

Monograph

Efectos de la Suplementación con Leucina y Proteínas de Huevo durante 8 Semanas de Entrenamiento de Sobrecarga Unilateral

Joel T Cramer⁵, Terry J Housh⁴, Travis W Beck⁴, Dona J Housh³, Moh H Malek⁴, Glen O Johnson⁴, Jared W Coburn^{1,2} y Patrick E Donlin²

²*Advanced Medical Imaging, Lincoln, Nebraska 68516.*

³*Department of Oral Biology, University of Nebraska Medical Center, College of Dentistry, Lincoln, Nebraska 68583.*

⁴*Department of Nutrition and Health Sciences, Center of Youth Fitness and Sports Research, University of Nebraska-Lincoln, Nebraska 68588.*

⁵*Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, OK, Estados Unidos.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar los efectos del entrenamiento de sobrecarga en combinación con un suplemento de leucina y proteínas de huevo o un suplemento de carbohidratos sobre la fuerza y el área transversal (CSA) muscular. Treinta y tres hombres (edad media \pm DS=22.4 \pm 2.4 años) fueron asignados a 1 de 3 grupos: (1) grupo suplementación (SUPP), (2) grupo placebo (PL), ó (3) grupo control (CON). Los grupos SUPP y PL realizaron entrenamiento unilateral de los músculos extensores de las piernas con el miembro no dominante durante 8 semanas. La fuerza de cada pierna, CSA muscular del cuádriceps femoral (QF), y la composición corporal fueron determinadas pre-entrenamiento y post-entrenamiento. Los resultados indicaron incrementos significativos en la fuerza de ambas piernas en el SUPP, pero solo en la pierna entrenada en el PL. No hubo ningún incremento significativo en la fuerza en ninguna de las piernas en el grupo CL. Hubo incrementos significativos en la CSA de todos los músculos del QF en la pierna entrenada en los grupos SUPP y PL, y del vasto lateral de la pierna no entrenada del grupo SUPP. Los incrementos en la CSA del QF no difirieron entre los grupos SUPP y PL. No fueron hallados cambios significativos en la CSA para ninguno de las piernas en el grupo CON. No hubo ningún cambio significativo en la composición corporal en los grupos SUPP, PL ó CON. Los presentes hallazgos sugieren que la suplementación con leucina y proteínas de huevo puede proporcionar un efecto ergogénico, el cual mejora la adquisición de fuerza más allá de la alcanzada con el entrenamiento de la fuerza y un placebo de carbohidratos.

Palabras Clave: aminoácidos, fuerza muscular, cuádriceps femoral, entrenamiento de la fuerza, entrenamiento cruzado,

INTRODUCCION

El entrenamiento de la fuerza puede tener un efecto dramático sobre el incremento de la fuerza muscular y la hipertrofia. Para que ocurra la hipertrofia, la síntesis proteica muscular debe exceder al catabolismo muscular de las proteínas y la disponibilidad de aminoácidos es un factor clave para promover la síntesis proteica neta (2, 3, 35). Ha sido hallado que luego del entrenamiento de la fuerza hay una disminución significativa en los aminoácidos séricos, particularmente leucina e isoleucina (24, 25). Suplementar la dieta con leucina y otros aminoácidos evita esta declinación e incrementa la disponibilidad de aminoácidos hacia los músculos (26, 33). La ingestión de leucina y otros aminoácidos esenciales (EAAs) inmediatamente después del ejercicio, los cuales son aminoácidos que son esenciales en la dieta, debido a que no pueden ser sintetizados, e incluyen a la isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, y valina, puede mejorar estos efectos (5, 33). Además, hay evidencia acerca de que la síntesis neta de proteínas es aún mayor cuando los EAAs son ingeridos inmediatamente antes del entrenamiento de la fuerza (34). La combinación de entrenamiento de la fuerza y suplementación con EAA constituye un potente estimulante de la síntesis de proteínas (29, 32).

Las proteínas de huevo constituyen una fuente rica en EAAs, incluyendo los aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs) leucina, isoleucina, y valina. Debido a que es una fuente de aminoácidos, ha sido estudiada por sus efectos ergogénicos potenciales junto con el entrenamiento de la fuerza. Un estudio reciente encontró que los sujetos que realizan entrenamiento de la fuerza mientras se suplementan con proteínas de huevo sola o con proteínas de huevo más monohidrato de creatina tienen mayores ganancias en la masa de tejido magro y en la fuerza de extensión de piernas que los sujetos que realizan entrenamiento de la fuerza y toman un placebo (7). Otro estudio encontró que la combinación de proteínas de huevo más L-glutamina y BCAAs fue más efectiva que las proteínas de huevo solas al incrementar la masa magra y mejorar el rendimiento del ejercicio (repeticiones en press de banca y press de piernas) luego de 10 semanas de entrenamiento de la fuerza.

Estudios anteriores también han examinado los efectos del entrenamiento de la fuerza unilateral sobre la fuerza en el miembro desentrenado. Algunos de estos estudios han mostrado un efecto de entrenamiento cruzado para la fuerza (9, 16-19, 27, 36, 37), mientras que otros no lo han hecho (15, 31, 40, 41). Sin embargo, ningún estudio ha examinado los efectos de la leucina y/o la suplementación con proteínas de huevo sobre las adaptaciones del miembro desentrenado.

Dados los resultados de estudios recientes (2, 3, 5, 7, 10, 24-26, 29, 32-35), es posible que la suplementación con una combinación de leucina y proteínas de huevo, ambas antes e inmediatamente después de sesiones de entrenamiento de la fuerza, puede proporcionar beneficios en términos de incremento de la fuerza y el tamaño muscular. El propósito de este estudio fue determinar los efectos de 8 semanas de entrenamiento de la fuerza en extensiones de piernas unilaterales en combinación con un suplemento de leucina y proteínas de huevo o un placebo de carbohidratos sobre la fuerza y el área de sección transversal de los músculos del cuádriceps femoral (QF) en la pierna entrenada y no entrenada.

