

Monograph

Efecto de la Suplementación con Proteínas de Suero y Leucina sobre la Fuerza y Resistencia Muscular y sobre la Composición Corporal durante el Entrenamiento de Sobrecarga

Terry J Housh², Glen O Johnson², Travis W Beck⁴, Dona J Housh⁵, Moh H Malek³, Michelle Mielke¹ y Richard J Schmidt²

¹University of the Pacific, Stockton, California, Estados Unidos.

²University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, Estados Unidos.

³School of Medicine University of California, San Diego La Jolla, Estados Unidos.

⁴University of Oklahoma, Norman, Estados Unidos.

⁵University of Nebraska Medical Center, Lincoln, Estados Unidos.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar los efectos sobre el peso corporal (BW), fuerza y resistencia muscular y composición corporal que tuvieron: un programa de entrenamiento con: 1) dos series de entrenamiento de fuerza sin suplementación; 2) una serie de entrenamiento de fuerza con suplementación con proteínas de suero más leucina; y 3) una serie de entrenamiento de fuerza con suplementación con un carbohidrato a modo de placebo. Varones adultos sin entrenamiento (N=39, Edad, Media \pm SD = 22,7 \pm 2,8 años) fueron asignados al azar a los siguientes grupos: Sin suplemento (NO-SUP; n=13), suplemento con proteínas (PRO; n=13), o suplemento con carbohidratos (CHO; n=13) y realizaron extensiones de piernas y press de banca 3 veces por semana (NO-SUP = 2 series, sin suplemento; PRO = 1 serie, suplemento con proteínas; CHO = 1 serie, suplemento con carbohidratos) al 80% de 1-RM durante 8 semanas. Los ANOVA factoriales mixtos revelaron sólo efectos significativos ($p < 0,05$) principales para tiempo en 1RM de extensión de piernas (pre = 82,5 \pm 22,4kg; post = 99,2 \pm 23,2kg), resistencia en extensión de piernas (pre = 12 \pm 4 rep; post = 19 \pm 7 rep), 1RM en press de banca (pre = 64,7 \pm 17,8kg; post = 77 \pm 20,4kg) y resistencia en press de banca (pre = 7 \pm 2 rep; post = 13 \pm 4rep). Estos resultados indicaron que dos series de entrenamiento de la fuerza sin suplementación, una serie de entrenamiento de la fuerza con suplementación con proteínas de suero más leucina y una serie de entrenamiento de fuerza más un suplemento con carbohidratos, producen respuestas de fuerza, resistencia y composición corporal similares.

Palabras Clave: carbohidratos, fuerza, peso magro

INTRODUCCION

Se ha demostrado que el entrenamiento de la sobrecarga aumenta la fuerza (1, 2), la resistencia muscular (3, 4), el peso corporal (2) y la hipertrofia (5, 6), y también produce cambios favorables en la composición corporal entre los que se incluyen la disminución en el porcentaje de grasa corporal (% de grasa), y en el peso graso (FW) y aumentos en el peso magro (FFW) (2, 7). Además, la magnitud de los aumentos en la fuerza e hipertrofia están relacionados con el volumen del programa de entrenamiento de la fuerza (8, 9). Por ejemplo, estudios recientes han demostrado que un aumento en el volumen del entrenamiento de la fuerza de una serie a dos o más series, provoca un reclutamiento adicional de unidades motoras y, por consiguiente, mayores adaptaciones neuromusculares, aumentos de fuerza, e hipertrofia (8-11). Esto es especialmente cierto, a medida que se incrementa la longitud del período de entrenamiento (8, 9).

Para aumentar la fuerza, resistencia, e hipertrofia muscular, los atletas recreativos y competitivos frecuentemente consumen suplementos de proteínas además de realizar entrenamiento de la fuerza. El entrenamiento de la fuerza solo, estimula el metabolismo de las proteínas del músculo lo que puede producir crecimiento muscular y aumento de la fuerza (5, 6, 12). Sin embargo, para estimular la síntesis de proteínas musculares, es importante la disponibilidad de aminoácidos, sobre todo en las primeras horas después del ejercicio (13). La suplementación con proteínas aumenta la síntesis de proteínas musculares sin un aumento correspondiente en la degradación de las mismas, lo que produce un balance neto de proteínas positivo, lo que permite que se produzca la recuperación, hipertrofia y aumentos de fuerza máximos (13). Las proteínas "rápidas", como el suero, se caracterizan por la rápida aparición de sus aminoácidos constituyentes en sangre y se ha demostrado que producen aumentos de fuerza y mejoran el balance de proteínas musculares (12).

Estudios recientes que utilizaron suplementos con proteínas de suero, demostraron aumentos en la hipertrofia y fuerza muscular (1, 3, 12) luego de ejercicios de fuerza.

Las proteínas de suero son una valiosa fuente de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) entre los que se incluyen leucina, isoleucina y valina. Se ha demostrado que de los BCAA, la leucina proporciona la mayor estimulación para la síntesis de proteínas musculares y para la prevención de degradación de proteínas musculares (14). Un estudio reciente (1) demostró que el consumo de 20 g de proteínas de suero más 6,2 g de leucina, junto con 8 semanas de entrenamiento de fuerza con ejercicios de extensión de pierna unilateral (pierna no dominante) produjo un aumento de fuerza (30%) mayor que un placebo con carbohidratos (22%). Aunque algunos estudios han demostrado un ligero efecto ergogénico de la ingestión de carbohidratos, la mayoría de los estudios de suplementación con proteínas y/o aminoácidos han utilizado un placebo compuesto por carbohidratos (1, 2, 15). Por lo tanto, el propósito de este estudio fue comparar los efectos sobre el peso corporal (BW), fuerza y resistencia muscular y composición corporal de: 1) dos series de entrenamiento de resistencia sin suplementación; 2) una serie de entrenamiento con suplementación con proteínas de suero más leucina; y 3) una serie de entrenamiento de fuerza con un placebo de carbohidratos. Sobre la base de estudios previos (1, 2, 15), planteamos las siguientes hipótesis: 1) no se observarán diferencias en los cambios inducidos en BW, fuerza y resistencia muscular y composición corporal, entre el grupo que realice dos series de entrenamiento de fuerza sin suplementación y el grupo que realice una serie de entrenamiento de fuerza con suplementación con proteínas de suero más leucina; y 2) los cambios inducidos por el entrenamiento en BW, fuerza y resistencia muscular y composición corporal, en el grupo que realice dos series de entrenamiento de fuerza sin suplementación y en el grupo que realice una serie de entrenamiento de fuerza con suplementación con proteínas de suero más leucina, serán mayores que los experimentados por el grupo que realice una serie de entrenamiento de la fuerza con suplemento con carbohidratos.

