.17$), o volumen total del levantamiento en los tres levantamientos combinados ($P=1184\pm 517$; HMB= 1241 ± 697 kg, $p=0.80$).

Variable	Grupo	Día 0	Día 28	p	
Creatinina ($\mu\text{mol/L}$)	P	104 \pm 9	109 \pm 13	Grupo	0.43
	HMB	104 \pm 14	114 \pm 13	Tiempo	0.003
				Grupo x Tiempo	0.23
Nitrógeno de la Urea (mmol/L)	P	4.4 \pm 1.3	6.4 \pm 1.0	Grupo	0.85
	HMB	5.6 \pm 1.3	6.1 \pm 1.4	Tiempo	0.001
				Grupo x Tiempo	0.40
Relación Nitrógeno de la Urea/Creatinina	P	12.3 \pm 3.4	14.7 \pm 2.6	Grupo	0.61
	HMB	12.4 \pm 3.2	13.4 \pm 3.4	Tiempo	0.003
				Grupo x Tiempo	0.20
Acido Úrico ($\mu\text{mol/L}$)	P	416 \pm 114	561 \pm 91	Grupo	0.93
	HMB	391 \pm 91	578 \pm 133	Tiempo	0.001
				Grupo x Tiempo	0.33
CK(IU/L)	P	251 \pm 132	427 \pm 226	Grupo	0.51
	HMB	271 \pm 219	515 \pm 323	Tiempo	0.001
				Grupo x Tiempo	0.40
LDH(IU/L)	P	158 \pm 13	176 \pm 21	Grupo	0.34
	HMB	147 \pm 23	172 \pm 24	Tiempo	0.001
				Grupo x Tiempo	0.18
AST(IU/L)	P	21.0 \pm 4.2	20.5 \pm 5.6	Grupo	0.53
	HMB	21.2 \pm 5.8	22.8 \pm 6.7	Tiempo	0.56
				Grupo x Tiempo	0.26
AST(IU/L)	P	27.5 \pm 9.9	25.5 \pm 12.2	Grupo	0.78
	HMB	26.8 \pm 10.7	24.1 \pm 8.4	Tiempo	0.10
				Grupo x Tiempo	0.81

Tabla 2. Marcadores seleccionados del catabolismo para los grupos P y HMB.

Variable	Grupo	Día 0	Día 28	p	
Masa corporal (Kg.)	P	96.9 \pm 18.2	97.7 \pm 18.1	Grupo	0.97
	HMB	96.9 \pm 18.1	98.2 \pm 18.1	Tiempo	0.007
				Grupo x Tiempo	0.54
Masa corporal explorada (Kg.)	P	90.2 \pm 17.1	91.0 \pm 16.8	Grupo	0.93
	HMB	90.1 \pm 16.8	91.5 \pm 16.7	Tiempo	0.004
				Grupo x Tiempo	0.85
Masa de tejido magro (Kg.)	P	69.8 \pm 8.7	71.1 \pm 8.5	Grupo	0.001
	HMB	71.1 \pm (9.1)	72.4 \pm 9.3	Tiempo	0.72
				Grupo x Tiempo	0.91
Masa grasa (Kg.)	P	17.2 \pm 10.3	16.7 \pm 9.9	Grupo	0.69
	HMB	15.9 \pm 8.2	15.1 \pm 9.6	Tiempo	0.17
				Grupo x Tiempo	0.81
Masa ósea (Kg.)	P	3,132 \pm 465	3,154 \pm 469	Grupo	0.91
	HMB	3,105 \pm 503	3,136 \pm 500	Tiempo	0.007
				Grupo x Tiempo	0.65
Grasa corporal (%)	P	18.0 \pm 8.0	17.3 \pm 7.7	Grupo	0.71
	HMB	16.7 \pm 6.0	16.5 \pm 6.3	Tiempo	0.03
				Grupo x Tiempo	0.22
Contenido total de agua corporal (L)	P	62.3 \pm 10.5	62.3 \pm 10.6	Grupo	0.95
	HMB	62.5 \pm 10.6	62.7 \pm 10.1	Tiempo	0.79
				Grupo x Tiempo	0.78

Tabla 3. Valores de la composición corporal observados al día 0 y 28 de la suplementación para los grupos P y HMB.