METODOS

Enfoque Experimental al Problema

Para comparar la efectividad del entrenamiento de la fuerza combinado con suplementación con leucina y proteínas de huevo vs. un placebo de carbohidratos sobre la fuerza, área de sección transversal muscular (CSA), y la composición corporal fue usado un estudio aleatorio y doble ciego. No hubo restricciones en la dieta durante el curso del estudio, y los sujetos fueron alentados a continuar con sus hábitos alimenticios normales. El diseño permitió el estudio de los efectos de la adición de un suplemento de leucina y proteínas de huevo o un placebo de carbohidratos a una dieta existente cuando se combina esto con el entrenamiento de la fuerza. Esto es similar a la forma en la cual el producto probablemente sería usado por los consumidores. El suplemento de leucina-proteínas de huevo y el placebo de carbohidratos eran isocalóricos para controlar las diferencias en la ingesta de energía adicionada. Fue usado un grupo control (CON) para determinar el tamaño muscular y los cambios en la fuerza que podrían ocurrir a través del mismo período de tiempo en los sujetos que ni realizan entrenamiento de la fuerza ni ingieren el suplemento o el placebo. Fue usado un diseño de entrenamiento unilateral para permitir el estudio de efectos cruzados de entrenamiento. El estudio de los músculos individuales del QF, a diferentes niveles del muslo, fue realizado debido a que investigaciones previas (15, 28) han demostrado que la hipertrofia puede ser diferente desde un músculo a otro y desde un nivel del músculo al otro. Esta información puede ser de interés para otros investigadores así como para aquellos que usan suplementos tales como proteínas de huevo y leucina, que fueron estudiadas en el presente trabajo.

Sujetos

Treinta y tres hombres se ofrecieron voluntariamente como sujetos para esta investigación. Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Revisión Institucional de la Universidad para Sujetos Humanos y los sujetos firmaron un consentimiento informado antes de participar en cualquier evaluación. Ninguno de los sujetos estaba tomando medicamentos o suplementos nutricionales que pudieran interferir con los resultados del estudio. Los sujetos eran excluidos si habían participado en un programa de entrenamiento de la fuerza para las piernas en los 90 días precedentes al comienzo de la investigación. Usando un diseño doble ciego para los grupos de suplementación (SUPP) y placebo (PL), los sujetos fueron asignados aleatoriamente a 1 de 3 grupos: (1) SUPP (n=11; edad 21.3±años; masa corporal 77.2±11.5 kg; talla 181.3±6.3 cm); (2) PL (n=12; edad 22.8±2.8 años; masa corporal 82.0±10.5 kg; talla 180.8±7.6 cm); ó (3) CON (n=10; edad 23.2±1.9 años; masa corporal 82.0±9.7 kg; talla 179.9±61 cm).

Protocolo de Suplementación

El grupo SUPP recibió 20.0 g de proteína de huevo y 6.2 g de leucina en 226.796 g (8 onzas) de agua, el grupo PL recibió 26.2 g de maltodextrina en 340.194 g (12 onzas) de agua, el CON no recibió nada. Después de ayunar una noche, los sujetos ingirieron el suplemento (SUPP) o el placebo (PL) 30 minutos antes e inmediatamente después de cada sesión de entrenamiento de la fuerza. En los días en los cuales no se entrenaba, los grupos SUPP y PL ingirieron 1 dosis de suplemento o placebo antes del desayuno. Fuera de los suplementos, no hubo otra restricción dietaria durante el transcurso de este estudio, y los sujetos fueron alentados para continuar con sus hábitos dietarios normales.

Evaluaciones

Fue evaluada la fuerza de extensión de la pierna de resistencia externa dinámica constante (DCER) de cada miembro, para determinar 1 repetición máxima unilateral de cada sujeto (1 RM). Para todas las evaluaciones y entrenamientos de la fuerza fue usada una máquina de extensión de piernas cargada mediante lingotes, y de cuerpo sólido (Modelo CEC340; *Forest Park, IL*). Cada sujeto se sentaba con su torso contra el respaldo y era instruido para mantener apretados los agarres a los lados del dispositivo. El respaldo fue ajustado para alinear los ejes anatómicos de la rodilla con los ejes mecánicos de la máquina. Se colocaron canilleras en las piernas de los sujetos, las cuales estaban unidas al brazo de palanca de la máquina. Las canilleras estaban a una distancia fija de los ejes de rotación del brazo de palanca y así no eran ajustables. El posicionamiento, sin embargo, fue consistente para cada sujeto a través de todos los tests.

La determinación de la fuerza de 1RM DCER implicó la aplicación de cargas progresivamente más pesadas antes de el sujeto no pudiera levantar la carga a través el recorrido completo de movimiento (aproximadamente 1.57 radianes) de acuerdo a los métodos sugeridos por Kraemer y Fry (20). En caso de que fuera necesario, fueron realizadas más pruebas con cargas más livianas hasta que fue determinada la fuerza de 1RM dentro de 2.27 kg. Los sujetos tenían 2 minutos de descanso entre las pruebas. El orden de las evaluaciones de los miembros fue aleatorio para la sesión de evaluación pre-entrenamiento y fue mantenido para la sesión post-entrenamiento. El coeficiente de confiabilidad intraclase (ICC) para las mediciones DCER fue $r=0.97$.

A los grupos SUPP, PL y CON se les realizó una resonancia magnética pre- y post-entrenamiento (Philips Polares 1.0-T scanner; Bathel, WA) para determinar el CSA de cada músculo del QF [vasto lateral (VL), vasto intermedio (VI), vasto medial (VM), y el recto femoral (RF)] de ambos miembros en 3 sitios (niveles). Fueron usadas exploraciones o *scans* coronales de los muslos para determinar la longitud del fémur a partir del borde superior de la cabeza hasta el borde inferior del cóndilo medial (Figura 1). Fueron realizados 3 *scans* axiales tomados a aproximadamente el 33%, 50% y 67% (niveles proximal, medio y distal, respectivamente) con respecto a esta distancia (Figura 2). Los post-tests para la CSA muscular fueron determinados dentro de 48-96 horas luego de la última sesión de entrenamiento de sobrecarga.