METODOS

Sujetos

Treinta y nueve varones adultos (de edades comprendidas entre 19 y 28 años) participaron voluntariamente en este estudio. Los sujetos no tenían experiencia en entrenamiento en ejercicios de fuerza/potencia. No tener experiencia en entrenamiento se definió como no haber participado en un programa de entrenamiento de fuerza durante por lo menos 90 días previos al comienzo de la investigación. Esta información se extrajo de la Encuesta de Antecedentes de Salud, en la cual se solicitó a los sujetos que aportaran detalles de cualquier tipo de entrenamiento en que estuvieran participando en la actualidad. El criterio de exclusión incluyó: 1) consumo de medicamentos (medicamentos para la tiroides, hiperlipidémicos, hipoglucémicos, antihipertensivos o androgénicos) o suplementos nutricionales (como creatina, bebidas de proteínas, aminoácidos o mezclas de vitaminas) que pudieran interferir con los resultados del estudio; 2) la participación en un programa de entrenamiento de fuerza durante por lo menos 90 días antes del comienzo de la

investigación; 3) tener antecedentes de eventos médicos o quirúrgicos que pudieran afectar significativamente el resultado del estudio entre los que se incluyen las enfermedades cardiovasculares, problemas gastrointestinales, enfermedades musculoesqueléticas, metabólicas, renales, hepáticas o neurológicas, activas y 4) la participación en otro estudio clínico o ingestión de un producto bajo investigación en los treinta días previos a la evaluación. Los sujetos fueron asignados al azar a 1 de 3 grupos: 1) grupo que no recibió suplemento (NO-SUP) (n=13, edad = 22,8 ± 2,6 años, peso corporal = 80,4 ± 15,9 kg y talla = 178,7 ± 7,1 cm); 2) grupo que recibió un suplemento de proteínas de suero más leucina (PRO) (n=13, edad = 23,8 ± 2,8 años, peso corporal = 79,6 ± 18,1 kg, y talla = 178,3 ± 7,3 cm); y 3) grupo que recibió un suplemento con carbohidratos (CHO) (n=13, edad = 21,5 ± 2,5 años, peso corporal = 72,4 ± 11,6 kg, y talla = 175,5 ± 6,0 cm). Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Revisión Institucional de Asuntos Humanos de la Universidad y todos los sujetos realizaron un cuestionario de antecedentes de salud y firmaron un consentimiento informado antes de cualquier evaluación.

Procedimientos

En este estudio se aplicó un diseño aleatorizado y en doble ciego. No se planteó ninguna restricción dietética durante el transcurso del estudio y se solicitó a los sujetos que continuaran con sus hábitos dietéticos normales. El diseño permitió el análisis de los efectos que produciría agregar un suplemento ya sea, de proteínas de suero más leucina o de carbohidratos, a una dieta existente. Esto es similar al modo en que el producto, probablemente, sería utilizado por los consumidores. Las proteínas de suero más leucina y los suplementos con carbohidratos eran isocalóricos para controlar las diferencias en la ingesta de energía agregada. Todos los sujetos participaron en un programa de entrenamiento de la fuerza que consistió en ejercicio dinámico con resistencia externa constante (DCER) de extensión de pierna bilateral y ejercicios en press de banca realizados 3 veces por semana durante 8 semanas. Cada sesión de entrenamiento fue supervisada por uno de los investigadores. Además, aunque este programa de entrenamiento de fuerza era el modo principal de ejercicio para la mayoría de los sujetos, no se les impidió realizar ejercicio cardiovascular durante el estudio. Sin embargo se solicitó a los sujetos, que no participaran en ningún otro programa de entrenamiento de sobrecarga que no fuera éste estudio. Las evaluaciones "Pre" y "Post" fueron realizadas la semana antes y la semana después del período de entrenamiento de 8 semanas, respectivamente.

Protocolo de Suplementación

El grupo PRO consumió 20,0 g de proteínas de suero y 6,2 g de leucina en 227 cm³ de agua, el grupo CHO consumió 20 g de maltodextrina en 227 cm³ de agua, isocalórica (para controlar las diferencias en la ingesta de energía agregada). Los sujetos ingirieron el suplemento PRO o CHO, 30 minutos antes e inmediatamente después de cada sesión de entrenamiento de fuerza. En los días sin entrenamiento, los grupos PRO y CHO ingirieron 1 dosis del suplemento de proteínas o carbohidrato por la mañana y una vez más por la tarde. El grupo NO-SUP no recibió ningún suplemento. Se solicitó a los sujetos que continuaran con sus hábitos dietéticos normales con la adición del suplemento de proteínas o carbohidratos de manera similar a como probablemente consumirían el producto los consumidores. Se solicitó que llevaran un registro de los alimentos consumidos tres días antes (pre-test) y tres días después (post-test) (dos días de la semana y un día del fin de semana) para asegurar que no había ningún cambio significativo en la ingesta de macronutrientes o en la ingesta total de calorías.