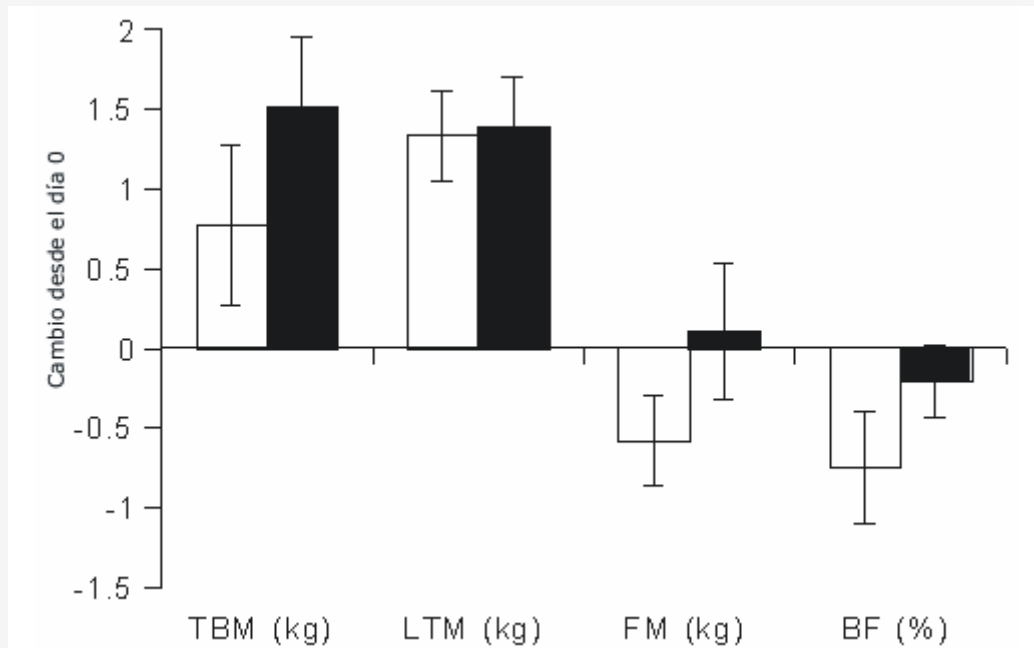


Figura 1. Diferencias en masa corporal total (TBM), masa de tejido blando/magro (TBM), masa grasa (FM) y porcentaje de grasa corporal (BF), determinados mediante escaneo con el DEXA, observados en los grupos suplementados con placebo (barras blancas) y con HMB (barras negras). Los datos son presentados como media \pm desviación estándar.