El tiempo de repetición y de resonancia fue establecido a 620 y 4.47 ms, respectivamente. Todas las MRIs fueron transferidas a una computadora personal para las mediciones de CSA de los músculos individuales del cuadriceps de ambos muslos usando el *software* DicomWorks v1.3.5. Dos de los investigadores, que ignoraban quienes eran miembros de los grupos o el tiempo de evaluación, realizaron todas las mediciones de CSA. La confiabilidad intra-evaluador y la objetividad inter-evaluador de las mediciones de CSA fueron determinadas midiendo las imágenes de 10 sujetos seleccionados aleatoriamente en 2 ocasiones, separadas por 72 horas. Cada investigador tuvo un ICC de un $R>0.98$ y un $SEM \leq 2.0\%$ de la media de las mediciones de CSA. Además, no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los valores medios de CSA para las mediciones test vs. retest para ninguno de los investigadores. El ICC de la comparación de la objetividad inter-evaluador tuvo un valor de $r=0.983$, con un SEM de 2.4% de la media. Además, no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los valores medios de CSA a partir de los dos investigadores.

La composición corporal fue evaluada pre- y post-entrenamiento. Los sujetos fueron instruidos para no realizar ejercicio por al menos 12 horas antes de la evaluación, y cada sujeto indicó que estaba normalmente hidratado y en un estado postabsortivo (al menos 4 horas) al arribar al laboratorio. El peso corporal fue determinado con una apreciación de 0.11 kg

usando una balanza para médicos certificada. La densidad corporal (BD) fue determinada a partir del pesaje hidrostático (UWW) con la corrección para el volumen residual pulmonar (RV) usando el método de la dilución de oxígeno de Wilmore (39). El RV fue determinado en la superficie con el sujeto sentado en una posición similar a la que se debe realizar en el UWW. Para determinar el RV representativo fue usado el promedio de valores similares (dentro de 0.1 L) para 2 o 3 pruebas. El peso subacuático fue medido en un tanque de inmersión en el cual un asiento de nylon estaba suspendido en una balanza Salter de 10 kg (REGO Designs&Patents, modelo #230). El promedio de los 2 o 3 pesos más altos a partir de 6 a 10 mediciones fue usado como el peso subacuático representativo. El porcentaje de grasa corporal (% de grasa) fue calculado usando la fórmula de Brozek et al. (6), derivando matemáticamente la masa libre de grasa (FFM) y la masa grasa (FM). Los datos previos de confiabilidad test-retest para el UWW de nuestro laboratorio indicaron que para 16 hombres jóvenes medidos con una separación de 24-72 horas, el ICC fue $r=0.98$ con un SEM de 0.9% de grasa.

Entrenamiento

Cada miembro del grupo SUPP y PL realizó 8 semanas de entrenamiento unilateral DCER para los músculos extensores de las piernas en la misma máquina de extensión de piernas usada para las evaluaciones DCER. El entrenamiento fue realizado con la pierna no dominante (en base a la preferencia para patear) 3 veces por semana. Cada sesión de entrenamiento consistió de 2 series de entrada en calor con pesos progresivamente más pesados seguidos por 3 a 5 series de 6 repeticiones al 80% de la 1RM DCER. Los sujetos realizaron 3 series la primera semana de entrenamiento, 4 series la segunda semana, y 5 series durante las semanas 3-8. La pierna entrenada fue evaluada para 1RM DCER antes de la tercera sesión de entrenamiento de cada semana para ajustar la carga de entrenamiento para la semana siguiente.

Análisis Estadísticos

Los datos de la fuerza de 1RM DCER fueron analizados usando análisis de varianza (ANOVA) factorial mezclado de 3 vías [miembro (entrenado, desentrenado) x tiempo (pre-entrenamiento, post-entrenamiento) x grupo (SUPP, PL, CON)]. El miembro y el tiempo fueron tratados como factores dentro de los sujetos, mientras que el grupo fue usado como un factor entre los sujetos. Los datos de CSA muscular fueron analizados usando ANOVA factorial mezclada de 5 vías [músculo (VL, VI, VM, RF) x nivel (proximal, medio, distal) x miembro (entrenado, desentrenado) x tiempo (pre-entrenamiento, post-entrenamiento) x grupo (SUPP, PL, CON)]. Los músculos, nivel y tiempo fueron usados como factores "dentro de los sujetos" y el grupo fue usado como un factor "entre los sujetos". Fueron usados análisis de varianza factorial mezclado de dos vías separados [grupo (SUPP, PL, CON) x tiempo (pre-entrenamiento, post-entrenamiento)] para analizar el peso corporal (BW) y las variables de composición corporal (% de grasa, FM, FMM). El grupo fue usado como un factor "entre los sujetos" y el tiempo fue usado como un "factor dentro de los sujetos". Fue usado un test post hoc de Tukey, y un nivel alfa de $p \leq 0.05$ fue considerado significativo para todas las comparaciones. En base a estudios previos (16, 17) fueron usados análisis a priori para determinar los tamaños de las muestras que producirían valores de potencia de 0.90 o mayores para los datos de CSA y fuerza.

RESULTADOS

Los resultados indicaron incrementos significativos en la fuerza de 1RM DCER para tanto la pierna entrenada como no entrenada en el grupo SUPP, pero incrementos en la pierna entrenada solo en el grupo PL (Tabla 1). El incremento en la fuerza de 1RM DCER de la pierna entrenada para el grupo SUPP fue mayor que para el grupo PL. El grupo CON no cambió en fuerza en ninguna de las piernas durante las 8 semanas del estudio.

	Pierna Entrenada			Pierna no Entrenada		
	Pre	Post	Cambio Porcentual	Pre	Post	Cambio Porcentual
Grupo SUPP	48.6±1.9	63.3±3.4	30.3 * †	48.1±2.9	55.0±2.6	14.5*
Grupo PL	51.4±3.7	62.9±4.3	22.4 *	53.9±3.4	55.4±3.1	2.8
Grupo CON	49.7±3.5	51.5±3.2	3.6	54.4±5.2	56.9±4.4	4.6

Tabla 1. Fuerza de la resistencia externa constante dinámica de 1 repetición máxima en kg (media±DS). * Cambio significativo desde la condición pre- a post-entrenamiento, $p < 0.05$. † Cambio significativamente mayor en el grupo suplementación con respecto al placebo, $p < 0.05$.