Evaluaciones

Para la determinación de la composición corporal, se solicitó a los sujetos que evitaran realizar ejercicio por lo menos durante 12 horas antes de las evaluaciones y cada sujeto indicó al llegar al laboratorio que estaba normalmente hidratado y en un estado de ayuno (por lo menos 4 horas). El peso corporal (BW) fue determinado mediante una balanza médica fija certificada con una precisión de 0,11 kg.

La densidad corporal fue determinada por pesaje subacuático (UWW) con una corrección para el volumen residual pulmonar (RV). El RV se midió en tierra con los sujetos sentados en la posición similar a la asumida para UWW, utilizando el método de la dilución de oxígeno de Wilmore (16). Se obtuvo el promedio de las puntuaciones (dentro de 0,1L) obtenidas de 2 o 3 mediciones y ese valor fue utilizado como el RV representativo. El peso subacuático se midió en un tanque de inmersión en el cual un asiento de equilibrio de nailon estaba suspendido de una balanza de Salter de 10-kg (*REGO Designs & Patents, model #230*). El promedio de los 2 o 3 pesos más altos de 6 a 10 mediciones, se utilizó como peso subacuático representativo. El porcentaje de grasa corporal (% de grasa) se calculó mediante la fórmula de Brozek et al. (17), con el peso graso (FW) y el peso magro (FFW) derivados matemáticamente.

Análisis previos de confiabilidad de los datos, test-re-test para UWW, realizados en nuestro laboratorio indicaron que para 16 varones jóvenes medidos con 24-72 horas de separación, el ICC era $r = 0,98$ con un SEM de 0,9% de grasa.

La DCER extensión de pierna y fuerza en press de banca, fueron evaluadas determinando una repetición máxima (1RM) para cada sujeto usando una máquina de extensión de piernas *Body -Solid plate-loaded (Model CEC340; Forest Park, IL)* y

un banco estándar de pesos libres (*Body Power, Williamsburg, VA*) con una barra olímpica, respectivamente. Para las pruebas de extensión de piernas, los sujetos debían sentarse con el torso contra el respaldo y sujetarse fuertemente a las asas situadas a los lados del dispositivo. El respaldo fue ajustado para encuadrar los ejes anatómicos de las rodillas con el eje mecánico de la máquina. Fueron colocadas canilleras contra las piernas de los sujetos, sujetas al brazo de palanca de la máquina. Las canilleras fueron colocadas a una distancia fija del eje de rotación del brazo de la palanca y por lo tanto no eran regulables.

Sin embargo la ubicación, era consistente para cada sujeto a lo largo de todos los tests. Para el ejercicio en press de banca, los sujetos contaron con la asistencia de un ayudante para sacar la barra, luego bajaban la barra hacia el pecho, realizaban una breve pausa y a continuación levantaban la barra hasta alcanzar la extensión completa de los antebrazos. La 1RM se determinó aplicando cargas progresivamente más pesadas hasta que el sujeto no pudiera completar una repetición con el circuito completo de movimientos (extensión completa de piernas y antebrazos). De ser necesario, se realizaban pruebas adicionales con cargas más livianas hasta que se determinara 1RM dentro de 2,27 kg. En general el valor de 1RM se estableció en cinco intentos con dos minutos de descanso entre cada intento. Para los tests de resistencia de extensión de piernas y press de banca, los sujetos realizaron tantas repeticiones como les fuera posible de extensión completa de piernas y antebrazos, a 80% de sus 1RM. Los mismos procedimientos de evaluación de extensión de piernas y press de banca fueron realizados post-test. Los tests de resistencia en extensión de pierna y press de banca fueron realizados a 80% del 1RM pre-test. Datos previos de confiabilidad test-re-test para los tests de fuerza realizados en nuestro laboratorio, indicaron que para 20 varones jóvenes a los que se les realizaron mediciones con 8 semanas de diferencia, el ICC era $r=0,99$ y $r=0,98$ para press de banca y extensión de piernas, respectivamente.

Entrenamiento

Los sujetos realizaron entrenamiento de extensión de piernas y press de banca 3 veces por semana durante 8 semanas comenzando en 80% de sus 1RM. Cada sesión de entrenamiento para press de banca y extensiones piernas estaba precedida por 2 series de entrada en calor. Cada serie de entrada en calor consistió en 6 repeticiones al 50% del peso de entrenamiento fijado. Los grupos PRO y CHO realizaron una serie de 6-8 repeticiones y el grupo NO-SUP realizó dos series de 6-8 repeticiones. Entre las series se permitieron dos minutos de descanso y cuando los sujetos lograban completar 8 repeticiones, la carga se incrementaba en 2,27 kg para la próxima sesión de entrenamiento.

Análisis Estadísticos

El peso corporal, % de GRASA, FW, FFW, 1-RM en extensión de la pierna (L-1RM), resistencia de extensión de pierna (L-END), 1-RM en press de banca (B-1RM), y resistencia en press de banca (B-END) fueron analizados a través de ANOVA factoriales mixtos de 3 [Grupo: PRO, CHO, y NO-SUP] x 2 [Tiempo: Semana 0 y 8] factores, para determinar si se producían cambios significativos en la composición corporal y en la fuerza y resistencia muscular. La ingesta total de calorías (kilocalorías) y macronutrientes (gramos de proteínas, carbohidratos y grasa) fue analizada de manera similar. El grupo fue utilizado como un factor "entre los sujetos" y el tiempo fue utilizado como un factor "dentro de los sujetos". Se fijó un nivel de alfa de $p<0,05$ para todas las comparaciones estadísticas. Los análisis fueron realizados con el software *Statistical Package for the Social Sciences (v.13.0, SPSS Inc., Chicago, IL)*.