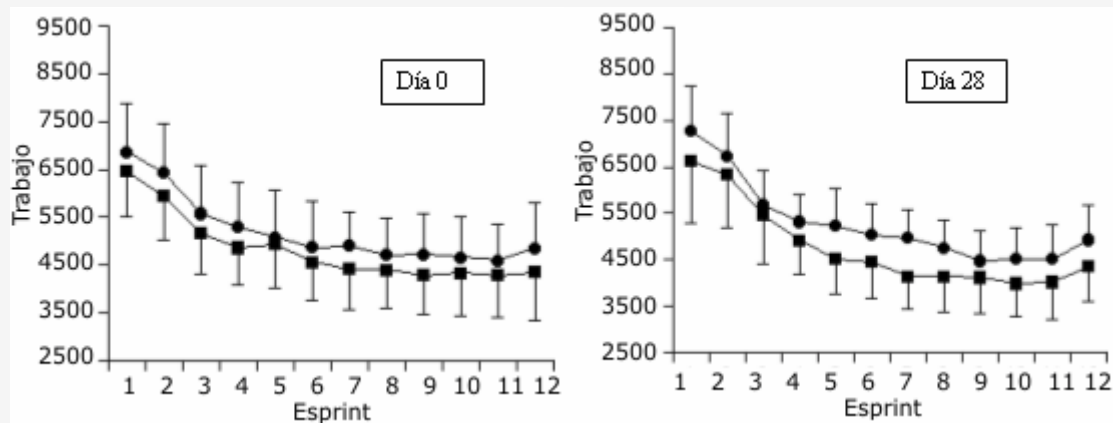


Figura 2. Trabajo realizado en los esprints (12 x 6 s) en bicicleta ergométrica con 30 s de recuperación entre esprints de los días 0 (gráfico superior) y 28 (gráfico inferior). Los datos son presentados como media \pm desviación estándar. Pre- (■) y post-suplementación (●).

Rendimiento en Esprint

En la Figura 2 se presentan las respuestas de trabajo promedio (J) de los días 0 y 28 de los grupos P y HMB durante los 12 esprints x 6 s. El análisis de covarianza (ANCOVA) no reveló diferencias significativas entre los grupos en el trabajo realizado durante los tests de ciclismo repetidos.

DISCUSION

Estudios previos han indicado que la suplementación con HMB (1,5 o 3 g/día de HMB como sal de calcio) durante 2 a 8 semanas de entrenamiento promovió cambios significativamente mayores en la FFM, pérdida de grasa y/o fuerza, mientras que disminuyó los marcadores de, catabolismo en varones y mujeres desentrenados que comenzaban con un programa de entrenamiento de sobrecarga (12, 18). Con respecto a los atletas, se ha informado que la suplementación con HMB (3 g/día de HMB como sal de calcio) en conjunto con un suplemento de reemplazo de comidas que contiene carbohidratos y proteínas, durante 7 semanas de entrenamiento de fuerza de fútbol americano universitario fuera de temporada, promueve ganancias mayores en la FFM durante las 3 o 4 primeras semanas de entrenamiento en comparación con la ingesta de una cantidad isocalórica de jugo de naranja (2). Además, se ha informado que la suplementación con HMB (3 g/día de HMB como sal de calcio) durante entrenamiento de resistencia de ciclistas entrenados promovió mayores ganancias en el umbral de lactato (10, 13). Estos estudios en conjunto sugieren que la suplementación con HMB podría aumentar las adaptaciones inducidas por el entrenamiento.

Los resultados del presente estudio, sin embargo, no concuerdan con las afirmaciones previas. En este sentido, la suplementación con HMB de calcio (3 g/día) durante el entrenamiento intenso de fuerza/agilidad fuera de temporada no afectó significativamente los marcadores de la condición anabólica/catabólica de todo el cuerpo, producción de enzimas musculares, composición corporal, o volumen total de levantamientos combinados. Más aún, la suplementación con HMB no produjo efectos en el rendimiento en esprints repetidos que simulaban 12 aceleraciones de fútbol americano. Los resultados encontrados indican que la suplementación con HMB durante entrenamiento intenso no aporta valores ergogénicos a los jugadores de fútbol americano universitario durante el entrenamiento realizado fuera de temporada. Estos resultados apoyan resultados previos de nuestro laboratorio que indicaban que la adición a la dieta de un suplemento en polvo de carbohidratos y proteínas fortificado con vitaminas y minerales que contenía 3 y 6 g/día de HMB durante 28 días durante entrenamiento de sobrecarga, no modificó significativamente los marcadores del catabolismo, composición corporal o fuerza en hombres entrenados en fuerza (14).