	Nivel Proximal			Nivel Medio			Nivel Distal		
	PRE	POST	% de Cambio	PRE	POST	% de Cambio	PRE	POST	% de Cambio
SUPP									
<i>Pierna no dominante (entrenada)</i>									
VL	32.64±1.31	34.72±1.66	6.38 *	30.95±1.58	33.39±1.63	7.88 *	16.18±0.98	17.12±1.00	5.84 *
VI	21.26±0.90	22.70±1.16	6.76 *	22.67±1.08	23.44±1.06	3.40 *	17.26±0.72	18.51±0.81	7.20 *
VM	10.11±0.61	10.92±0.65	8.00 *	19.02±0.95	19.44±0.92	2.23 *	25.50±1.56	27.61±1.35	8.27 *
RF	14.87±0.63	15.49±0.72	4.17 *	8.69±0.88	9.56±0.84	10.08 *	1.95±0.29	2.29	-17.50 *
<i>Pierna dominante (no entrenada)</i>									
VL	33.44±1.52	34.49±1.59	3.16 *	32.58±1.79	32.00±2.08	-1.78	16.97±1.00	16.89±1.20	-0.47
VI	22.78±0.90	23.38±1.40	2.66	24.29±1.34	23.25±1.21	-4.27	18.27±0.80	18.24±0.89	0.39
VM	9.58±0.51	10.11±0.62	5.50	18.43±0.91	18.45±0.89	0.10	26.29±1.42	26.53±1.59	0.91
RF	14.93±0.75	14.99±0.71	0.46	8.78±0.76	8.83±0.85	0.59	2.12±0.28	1.94±0.26	-8.33
PL									
<i>Pierna no dominante (entrenada)</i>									
VL	33.15±1.04	34.42±1.31	3.81 *	33.07±1.21	34.20±1.23	3.44 *	15.98±1.27	16.83±1.45	5.34 *
VI	22.10±0.89	23.61±0.63	6.85 *	25.89±1.24	26.86±1.42	3.73 *	19.38±0.95	20.13±0.82	3.84 *
VM	10.38±0.41	11.28±0.37	8.69 *	18.43±0.68	20.02±0.91	8.62 *	27.25±1.13	27.52±1.07	0.97 *
RF	15.72±0.99	16.09±1.06	2.39 *	10.43±0.82	10.63±0.94	1.94	2.51±0.24	2.65±0.31	5.30 *
<i>Pierna dominante (no entrenada)</i>									
VL	34.46±1.38	34.94±1.25	1.40	33.62±1.01	33.43±1.00	-0.56	17.24±1.30	17.47±1.30	1.33
VI	23.27±1.13	23.49±0.69	0.96	26.30±1.56	25.69±1.36	-2.33	19.23±0.89	19.53±0.81	1.56
VM	10.12±0.29	10.17±0.29	0.46	18.09±0.63	18.80±0.78	3.94	27.58±1.24	27.18±1.15	-1.48
RF	15.73±1.00	15.18±0.93	-3.55	10.15±0.88	9.84±0.75	-3.08	2.29±0.27	2.27±0.29	-0.69
CON									
<i>Pierna no dominante</i>									
VL	36.65±1.72	36.52±1.80	-0.36	34.43±2.57	33.66±2.82	-2.24	18.08±1.76	17.09±1.75	-5.49
VI	23.83±1.24	23.51±1.36	-1.34	25.66±1.66	25.57±1.44	-0.35	19.14±1.32	18.29±1.27	-4.44
VM	10.31±1.10	10.78±0.79	4.58	21.20±1.12	20.69±1.23	-2.42	28.72±1.70	29.58±1.94	3.01
RF	16.89±1.17	16.44±1.31	-2.66	10.15±0.89	9.81±0.86	-3.35	2.38±0.29	1.88±0.12	-21.22
<i>Pierna Dominante</i>									
VL	38.03±1.87	38.43±1.87	1.07	34.84±2.43	34.37±2.17	-1.33	17.15±1.44	16.34±1.36	-4.76
VI	24.56±1.27	23.89±1.31	-2.73	25.32±1.82	25.48±1.71	0.63	18.83±1.43	17.97±1.03	-4.59
VM	10.07±0.97	10.75±0.68	6.74	20.45±0.78	19.85±0.88	-2.94	26.85±1.25	27.40±1.52	2.05
RF	16.23±1.26	16.36±1.20	0.81	9.85±0.94	9.54±0.85	-3.17	2.13±0.27	1.66±0.15	-22.30

Tabla 2. Área de sección transversal de cuádriceps femoral (cm²) (media±desvío estándar). SUPP=grupo de suplementación; VL=vaslo lateral; VI=vasto intermedio; VM=vasto medial; RF=recto femoral; PL=gluro placebo; CON=grupo control. * Cambio significativo entre las condiciones pre- y post-tratamiento, p<0.05.

Grupo	Pre	Post	% de Cambio
<i>Peso Corporal (kg)</i>			
<i>SUPP</i>	77.2±3.5	77.8±3.8	0.8
<i>PL</i>	82.1±3.0	81.9±3.3	- 0.2
<i>CON</i>	82.0±3.1	81.8±3.1	- 0.3
<i>Porcentaje de Grasa</i>			
<i>SUPP</i>	16.4±1.6	16.5±1.8	0.9
<i>PL</i>	16.6±1.5	17.3±1.9	4.1
<i>CON</i>	17.7±2.6	17.3±2.5	-2.1
<i>Masa Magra (kg)</i>			
<i>SUPP</i>	64.4±2.7	64.7±2.8	0.5
<i>PL</i>	68.2±2.5	67.4±2.4	- 1.3
<i>CON</i>	67.3±2.6	67.4±2.5	0.1
<i>Masa Grasa (kg)</i>			
<i>SUPP</i>	12.8±1.7	13.1±2.0	2.4
<i>PL</i>	13.8±1.5	14.5±1.9	5.4
<i>CON</i>	14.7±2.3	14.4±2.3	- 2.1

Tabla 3. Composición corporal (media±DS). No hubo incrementos significativos ($p>0.05$) desde la condición pre- a post-entrenamiento para ninguno de los grupos. SUPP=grupo suplementación; PL=grupo placebo; CON=grupo control.