Sobre la base de los resultados de un estudio previo (1), un análisis de potencia realizado *a priori* indicó que un tamaño de muestra de 39 sujetos tendría una potencia estadística de 0,90 o mayor, para los aumentos en la fuerza de L-1RM y B-1RM. Análisis de potencia *post-hoc* realizados para identificar diferencias de grupo revelaron que para los tamaños de efecto encontrados en el presente estudio, para B-1RM, B-END, L-1RM, y L-END, los valores de potencia fueron 0,87, 0,72, 0,99 y 0,99, respectivamente.

RESULTADOS

Composición corporal

Los resultados indicaron que no se observaron cambios significativos ($p>0,05$) inducidos por el entrenamiento en BW, % de GRASA, FW, o FFW en los grupos NO-SUP, PRO o CHO (Tabla 1).

	Grupo	Pre	Post
Peso corporal (kg)	PRO (n = 13)	79,6 ± 18,1	80,2 ± 18,4
	CHO (n = 13)	72,4 ± 11,5	72,5 ± 11,9
	NO-SUP (n = 13)	80,4 ± 15,9	80,3 ± 15,8
Porcentaje de grasa	PRO	20,6 ± 7,3	21,4 ± 5,6
	CHO	19,2 ± 8,5	19,9 ± 8,5
	NO-SUP	21,3 ± 8,5	20,8 ± 8,3
Masa magra (kg)	PRO	62,3 ± 6,7	62,6 ± 12,4
	CHO	58,0 ± 10,6	57,7 ± 7,7
	NO-SUP	62,5 ± 8,3	62,8 ± 8,5
Masa grasa (kg)	PRO	17,3 ± 8,7	17,7 ± 8,6
	CHO	14,4 ± 8,5	14,9 ± 7,1
	NO-SUP	17,9 ± 11,1	17,5 ± 10,4
Calorías totales (kcal)	PRO	2632,3 ± 1260,4	1987,6 ± 678,3
	CHO	2494,5 ± 699,6	2156,2 ± 581,9
	NO-SUP	2009,0 ± 847,2	1889,1 ± 743,0
Proteínas (g)	PRO	107,9 ± 32,2	84,5 ± 21,4
	CHO	93,4 ± 18,4	83,5 ± 22,4
	NO-SUP	110,6 ± 27,0	85,5 ± 31,8
Carbohidratos (g)	PRO	107,9 ± 32,2	84,5 ± 21,4
	CHO	93,4 ± 18,4	83,5 ± 22,4
	NO-SUP	110,6 ± 27,0	85,5 ± 31,8
Grasa (g)	PRO	95,1 ± 28,4	76,0 ± 18,6
	CHO	77,5 ± 26,6	63,8 ± 17,9
	NO-SUP	82,5 ± 23,4	65,4 ± 17,0

Tabla 1. Valores de peso corporal, composición corporal y dietarios (Media±DS), n=39. No se observaron cambios significativos ($p>0,05$) entre los valores pre- y post-entrenamiento en ningún grupo. PRO= Grupo que consumió el suplemento con proteínas; CHO= Grupo que consumió el suplemento de carbohidrato; NO-SUP= Grupo que no consumió ningún suplemento.

Fuerza y Resistencia Muscular

Luego de realizar los ANOVA factoriales mixtos de dos vías, no se observaron interacciones grupo x tiempo significativas ($p>0,05$) o efectos principales para grupo, pero si se observaron efectos principales significativos para tiempo ($p<0,05$) en L-1RM (pre = 82,5 ± 22,4 kg; post = 99,2 ± 23,2 kg), L-END (pre = 12 ± 4 repeticiones; post = 19 ± 7 repeticiones), B-1RM (pre = 64,7 ± 17,8 kg; post = 77 ± 20,4 kg), y B-END (pre = 7 ± 2 repeticiones; post = 13 ± 4 repeticiones) (Figura 1 y 2). En la Tabla 2 se observan los valores de la Media±DS de fuerza y resistencia de los grupos PRO, CHO, y NO-SUP.

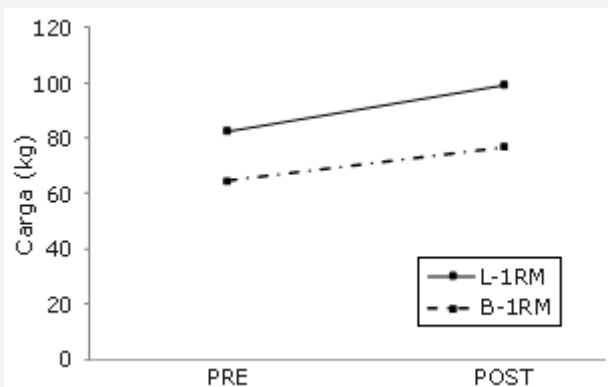


Figura 1. Cambios medios obtenidos por promedio entre todos los grupos (SUP, PLA y CON) de la fuerza en extensión de piernas (L-1RM) y press de banca (B-1RM) observados pre- y post-entrenamiento. Los valores medios de la fuerza reflejan el efecto principal significativo ($p<0,05$) del tiempo (promedio entre todos los grupos) porque no se observaron interacciones grupo (SUP, PLA y CON) x

tiempo (pre y post entrenamiento) significativas ni efectos principales de grupo en los ANOVA factoriales mixtos.

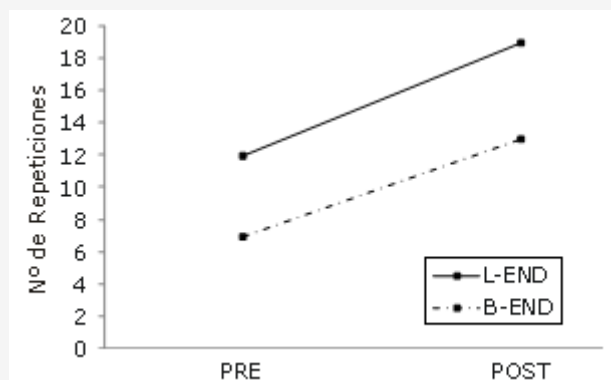


Figura 2. Cambios medios obtenidos por promedio entre los grupos (SUP, PLA y CON) de la resistencia muscular en extensión de piernas (L-END) y press de banca (B-END) observados pre- y post-entrenamiento). Los valores medios de la resistencia muscular reflejan el efecto principal significativo ($p < 0,05$) del tiempo (promedio entre todos los grupos), porque no se observaron interacciones grupo (SUP, PLA y CON) x tiempo (pre- y post-entrenamiento) significativas, ni efectos principales de grupo en los ANOVA factoriales mixtos.