Hay varias razones posibles para la discrepancia en los resultados observados entre los estudios. Primero es posible que 4 semanas de suplementación con HMB (3 g/d) no afecten los marcadores de la condición anabólica/catabólica, la producción de enzimas musculares y hepáticas, la composición corporal, la fuerza, o la capacidad de esprint en atletas bien entrenados que realizan un entrenamiento intenso de fuerza/agilidad. Segundo, es posible que la suplementación con HMB sea más efectiva en sujetos desentrenados que están iniciando sus entrenamientos que en sujetos entrenados (12). Tercero, si bien estudios previos informaron la obtención de beneficios significativos mediante la suplementación con HMB dentro de las 3 o 4 semanas, es posible que los atletas involucrados en entrenamientos intensos requieran un periodo de tiempo mayor para obtener un efecto ergogénico a partir de esta suplementación. Finalmente es posible que las diferencias en el diseño experimental (ej. tipo de sujetos evaluados, controles dietarios, tipo de entrenamiento, etc.), en los métodos empleados (ej. placebos utilizados, formulaciones de suplementos investigadas, metodologías empleadas para determinar la composición corporal y la fuerza), y/o procedimientos de análisis estadístico utilizados en los estudios, puedan tener relación con las diferencias observadas.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación no apoyan la afirmación de que la suplementación con HMB (3 g/d) reduce los marcadores del catabolismo o promueve el aumento del tejido magro, la pérdida de grasa, y/o ganancias en el volumen de levantamiento isotónico en atletas bien entrenados que realizan entrenamiento de fuerza y agilidad. Estos resultados también indican que la suplementación con HMB no proporciona ningún valor ergogénico a atletas bien entrenados involucrados en ejercicios intermitentes de alta intensidad. Falta determinar si son necesarios períodos más largos de suplementación y/o dosis más altas de HMB para reducir el catabolismo de todo el cuerpo, promover el aumento de tejido magro, la pérdida de grasa, y/o ganancias en la fuerza a lo largo de entrenamientos intensos en los atletas bien entrenados. Además, no ha sido establecido, si la suplementación con HMB proporciona mayores beneficios a varones y mujeres desentrenados que comienzan con un entrenamiento de sobrecarga que los que proporciona a atletas bien entrenados.

Los estudios adicionales deben evaluar los efectos que produce la suplementación con dosis variables de HMB sobre la condición anabólica/catabólica, la composición corporal, y la fuerza en varones y mujeres desentrenados que comienzan el entrenamiento, así como también en atletas bien entrenados que atraviesan períodos intensos de entrenamiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen la participación de los jugadores y de los asistentes del Laboratorio de Ejercicio y Nutrición Deportiva, del Centro de Prevenciones Universitarias, y del Departamento de Atletismo de la Universidad de Memphis que colaboraron en la recolección y análisis de los datos. Este estudio fue financiado en parte por un subsidio de investigación

otorgado a la Universidad de Memphis por Ciencias Experimentales y Aplicadas, Golden, Co (EAS). Los investigadores de la Universidad de Memphis que recolectaron, analizaron e interpretaron los datos de este estudio no tenían interés comercial en las consecuencias de los resultados obtenidos. La presentación de los resultados en el estudio no constituye un respaldo por parte de la Universidad de Memphis a los nutrientes que fueron estudiados.