CSA Muscular

Los resultados indicaron que los grupos SUPP, PL y CON respondieron de manera diferente a las 8 semanas de entrenamiento DCER (Tabla 2). En el grupo SUPP, hubo incrementos en la CSA de todos los músculos (VL, VI, VM y RF) del cuadriceps femoral de la pierna entrenada, en todos los niveles (proximal, medio y distal). Para la pierna desentrenada, sin embargo, solo el nivel proximal del VL incrementó su CSA. En el grupo PL, hubo incrementos significativos en la CSA de todos los músculos (VL, VI, VM, y RF) del cuadriceps femoral para la pierna entrenada, en todos los niveles (proximal, medio y distal). Sin embargo no hubo cambios en la CSA muscular la pierna desentrenada. El incremento en la CSA de la pierna entrenada no difirió entre el grupo SUPP y PL. En el grupo CON, no hubo cambios en la CSA para ninguno de los músculos (VL, VI, VL o RF) o niveles (proximal, medio y distal) de ninguno de las piernas durante las 8 semanas del estudio.

Composición Corporal

Los resultados indicaron que no hubo cambios significativos inducidos por el entrenamiento en el BW, % de grasa, FFM o FM para los grupos SUPP, PL o CON (Tabla 3).

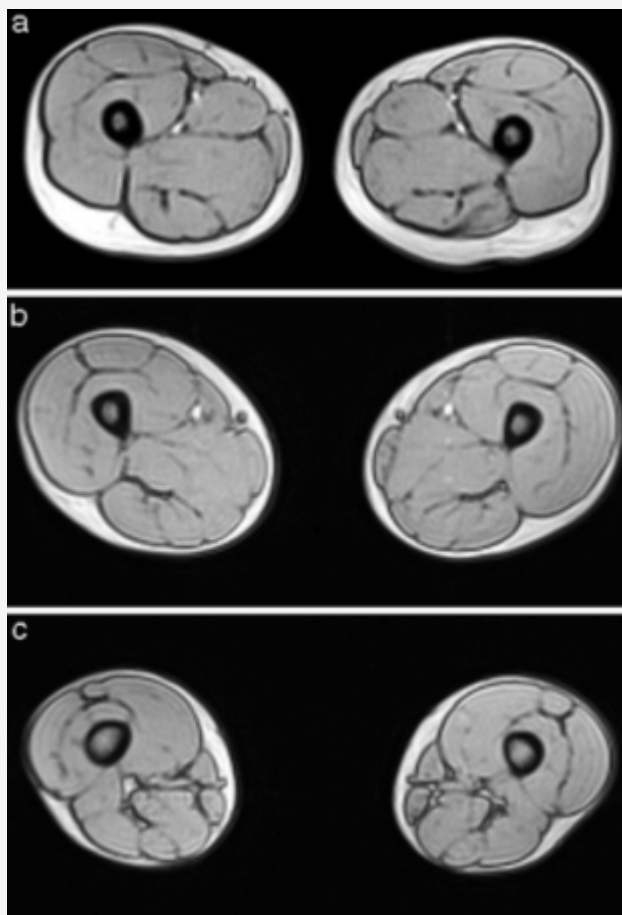


Figura 1. Imagen del scan de resonancia magnética nuclear coronal indicando las localizaciones (niveles) del muslo en donde eran realizados los scans axiales.

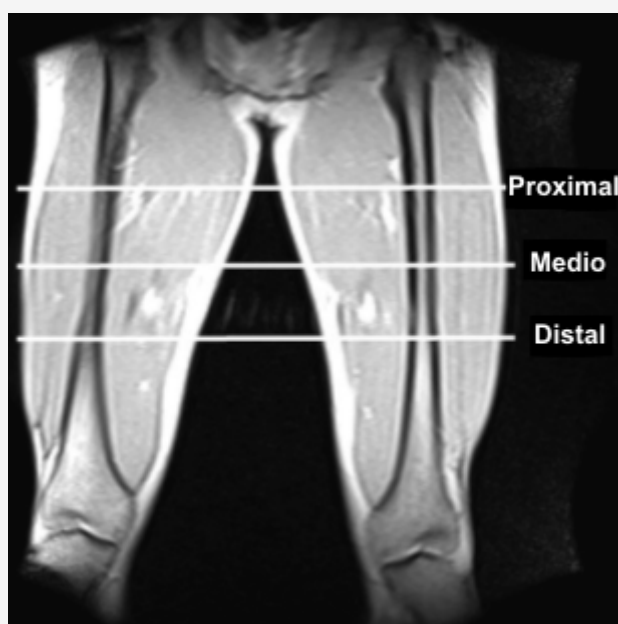


Figura 2. Imagen de los scans de resonancia magnética nuclear en los niveles (a) proximal, (b) medio y (c) distal.

DISCUSION

En el presente estudio, la fuerza de 1RM DCER se incrementó significativamente en el miembro entrenado del grupo SUPP (30.4%) y el grupo PL (22.4%), pero no en el grupo CON. Además, el incremento en la fuerza de 1RM DCER del miembro entrenado del grupo SUPP fue significativamente mayor que la del grupo PL. Así, la suplementación con leucina y proteínas de huevo en combinación con entrenamiento de la fuerza resultó en un mayor incremento en la fuerza de extensión de la pierna en la pierna entrenada que la combinación del entrenamiento de la fuerza más la ingestión de un placebo de carbohidratos.