	Grupo	Pre entrenamiento	Post entrenamiento
B-1RM (kg)	PRO (n = 13)	70,1 ± 22,6	80,1 ± 24,0*
	CHO (n = 13)	64,7 ± 17,8	73,4 ± 18,6*
	NO-SUP (n = 13)	68,6 ± 18,4	77,5 ± 19,4*
B-END (rep)	PRO	7 ± 2	14 ± 5*
	CHO	6 ± 2	13 ± 4*
	NO-SUP	7 ± 1	13 ± 3*
L-1RM (kg)	PRO	80,8 ± 23,8	99,1 ± 22,5*
	CHO	78,9 ± 16,9	94,6 ± 20,2*
	NO-SUP	87,9 ± 26,3	103,8 ± 27,2*
L-END (rep)	PRO	12 ± 3	20 ± 7*
	CHO	11 ± 3	17 ± 5*
	NO-SUP	12 ± 6	18 ± 7*

Tabla 2. Valores de fuerza y resistencia muscular obtenidos en press de banca y extensión de piernas (Media±DS), n=39. No se observaron cambios significativos entre los grupos ($p > 0,05$). * Los valores post-entrenamiento fueron significativamente superiores a los pre-entrenamiento ($p < 0,05$). PRO= Grupo que recibió el suplemento con proteínas; CHO= Grupo que recibió el suplemento con carbohidratos, o placebo; NO-SUP= Grupo que no consumió ningún suplemento.

Tampoco observamos una interacción significativa grupo x tiempo ($p > 0,05$), ni efectos principales de grupo, o de tiempo para los macronutrientes (es decir, gramos de proteínas, carbohidratos y grasas) o kilocalorías totales consumidas (Tabla 1).

DISCUSION

En el presente estudio, la fuerza y resistencia de 1RM se incrementaron de manera similar en los tres grupos (NO-SUP, PRO y CHO) a lo largo de ocho semanas de entrenamiento de fuerza (Tabla 1). En conjunto, L-1RM, L-END, B-1RM, y B-

END se incrementaron 20,2%, 58,3%, 14,9% y 71,4%, respectivamente.

Estas mejoras, sin embargo, no fueron acompañadas por cambios en BW, % de GRASA, FW, o FFW en ninguno de los grupos (Tabla 1).

Fuerza

La magnitud del aumento de fuerza observado en los grupos PRO y CHO fue similar a la del grupo NO-SUP, a pesar de las diferencias en el volumen de entrenamiento (1 serie para los grupos PRO y CHO versus 2 series para el grupo NO-SUP). El efecto ergogénico de la mayor ingesta de energía y/o nutrientes específicos en los suplementos de proteínas y carbohidratos, podría haber compensado el mayor volumen de entrenamiento realizado por el grupo NO-SUP. Por consiguiente, los resultados indican que 1 serie de entrenamiento de resistencia, junto con la ingesta de proteínas de suero más leucina o de carbohidratos, produce igual incremento de fuerza que 2 series de entrenamiento de fuerza sin suplementación.

Se ha observado previamente que tanto la suplementación con proteínas de suero y/o leucina, como la ingestión de carbohidratos, aumentan el balance neto de proteínas musculares luego de ejercicios de fuerza (6, 18). Sin embargo el aumento observado luego de la ingestión de carbohidratos, fue considerado modesto si se compara con el efecto "máximo" observado luego de la ingestión de aminoácidos (18, 19). En el presente estudio, el efecto de la ingestión de carbohidratos sobre la fuerza muscular fue equivalente al efecto observado con el suplemento de proteínas de suero más leucina. Estudios previos han analizado los efectos sobre la fuerza muscular, de la suplementación con proteínas de suero y/o leucina por separado o en combinación con carbohidratos, pero sus resultados no son consistentes (1, 2, 4, 7, 15, 20). La variación en factores, tales como la cantidad y los ingredientes de los suplementos, el momento de la ingestión, así como el volumen e intensidad del entrenamiento y/o el nivel de entrenamiento inicial de los sujetos, podría explicar algunas de las inconsistencias en los resultados obtenidos en estos estudios (1, 2, 4, 7, 15, 20).

Por ejemplo, Coburn et al. (1) asignaron al azar a varones adultos a grupos que recibieron o un suplemento (20 g de proteínas de suero, 6,2 g de leucina), un placebo de carbohidratos (26,2 g de maltodextrina), o al grupo control y realizaron entrenamiento de la fuerza con extensión de pierna unilateral (pierna no dominante) durante 8 semanas.

A pesar de que el suplemento contenía cantidades de proteínas de suero y leucina similares a las del presente estudio, los sujetos del grupo que recibió el suplemento con proteínas presentaron un 30% de aumento en la fuerza en la pierna entrenada, que fue significativamente mayor que el aumento de fuerza (22%) experimentado por el grupo que consumió el placebo de carbohidratos. No se observaron cambios en la fuerza en el grupo control. De manera similar, Willoughby et al. (2) compararon los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza de 10 semanas más el consumo de un suplemento de 20 g de proteínas [14 g de proteínas de suero y caseína, 6 g de aminoácidos libres (esenciales y no-esenciales)] o un placebo con 20 g de dextrosa, ingeridos 1 hora antes y después de los ejercicios, sobre la fuerza muscular en varones desentrenados. Los resultados demostraron que aunque ambos grupos experimentaron aumentos significativos en la fuerza a lo largo del tiempo, el grupo que consumió el suplemento de proteínas presentó mayores aumentos de fuerza en press de banca y de piernas, que el grupo que consumió el placebo [press de banca (suplemento vs placebo) = 53% vs. 23%; press de piernas (suplemento vs placebo) = 38% vs. 22%].