REFERENCIAS

1. Nair KS, Schwartz RG, Welle S (1992). Leucine as a regulator of whole body and skeletal muscle protein metabolism in humans. *Am J Physiol* 263: E928-934
2. Nissen S, Sharp R, Ray M, Rathmacher JA, Rice D, Fuller JC Jr (1992). Effect of leucine metabolite beta hydroxy beta methylbutyrate on muscle metabolism during resistance exercise training. *J Appl Physiol* 81:2095-2104
3. Nissen S, Faidley TD, Zimmerman DR, Izard R, Fisher CT (1994). Colostral milk fat and pig performance are enhanced by feeding the leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate. *J Anim Sci* 72: 2331-7.
4. Van Koeveering MT, Dolezal HG, Gill DR, Owens FN, Strasia CA, Bucahnan DS (1994). Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate on performance and carcass quality of feedlot steers. *J Anim Sci* 72:1927-1935
5. Miller P, Sandberg L, Fuller JC (1997). The effect of intensive training and β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on the physiological response to exercise in horses. *FASEB J* 11:A1683
6. Peterson AL, Qureshi MA, Ferket PR, Fuller JC Jr (1999). Enhancement of cellular and humoral immunity in young broilers by dietary supplementation of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 21:307-30.
7. Peterson AL, Qureshi MA, Ferket PR, Fuller JC Jr (1999). In vitro exposure with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate enhances chicken macrophage growth and function. *Immunol Immunopathol* 4:67:67-78
8. Nissen S, Pantan L, Fuller J, Rice D, Ray M, Sharp R (1997). Effect of feeding β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on body composition and strength of women. *FASEB J* 11:A150. (Abstract)
9. Vukovich MD, Adams GD (1997). Effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on VO₂peak and maximal lactate in endurance trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 29:S252. (Abstract)
10. Pantan L, Rathmacher J, Fuller J, Gammon J, Cannon L, Stettler S (1998). Effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate and resistance training on strength and functional ability in the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 30:S194.
11. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW (1999). β -hydroxy- β -methylbutyrate: supplementation during resistance-training. *Sci Sports Exerc* 31:S402
12. Vukovich MD, Stubbs NB, Bohlken RM, Desch MF, Fuller JC, Rathmacher JA (1997). The effect of dietary β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on strength gains and body composition changes in older adults. *FASEB J* 11:A376.(Abstract)
13. Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Almada AL (1999). Effects of calcium β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength. *Int J Sports Med* 20:503-9
14. Van Loan MD (1990). Bioelectrical impedance analysis to determine fat-free mass, total body water and body fat. *Sports Med* 10:205-217
15. Klesges RC, Ward KD, Shelton ML, Applegate WB, Cantler ED, Palmeiri GMA (1996). Changes in bone mineral content in male athletes: Mechanisms of action and intervention effects. *J Am Med Assoc* 276:226-30
16. Kreider R, Ferreira M, Wilson M, Almada A (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance. *Med Sci Sport Exerc* 30: 73-82
17. Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, Coward WA, Elia M (1992). Four-compartment model for assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clin Sci.* 82:687-693
18. Horbes FF, Thomi F, Casez HP, Fonteielle J, Jaeger P (1992). Impact of hydration status on body composition as measured by dual energy X-ray absorptiometry in normal volunteers and patients on haemodialysis. *Br J Radiol.* 65:895-900
19. Kellie EE (1992). Measurement of bone density with dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA). *J Am Med Assoc* 267:286-294.
20. Mazess RB, Barden HS, Biseck JP, Hanson J (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 51:1106-111
21. Kreider, RB, Klesges R, Harmon K, Grindstaff P, Ramsey L, Bullen D (1996). Effects of ingesting supplements designed to promote lean tissue accretion on body composition during resistance exercise. *Int J Sport Nutri* 6:234-246
22. Fleck SJ, Kraemer WJ (1997). Designing resistance training programs (2nd Ed.). *Champaign, IL: Human Kinetics*
23. Kraemer, WJ (1994). General adaptations to resistance and endurance training. In: Baechle T, editor. *Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign, IL: Human Kinetics* 127-150
24. Wathen D (1994). Load assignment. In: Baechle T, editor. *Essentials of Strength Training and Conditioning* (2nd ed). *Champaign, IL: Human Kinetics* 435-446.

Cita Original

R.B. Kreider, M. Ferreira, M. Greenwood, M. Wilson, Pamela Grindstaff, S. Plisk, J. Reinardy, E. Cantler And A.L. Almada. Effects of Calcium β -HMB Supplementation During Training on Markers of Catabolism, Body Composition, Strength and