Estudios previos que han examinado los efectos de la suplementación con proteínas de huevo y/o leucina sobre la fuerza muscular han llegado a resultados conflictivos (1, 7, 8, 30, 38). Por ejemplo, Burke et al. (7) asignaron aleatoriamente a un grupo de sujetos a un grupo de suplementación con proteínas de huevo (WP) ($1.2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$), grupo proteínas de huevo más monohidrato de creatina ($1.2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y $0.1 \text{ kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$, respectivamente) o PL ($1.2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de maltodextrina) para 12 semanas de entrenamiento de la fuerza. Los resultados indicaron que los sujetos que se habían suplementado con proteínas de huevo tuvieron mayores ganancias que los sujetos del grupo PL, únicamente en el torque pico de extensión de piernas. Además, los sujetos que ingirieron proteínas de huevo más creatina demostraron mayores ganancias en la fuerza en press de banca que los sujetos del grupo WP o PL. Sin embargo, otros estudios, no han demostrado efectos beneficiosos a partir de la suplementación con proteínas de huevo y/o leucina en comparación al entrenamiento de la fuerza solo (1, 8, 30, 38). Antonio et al. (1) asignaron a mujeres previamente desentrenadas ($n=21$) ó a un grupo placebo (celulosa) o a un grupo EAA (dosis diaria promedio de 18.3 g de EAA en forma de pastillas con 1.83 g de leucina cada 10 g de EAA). Los sujetos realizaron entrenamiento de la fuerza y entrenamiento aeróbico 3 veces por semana por 6 semanas. No hubo cambios significativos en la fuerza muscular de ninguno de los grupos luego del período de entrenamiento. Williams et al. (38) encontraron que un suplemento de aminoácidos más glucosa (conteniendo 11% de leucina) no fue más efectivo que un placebo (0.5 g de leche en polvo, edulcorante artificial, agua, saborizante de limón, y colorante) para incrementar la fuerza isométrica, isocinética o de 1RM en sujetos que realizaron entrenamiento de extensión de piernas por 10 semanas. Ratamess et al. (30) encontraron incrementos equivalentes en 1RM en la fuerza de 1RM en sentadilla y press de banca después de la segunda, tercera y cuarta semana de un programa de entrenamiento de 4 semanas en un grupo que tomaba aminoácidos (0.4 g.kg de peso corporal⁻¹, con 27.2 g de leucina cada 100 g de aminoácidos) o un grupo PL que tomaba un placebo (celulosa en polvo). Sin embargo, fue encontrado que la suplementación con aminoácidos evitó la disminución en el rendimiento observada en el grupo PL en la fase inicial de este programa de sobreentrenamiento a corto plazo, el cual fue diseñado para sobreexigir a los sujetos y producir así un rebote en el rendimiento de la fuerza y la potencia (30). Chromiak et al. (8) encontraron que el consumo post-ejercicio de un suplemento que contenía proteínas de huevo (13 g por porción), aminoácidos (incluyendo 0.53 g de leucina por porción), creatina, y carbohidratos combinado con 10 semanas de entrenamiento de la fuerza no promovió mayores ganancias en la fuerza muscular que una bebida que solamente contenía carbohidratos en combinación con entrenamiento de la fuerza. Los resultados de estos estudios indicaron que ha sido demostrado que la suplementación con creatina, proteínas de huevo, leucina, aminoácidos esenciales y carbohidratos, o combinaciones de estos ingredientes resulta en algunos casos, pero no en todos, en mayores incrementos en la fuerza que cuando únicamente se realiza entrenamiento de la fuerza. La razón para la falta de consistencia en los hallazgos entre los estudios puede ser debido a factores tales como el volumen y/o intensidad de entrenamiento, experiencia de entrenamiento de los sujetos, cantidad y combinación de ingredientes en los suplementos, y tiempo de ingesta del suplemento.

Hallazgos previos que usaron entrenamiento DCER unilateral han demostrado incrementos significativos en la fuerza de 1RM tanto en el miembro desentrenado como en el entrenado luego de entrenamiento de la fuerza solo concéntrico (16, 19, 37), solo excéntrico (17, 18, 36) o concéntrico más excéntrico (9, 27). Sin embargo, otros estudios, no han demostrado un efecto cruzado como resultado del entrenamiento de fuerza unilateral (15, 31, 40, 41). En el presente estudio, ocurrieron incrementos significativos en la fuerza de 1RM DCER en el miembro no entrenado en el grupo SUPP (14.6%), pero no en el grupo PL. El efecto de entrenamiento cruzado ha sido atribuido a (a) la difusión de impulsos motores al lado no entrenado del cuerpo (13), (b) la contracción de la musculatura del lado no entrenado del cuerpo para mantener el equilibrio y asumir la posición apropiada para el ejercicio unilateral (13), (c) la actividad neural en la corteza motora contralateral (22), y/o (d) algún mecanismo espinal no especificado (14). Así, está generalmente aceptado que el efecto de entrenamiento cruzado resulta de adaptaciones neurales y no de hipertrofia muscular. Sin embargo el incremento de la fuerza en el miembro no entrenado en el grupo SUPP, pero no en el PL, sugiere que la suplementación puede haber, de alguna forma, acentuado los efectos del entrenamiento sobre el miembro no entrenado. De manera interesante, los presentes hallazgos para la CSA muscular sugieren que la suplementación puede haber contribuido al efecto hipertrófico en el miembro desentrenado del grupo SUPP.

CSA Muscular

En el presente estudio, los grupos SUPP y PL exhibieron incrementos significativos en la CSA de todos los músculos y

niveles de los miembros entrenados (media=7.31% por músculo por nivel para el grupo SUPP y 4.58% por músculo y por nivel para el grupo PL). Los resultados del presente estudio fueron comparables a los de otras investigaciones que encontraron incrementos en la CSA muscular desde 3.3% hasta 34.0% luego de 8 a 12 semanas de entrenamiento de fuerza de extensión de piernas DCER (11, 16), isocinético (15, 23, 28), o de resistencia variable (12). Además, Godard et al. (11) encontraron que 12 semanas de entrenamiento de extensión de piernas junto con consumo post-ejercicio de un suplemento de aminoácidos (incluyendo 2.24 g de leucina) y carbohidratos (dextrosa, sucrosa, y fructosa) conducen a incrementos significativos (7.0%) en la CSA muscular del muslo en hombres ancianos (>65 años). El incremento en la CSA muscular del muslo, sin embargo, no fue mayor que el de un grupo control el cual realizó el mismo programa de entrenamiento de la fuerza, pero no ingirió el suplemento.

Un hallazgo único del presente estudio fue el incremento significativo en la CSA del VL en el nivel proximal la pierna no entrenada del grupo SUPP (6.44%), pero no en el grupo PL. Esto sugiere que la suplementación con leucina y proteínas de huevo puede haber contribuido en los incrementos en la CSA muscular y en la fuerza en la pierna no entrenada para el grupo SUPP. Sin embargo el efecto hipertrófico potencial en la pierna no entrenada del grupo SUPP, fue observado solo para un músculo (VL) en un nivel (proximal). De este modo, futuros estudios deberían examinar si el incremento en la CSA muscular en el miembro no entrenado puede ser replicado.