Cribb et al. (15) evaluaron los efectos de las proteínas de suero ($1,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) y del monohidrato de creatina [$0,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ (fase de carga en la semana 1) y $0,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ (fase de mantenimiento en las semanas 2-11)] por separado y juntos, versus el efecto de los carbohidratos solos ($1,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) sobre el aumento de fuerza luego de 11 semanas de entrenamiento de fuerza en varones entrenados. Los grupos que recibieron el suplemento con proteínas de suero solo o junto con creatina, presentaron mayores incrementos de fuerza que el grupo que consumió carbohidratos. La suplementación con proteínas de suero y/o leucina y/o carbohidratos, no siempre ha producido diferencias en los aumentos de fuerza cuando se combinó con entrenamiento de sobrecarga (4, 7, 20). Por ejemplo, Kerksick et al. (20) asignaron al azar a 36 varones entrenados a uno de tres grupos que recibieron suplementos: suero más caseína ($40 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ de suero y $8 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ de caseína), suero, aminoácidos de cadena ramificada y L-glutamina ($40 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ de suero, $3 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ de aminoácidos de cadena ramificada y $5 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ L-glutamina), o un placebo con carbohidratos ($48 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$). Aunque la cantidad y los ingredientes eran diferentes a los del presente estudio, los autores observaron que después de 10 semanas de entrenamiento de la fuerza, se produjeron aumentos significativos, pero similares en la fuerza muscular (1 RM en press de banca y piernas) en todos los grupos.

De manera similar, Chromiak et al. (4) compararon los efectos de 10 semanas de entrenamiento de fuerza con un suplemento post-ejercicio (13 g de proteínas de suero, aminoácidos entre los que se incluían 0,53 g de leucina, creatina, y carbohidratos) o con un placebo isocalórico con carbohidratos (92 g de maltodextrina) en 33 varones entrenados. Aunque, se observaron aumentos generales en la fuerza en 1 RM en press de pierna y press de banca, no se observaron diferencias significativas entre el grupo que consumió el suplemento y el grupo que consumió el placebo. En el presente estudio, el aumento similar de fuerza que se observó, entre el grupo que consumió las proteínas de suero más leucina y el que

consumió carbohidratos, puede ser explicado por la ingesta agregada de calorías (7). Por ejemplo, Rankin et al. (7) observaron que 10 semanas de entrenamiento más la adición, ya sea de leche chocolatada con bajo contenido graso (5 kcal·kg⁻¹ de peso corporal, 0,92 g·kg⁻¹ de carbohidratos, 0,21 g·kg⁻¹ de proteínas, 0,06 g·kg⁻¹ grasa, y vitaminas y minerales naturales) o de una bebida de carbohidratos-electrolito (5 kcal·kg⁻¹ de peso corporal, 1,25g·kg⁻¹ carbohidratos y electrolitos) provocaron aumentos significativos similares en la fuerza de 1RM en 19 hombres desentrenados.

En el presente estudio, un moderado efecto anabólico (menor degradación de proteínas) (21) del suplemento de carbohidratos que provocara mayores aumentos en la glucosa sanguínea, mayor tasa de síntesis de glucógeno así como también respuestas hormonales favorables (es decir aumento en los niveles de insulina y disminución en los niveles de cortisol) (22) como resultado de la ingestión de carbohidratos, también podría explicar los aumentos similares de fuerza entre el grupo que recibió el suplemento de proteínas y el grupo que recibió el placebo.

Resistencia Muscular

En nuestro estudio, la resistencia muscular fue evaluada a través de la realización de tantas repeticiones como les fuera posible completar a los sujetos, realizadas a 80% del valor de 1RM en press de banca y extensión de pierna que habían obtenido pre-entrenamiento. Aunque las 8 semanas de entrenamiento no incluyeron un componente de resistencia, L-END y B-END aumentaron en 58,3% y 71,4%, respectivamente. El mayor volumen de entrenamiento realizado por el grupo que no consumió suplemento (2 series) podría haber compensado el menor volumen de entrenamiento (1 serie) de los grupos que consumieron los suplementos con proteínas y carbohidratos. Por lo tanto, los resultados actuales indican que 1 serie de entrenamiento de fuerza junto con la ingesta de proteínas de suero y leucina o carbohidratos causó el mismo incremento en la resistencia muscular que dos series de entrenamiento de fuerza sin suplementación.

Pocos trabajos han estudiado los efectos de la suplementación y el entrenamiento, sobre la resistencia muscular. Beck et al. (3) asignaron al azar a 51 varones desentrenados a un grupo que recibió un suplemento (con 5 g de creatina, 26,2 g de proteína y 2,2 g de leucina) o a un grupo que recibió un placebo [con 39 g de carbohidratos (glucosa y fructosa)].

Luego de 8 semanas de entrenamiento de fuerza, la resistencia muscular en press de banca y en extensión de piernas (evaluados de la misma manera que en el presente estudio) aumentó significativamente en ambos grupos. Chromiak et al. (4) registraron el número de repeticiones realizadas a 85% de 1RM en press de banca y press de piernas. Las comparaciones pre-test y post-test para la resistencia muscular relativa, fueron informadas como el trabajo externo estimado [repeticiones realizadas x fuerza (kg)] realizado por 33 varones entrenados. Luego de 10 semanas de entrenamiento de la fuerza y con la administración post-ejercicio de un suplemento (13 g de proteína de suero, aminoácidos entre los que se incluyen 0,53 g de leucina, creatina y carbohidratos) o un placebo isocalórico de carbohidratos (92 g de maltodextrina), la resistencia muscular en press de piernas aumentó significativamente un 53,8%. La resistencia en press de banca aumentó 14,4%, pero el aumento no fue significativo.