Otro hallazgo interesante del presente estudio fue que el incremento en la tasa de ganancia de fuerza para el grupo SUPP en comparación con el grupo PL no fue acompañado por una mayor tasa de hipertrofia muscular. Este hallazgo puede haberse debido a los efectos de la suplementación con leucina y BCAA sobre el sistema nervioso central. Investigaciones previas han indicado que la suplementación con BCAA, incluyendo a la leucina, puede mejorar tanto el rendimiento mental como físico asociado con el entrenamiento de resistencia (4). El entrenamiento de resistencia puede reducir los niveles plasmáticos de leucina y otros BCAA, incrementando el índice triptofano/BCAA en el cerebro, conduciendo indirectamente a un incremento de la concentración de serotonina en el cerebro (4). Se ha planteado la hipótesis acerca de que este incremento en la serotonina inducido por el ejercicio promueve la fatiga, disminuyendo la producción de potencia muscular, y deprimiendo la excitabilidad de las motoneuronas, la llamada hipótesis de la fatiga central (21). Mero et al. (26) encontraron que el entrenamiento de la fuerza y la velocidad conducen a una disminución de los niveles séricos de aminoácidos, pero que la suplementación con leucina (50 mg.kg de peso corporal⁻¹.día⁻¹) evitó una disminución en los niveles de leucina. En el presente estudio, es posible que la suplementación con leucina y proteínas de huevo evitara una disminución inducida por el ejercicio en las concentraciones de BCAA, y de este modo evitara el desarrollo de la fatiga central. Este efecto ergogénico potencial de la suplementación de leucina y proteínas de huevo podría promover incrementos en la fuerza independientemente de los cambios en la hipertrofia muscular.

Composición Corporal

En el presente estudio, no hubo cambios significativos inducidos por el entrenamiento en la BW, % grasa, FFM, o FM para los grupos SUPP, PL o CON. Investigaciones previas que estudiaron los efectos de los suplementos de proteína de huevo o aminoácidos incluyendo leucina, han demostrado hallazgos conflictivos con respecto a los cambios en la composición corporal cuando se combina los suplementos con entrenamiento de la fuerza (1, 7, 8). Antonio et al. (1) no encontraron cambios en la BW, FFM o FM en mujeres desentrenadas asignadas a un grupo EEA o PL luego de entrenamiento de la fuerza o aeróbico realizado 3 días por semana por semanas. Chromiak et al. (8) encontraron incrementos comparables en la FFM y disminuciones en el % de grasa luego de 10 semanas de entrenamiento de la fuerza en sujetos que consumieron un suplemento que contenía proteínas de huevo, aminoácidos, creatina y carbohidratos o un placebo. Burke et al. (7) compararon los efectos de la suplementación con proteínas de huevo, proteínas de huevo más monohidrato de creatina o placebo (maltodextrina) sobre la FFM durante 6 semanas de entrenamiento de la fuerza. Fue hallado que el grupo que había sido suplementado con proteínas de huevo más monohidrato de creatina incrementó la FFM más que los grupos WP o PL y que la FFM se incrementó más para el grupo WP que para el PL. En el presente estudio, la CSA muscular se incrementó significativamente para todos los músculos del QF, en todos los niveles del miembro entrenado, para tanto el grupo SUPP como el PL. Los cambios en la CSA muscular, sin embargo, estuvieron localizados principalmente en la pierna entrenada, debido al entrenamiento unilateral, y de este modo, puede no haber sido suficiente para resultar en un incremento en la FFM total del cuerpo.

En resumen, los resultados del presente estudio indicaron que la suplementación con leucina y proteínas de huevo mejoró la adquisición de fuerza en los miembros entrenados y no entrenados del grupo SUPP más allá de lo demostrado por el grupo PL con entrenamiento de la fuerza más un placebo de carbohidratos. Además, el entrenamiento de la fuerza en combinación con suplementación con leucina y proteínas de huevo resultó en un incremento en la CSA muscular para el VL en el nivel proximal de la pierna no entrenada en el grupo SUPP. Sin embargo, no hubo cambios en la CSA muscular de la pierna no entrenada para el grupo PL. Son necesarias futuras investigaciones para determinar el mecanismo específico por el cual el entrenamiento de la fuerza, junto con suplementación con leucina y proteínas de huevo, mejora las ganancias en la fuerza y la CSA muscular en los miembros entrenados y no entrenados, cuando se lo compara con entrenamiento de la fuerza más suplementación con carbohidratos. Sin embargo una limitación del presente estudio fue que no fue conducido

ningún análisis dietario para determinar la ingesta de proteínas antes o después de la administración de los suplementos de leucina y proteínas de huevo o carbohidratos. Es posible que el suplemento de leucina y proteínas de huevo fuera administrado a un grupo que tenía un déficit de proteínas en comparación con el grupo PL, aunque los sujetos fueron asignados aleatoriamente a los grupos. De este modo, es recomendado que futuros estudios iguallen a los grupos experimentales en la ingesta de proteínas antes de la suplementación, y luego usen un proceso de asignación equiparado y aleatorio para asignar a los sujetos a sus grupos.

Aplicaciones Prácticas

En el presente estudio, la suplementación dietaria con leucina y proteínas de huevo proporcionó un efecto ergogénico que mejoró la adquisición de fuerza más allá de la alcanzada con un placebo de carbohidratos. Los entrenadores y atletas que quieren maximizar las ganancias en fuerza e hipertrofia muscular pueden considerar el uso de un régimen de suplementación con leucina y proteínas de huevo.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por una beca de Numico Research NNA 2002-029. Los resultados de este estudio no constituyen un respaldo al producto por parte de los autores o la *National Strength and Conditioning Association*.