Kerksick et al. (20) también determinaron la resistencia muscular en 36 sujetos entrenados, registrando el número de repeticiones realizadas a 80% de su 1RM en press de banca y press de piernas.

La resistencia muscular relativa utilizando el volumen en press de banca y press de piernas [repeticiones realizadas x fuerza (kg)] fue estimada antes del entrenamiento (pre-test) y después de las 10 semanas de entrenamiento (post-test) más la suplementación con suero más caseína (40 g·d⁻¹ de suero y 8 g·d⁻¹ de caseína), suero más aminoácidos de cadena ramificada y L-glutamina (40 g·d⁻¹ de suero, 3 g·d⁻¹ de aminoácidos de cadena ramificada y 5 g·d⁻¹ de L-glutamina), o un placebo con carbohidratos (48 g·d⁻¹). Los resultados indicaron que sólo aumentó significativamente un 15,6% el volumen de levantamiento en press de pierna en los grupos. No se conoce la razón por la cual no se observó un aumento en el volumen de press de banca en los estudios anteriores (4,20). En ambos estudios, el volumen de entrenamiento fue mayor que en el estudio actual y que en el estudio de Beck et al. (3).

Por ejemplo, Chromiak et al. (4) utilizaron ejercicios de fuerza para los grupos musculares mayores del cuerpo. Los sujetos entrenaron 2 días por semana con press de piernas, sentadillas, flexión de piernas, elevación de gemelos, extensión de piernas y flexiones del tronco (*crunches*) y 2 días por semana con press de banca, press de hombros, dorsales de polea, remo sentado, extensión de tríceps y curl de bíceps. Kerksick et al. (20) también entrenaron sujetos 2 días por semana con press de piernas, extensiones de piernas, peso muerto, estocadas, flexión de piernas, elevación de talones y abdominales y 2 días por semana con press de banca, laterales de pecho, dorsales en polea, remo sentado, press de hombros, elevación de hombros, curl de bíceps y extensión de tríceps. Por el contrario, los sujetos que participaron en la presente investigación y en la de Beck et al. (3) realizaron el entrenamiento 3 días por semana solamente con ejercicios en press de banca y extensión de piernas. Otra diferencia que podría explicar potencialmente las diferencias en la resistencia muscular es el nivel de entrenamiento de los sujetos. Chromiak et al. (4) y Kerksick et al. (20) emplearon varones entrenados, mientras que en el presente estudio y en de Beck et al. (3) participaron varones desentrenados. Chromiak et al. (4) también atribuyó la mejora en la resistencia muscular en el press de piernas al aumento correspondiente en la fuerza muscular.

Es necesario realizar investigaciones en el futuro, para determinar los efectos de la suplementación con proteínas y aminoácidos, del nivel de entrenamiento y del volumen de entrenamiento sobre la resistencia muscular.

Composición Corporal

En éste estudio, ni el mayor volumen de entrenamiento asociado con dos series de entrenamiento de la fuerza (sin suplementación) ni las 8 semanas entrenamiento con una sola serie (con suplementación con proteínas de suero más leucina o con carbohidratos) tuvieron efectos sobre la composición corporal. Los resultados de investigaciones previas sobre los efectos de la suplementación con proteínas y aminoácidos y del entrenamiento de la fuerza sobre la composición corporal, también han arrojado resultados contradictorios (1, 2, 7, 23). Los resultados de ésta investigación fueron similares a los de Coburn et al. (1) quienes no observaron ningún efecto combinado entre un suplemento de proteínas de suero y leucina o un placebo de carbohidratos y el entrenamiento de fuerza unilateral durante 8 semanas, sobre BW, % de GRASA, FW o FFW en varones desentrenados. De manera similar, Antonio et al (23) no observaron ningún cambio en BW, FW, o FFW en mujeres desentrenadas que fueron asignadas a un grupo que recibió un suplemento con aminoácidos esenciales (EAA) o un placebo más 6 semanas de entrenamiento de fuerza y entrenamiento aeróbico. De modo contrario, Willoughby et al. (2) informaron efectos significativos de tiempo (Post-test>Pre-test) y de grupo (Proteína> Placebo) en el aumento en la masa corporal total, masa magra y masa del muslo en varones desentrenados tanto para el grupo que consumió el suplemento de proteínas [14 g de proteína de suero y caseína, 6 g de aminoácidos libres (esenciales y no esenciales)], como para el grupo que consumió el placebo de carbohidratos (20 g de dextrosa) luego de 10 semanas de entrenamiento de la fuerza. Rankin et al. (7) también demostraron que el porcentaje de grasa medio disminuyó 8% y la masa de tejido blando magro (FFST) aumentó $1,2\pm 0,3$ kg luego de 10 semanas de entrenamiento junto con el consumo de leche chocolatada de bajo contenido graso o con una bebida de carbohidratos-electrolitos en 19 hombres desentrenados. Además, el grupo que consumió la leche mostró una tendencia hacia un mayor aumento en FFST que el grupo que consumió la bebida con carbohidratos (leche vs carbohidratos: $1,6\pm 0,4$ kg vs. $0,8\pm 0,5$ kg).

Las diferencias en los resultados de los diferentes estudios (2, 3, 7, 23) podrían provenir de las diferencias en el protocolo de suplementación (ingredientes y momento de administración), contenido energético de los diferentes suplementos, y/o variaciones en los regímenes de entrenamiento (volumen y duración del período de entrenamiento).

Conclusiones

En síntesis, los resultados del presente estudio indicaron que un mayor volumen de entrenamiento (dos series sin suplemento o placebo) o 8 semanas de entrenamiento de la fuerza a través de una sola serie de extensión de piernas y press de banca (con suplementos de proteínas de suero y leucina o con un placebo del hidratos de carbono) no tuvieron efectos sobre la composición corporal. Durante las 8 semanas se produjeron aumentos en la fuerza y resistencia, pero no se observó ningún efecto diferencial como resultado del suplemento o placebo más una sola serie de entrenamiento o del mayor volumen de entrenamiento. Se ha demostrado previamente que la ingestión de carbohidratos aumenta modestamente el balance neto de proteínas musculares luego de ejercicios de fuerza en comparación con el efecto "máximo" (18) observado luego de la ingestión de aminoácidos (18,19). En el presente estudio, los efectos de la ingestión del suplemento con carbohidratos fueron equivalentes a los efectos de la ingestión del suplemento con proteínas de suero más leucina. Además, el efecto de la suplementación con proteínas de suero más leucina o de carbohidratos más una serie de entrenamiento, fue similar a los efectos del mayor volumen de entrenamiento de las dos series de ejercicio de fuerza sin suplementación.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la *General Nutrition Corporation* (GNC).

Dirección para Envío de Correspondencia

Mielke M, Ph.D., Department of Sport Sciences, University of the Pacific, Stockton, California 95211, USA. Phone: (209) 946-2209 begin_of_the_skype_highlighting (209) 946-2209 end_of_the_skype_highlighting, Fax: (209) 946-3225, e-mail: mmielke@pacific.edu.

REFERENCIAS

1. Coburn J. W., Housh D. J., Housh T. J., Malek M. H., Beck T. W., Cramer J. T. et al (2006). Effects of leucine and whey protein supplementation during eight weeks of unilateral resistance training. *J Strength Cond Res* 20(2):284-91

2. Willoughby D. S., Stout J. R. and Wilborn C. D (2007). Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids* 32 (4): 467-77
3. Beck T. W., Housh T. J., Johnson G. O., Coburn J. W., Malek M. H. and Cramer J. T (2007). Effects of a drink containing creatine, amino acids, and protein combined with ten weeks of resistance training on body composition, strength, and anaerobic performance. *J Strength Cond Res* 21 (1):100-4
4. Chromiak J. A., Smedley B., Carpenter W., Brown R., Koh Y. S., Lamberth J. G. et al (2004). Effect of a 10-week strength training program and recovery drink on body composition, muscular strength and endurance, and anaerobic power and capacity. *Nutrition* 20(5):420-7
5. Borsheim E., Tipton K. D., Wolf S. E., Wolfe R. R (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 283 (4): E648-657
6. Tipton K. D., Ferrando A. A., Phillips S. M., Doyle D., Wolfe R. R (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol* 276 (4 Pt 1): E628-34
7. Rankin J. W., Goldman L. P., Puglisi M. J., Nickols-Richardson S. M., Earthman C. P., Gwazdauskas F. C (2004). Effect of post-exercise supplement consumption on adaptations to resistance training. *J Am Coll Nutr* 23 (4): 322-30
8. Kelly S. B., Brown L. E., Coburn J. W., Zinder S. M., Gardner L. M., Nguyen D (2007). The effect of single versus multiple setson strength. *J Strength Cond Res* 21 (4): 1003-6
9. Wolfe B. L., LeMura L. M. and Cole P. J (2004). Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *J Strength Cond Res* 18 (1): 35-47
10. Rhea M. R., Alvar B. A., Ball S. D., Burkett L. N (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J Strength Cond Res* 16 (4):525-9
11. Galvao D. A. and Taaffe D. R (2004). Single- vs. multiple-set resistance training: recent developments in the controversy. *J Strength Cond Res* 18 (3): 660-7
12. Tipton K. D., Elliott T. A., Cree M. G., Wolf S. E., Sanford A. P., Wolfe R. R (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36 (12):2073-81
13. Tipton K. D. and Wolfe R. R (1998). Exercise-induced changes in protein metabolism. *Acta Physiol Scand* 162 (3): 377-87
14. Mero A (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med* 27 (6): 347-58
15. Cribb P. J., Williams A. D., Stathis C. G., Carey M. F., Hayes A (2007). Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc* 39 (2): 298-307
16. Wilmore J. H (1969). A simplified method for determination of residual lung volumes. *J Appl Physiol* 27 (1) 96-100
17. Brozek J., Grande F., Anderson J. T., Keys A (1963). Densitometric Analysis Of Body Composition: Revision Of Some Quantitative Assumptions. *Ann N Y Acad Sci* 110: 113-40
18. Borsheim E., Cree M. G., Tipton K. D., Elliott T. A., Aarsland A., Wolfe R. R (2004). Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol* 96 (2):674-8
19. Miller S. L., Tipton K. D., Chinkes D. L., Wolf S. E., Wolfe R. R (2003). Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 35 (3): 449-55
20. Kerksick C. M., Rasmussen C. J., Lancaster S. L., Magu B., Smith P., Melton C. et al (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res* 20 (3): 643-53
21. Roy B. D., Tarnopolsky M. A., MacDougall J. D., Fowles J., Yarasheski K. E (1997). Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *J Appl Physiol* 82 (6): 1882-8
22. Haff G. G., Lahmkuhl M. J., McCoy L. B., Stone M. H (2003). Carbohydrate supplementation and resistance training. *J Strength Cond Res* 17 (1): 187-96
23. Antonio J., Sanders M. S., Ehler L. A., Uelmen J., Raether J. B., Stout J. R (2000). Effects of exercise training and amino-acid supplementation on body composition and physical performance in untrained women. *Nutrition* 16 (11-12): 1043-6

Cita Original

Mielke M., Housh T. J., Malek M. H., Beck T. W., Schmidt R. J., Johnson G. O., Housh D. J. The Effects of Whey Protein and Leucine Supplementation on Strength, Muscular Endurance, and Body Composition During Resistance Training. JEPonline; 12 (5): 39-50, 2009.