Dirección para Envío de Correspondencia

Dr. Jared W. Coburn, correo electrónico: jcoburn@unlserve.unl.edu

REFERENCIAS

1. Antonio, J., M.S. Sanders, L.A. Ehler, J. Uelmen, J.B. Raether, and J.R. Stout (2000). Effects of exercise training and amino-acid supplementation on body composition and physical performance in untrained women. *Nutrition*. 16:1043-1046
2. Biolo, G., S.P. Maggi, B.D. Williams, K.D. Tipton, and R.R. Wolfe (2005). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 268:E514-E520
3. Biolo, G., K.D. Tipton, S. Klein, and R.R. Wolfe (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am. J. Physiol.* 273:E122-E129
4. Blomstrand, E., P. Hassmen, B. Ekblom, and E.A. Newsholme (1991). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise: Effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 63:83-88
5. Borsheim, E., K.D. Tipton, S.E. Wolf, and R.R. Wolfe (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 283:E648-E657
6. Brozek, J., F. Grande, J.T. Anderson, and A. Keys (1963). Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 110:113-140
7. Burke, D.G., P.D. Chilibeck, K.S. Davidson, D.G. Candow, J. Farthing, and T. Smith-Palmer (2001). The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 11:349-364
8. Chromiak, J.A., B. Smedley, W. Carpenter, R. Brown, Y.S. Koh, J.G. Lamberth, L.A. Joe, B.R. Abadie, and G. Altorfer (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*. 20:420-427
9. Coleman, A.E (1969). Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contralateral limb. *Res. Q.* 40:490-495
10. Colker, C.M., M.A. Swain, B. Fabrucini, Q. Shi, and D.S. Kalman (2000). Effects of supplemental protein on body composition and muscular strength in healthy athletic male adults. *Curr. Ther. Res.* 61:19-28
11. Godard, M.P., D.L. Williamson, and S.W. Trappe (2002). Oral amino-acid provision does not affect muscle strength or size gains in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1126-1131
12. Hellebrandt, F.A (1951). Cross education; ipsilateral and contralateral effects of unimanual training. *J. Appl. Physiol.* 4:136-144
13. Hortobagyi, T., K. Scott, J. Lambert, G. Hamilton, and J. Tracy (1999). Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. *Motor Control.* 3:205-219
14. Housh, D.J., T.J. Housh, G.O. Johnson, and W.K (1992). Chu. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *J. Appl. Physiol.* 73:65-70
15. Housh, D.J., T.J. Housh, J.P. Weir, L.L. Weir, T.K. Evetovich, and P.E. Donlin (1998). Effects of unilateral concentric-only dynamic constant external resistance training on quadriceps femoris cross-sectional area. *J. Strength Cond. Res.* 12:185-191
16. Housh, D.J., T.J. Housh, J.P. Weir, L.L. Weir, T.K. Evetovich, and P.E. Donlin (1998). Effects of unilateral eccentric-only dynamic constant external resistance training on quadriceps femoris cross-sectional area. *J. Strength Cond. Res.* 12:192-198
17. Housh, T.J., D.J. Housh, J.P. Weir, and L.L. Weir (1996). Effects of eccentric-only resistance training and detraining. *Int. J. Sports*

18. Housh, T.J., D.J. Housh, J.P. Weir, and L.L. Weir (1996). Effects of unilateral concentric-only dynamic constant external resistance training. *Int. J. Sports Med.* 17:338-343
19. Kraemer, W.J., and A.C. Fry (1995). Strength testing: Development and evaluation of methodology. In: *Physiological Assessment of Human Fitness. P. Maud and C. Foster, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 115-138*
20. Kreider, R.B (1998). Central fatigue hypothesis and overtraining. In: *Overtraining in Sport. R.B. Kreider, A.C. Fry, and M.L. O Toole, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 309-331*
21. Kristeva, R., D. Cheyne, and L. Deecke (1991). Neuromagnetic fields accompanying unilateral and bilateral voluntary movements: Topography and analysis of cortical sources. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 81:284-298
22. Krotkiewski, M., A. Aniansson, G. Grimby, P. Bjorntorp, and L. Sjostrom (1979). The effect of unilateral isokinetic strength training on local adipose and muscle tissue morphology, thickness, and enzymes. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 42:271-281
23. Mero, A (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med.* 27:347-358
24. Mero, A., H. Miikkulainen, J. Riski, R. Pakkanen, J. Aalto, and T. Takala (1997). Effects of bovine colostrum supplementation on serum IGF-I, IgG, hormone, and saliva IgA during training. *J. Appl. Physiol.* 83:1144-1151
25. Mero, A., H. Pitkanen, S.S. Oja, P.V. Komi, P. Pontinen, and T. Takala (1997). Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 37:137-145
26. Moritani, T., and H.A. Devries (1979). Neural factors vs. hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am. J. Phys. Med.* 58:115-130
27. Narici, M.V., G.S. Roi, L. Landoni, A.E. Minetti, and P. Cerretelli (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 59:310-319
28. Rasmussen, B.B., K.D. Tipton, S.L. Miller, S.E. Wolf, and R.R. Wolfe (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 88:386-392
29. Rutherford, O.M., and D.A. Jones (1986). The role of learning and coordination in strength training. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 55:100-105
30. Tipton, K.D., E. Borsheim, S.E. Wolf, A.P. Sanford, and R.R. Wolfe (2003). Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion [online]. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 284:E76-E89
31. Tipton, K.D., A.A. Ferrando, S.M. Phillips, D. Doyle Jr., and R.R. Wolfe (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am. J. Physiol.* 276:E628-E634
32. Tipton, K.D., B.B. Rasmussen, S.L. Miller, S.E. Wolf, S.K. Owens-Stovall, B.E. Petrini, and R.R. Wolfe (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise [online]. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 281:E197-E206
33. Tipton, K.D., and R.R. Wolfe (2001). Exercise, protein metabolism, and muscle growth. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 11:109-132
34. Weir, J.P., D.J. Housh, T.J. Housh, and L.L. Weir (1995). The effect of unilateral eccentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 22:207-215
35. Weir, J.P., D.J. Housh, T.J. Housh, and L.L. Weir (1997). The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 25:264-270
36. Williams, A.G., M. Van Den Oord, A. Sharma, and D.A. Jones (2001). Is glucose/amino acid supplementation after exercise an aid to strength training?. *Br. J. Sports Med.* 35:109-113
37. Wilmore, J.H. (1969). A simplified method for determination of residual lung volumes. *J. Appl. Physiol.* 27:96-100
38. Young, A., M. Stokes, J.M. Round, and R.H. Edwards (1983). The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur. J. Clin. Invest.* 13:411-417
39. Young, K., M.J. McDonagh, and C.T. Davies (1985). The effects of two forms of isometric training on the mechanical properties of the triceps surae in man. *Pflugers Arch.* 405:384-388

Cita Original

Para citar este artículo en su versión original Coburn, J.W., D.J. Housh, T.J. Housh, M.H. Malek, T.W. Beck, J.T. Cramer, G.O. Johnson, and P.E. Donlin. Effects of Leucine and Whey Protein Supplementation During Eight Weeks of Unilateral Resistance Training. *J. Strength Cond. Res.* 20 (2): 284-291. 2006.