

Monograph

# La Cafeína Atenúa la Respuesta Aguda de la Hormona de Crecimiento a una Única Sesión de Entrenamiento con Sobrecarga

Bo-Han Wu<sup>1</sup> y Jung-Chang Lin<sup>2</sup><sup>1</sup>*Department of Sports & Recreation Management, Chang Jung Christian University, Tainan, Taiwan.*<sup>2</sup>*Graduate Institute Sport Coaching Science, Chinese Culture University, Taipei, Taiwan.*

## RESUMEN

El propósito del presente estudio fue investigar los efectos del consumo de cafeína sobre el metabolismo de los sustratos y las respuestas hormonales agudas a una única sesión de de ejercicios con sobrecarga (RE). Diez hombres entrenados en la fuerza participaron del estudio. Todos los sujetos realizaron un test para la determinación de la fuerza en una repetición máxima (1RM) y posteriormente llevaron a cabo dos protocolos experimentales: Ingesta de cafeína (CAF, 6 mg·kg<sup>-1</sup>) y control (CON) en orden contrabalanceado. Los sujetos realizaron el entrenamiento con sobrecarga (8 ejercicios, 3 series de 10 repeticiones al 75% de 1RM) luego de transcurrida una hora de la ingesta de cafeína o placebo. Se recolectaron muestras sanguíneas antes de la ingesta de cafeína o placebo (pre-60), inmediatamente antes del entrenamiento con sobrecarga (pre-exe) y a los 0, 15 y 30 minutos post-entrenamiento (P0, P15 y P30) para el análisis de las concentraciones de insulina, testosterona, cortisol, hormona de crecimiento, glucosa, ácidos grasos libres y lactato. Cada experimento estuvo separado por un período de siete días. En este estudio, los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el uso del análisis de varianza de dos vías (tratamiento × tiempo) para medidas repetidas. Luego de la ingesta de cafeína, las concentraciones de ácidos grasos libres (pre-exe, P0, P15, P30) en el grupo CAF fueron significativamente mayores que en el grupo CON ( $p < 0.05$ ). Además, la respuesta de la GH (P0, P15 y P30) en el grupo CAF fue significativamente menor que la observada en el grupo CON ( $p < 0.05$ ), mientras que luego de la sesión de RE, las concentraciones de insulina, testosterona y cortisol no fueron diferentes entre los grupos CAF y CON ( $p < 0.05$ ). Los resultados del presente estudio indican que la ingesta de cafeína antes de una sesión de RE puede atenuar la respuesta de la GH. Este efecto podría estar causado por la elevación de la concentración sanguínea de FFA al comienzo de la sesión de RE.

**Palabras Clave:** suplementación nutricional, hormona de crecimiento, ácidos grasos libres, ayudas ergogénicas

## INTRODUCCION

La cafeína puede hallarse en sustancias comunes tales como el café, el té, las bebidas energéticas, las bebidas alcohólicas y el chocolate; y comúnmente es consumida como parte de la dieta de la mayoría de los individuos. Numerosos estudios han demostrado que la ingesta de cafeína incrementa la resistencia y mejora el rendimiento, particularmente en ejercicios prolongados, intermitentes y agotadores (Bell and McClellan, 2002; 2003; Graham et al. 1995; Trice and Haymes, 1995).

Sin embargo, los efectos ergogénicos de la cafeína durante el entrenamiento con sobrecarga (RE) son controversiales. Recientemente, en un estudio se observó que el grupo que consumió un suplemento que contenía cafeína, antes de una sesión de RE, exhibió un incremento significativo en la fuerza muscular del tren superior (1RM) en comparación con el grupo placebo, pero no se observaron diferencias en la fuerza del tren inferior (Beck et al., 2006). Woolf et al. (2008) también indicaron que la cantidad de cafeína consumida ( $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) podría afectar la cantidad total de peso levantado (carga de trabajo multiplicada por el número de repeticiones) en el ejercicio de press de pecho (tren superior), mientras que los resultados de otro experimento sugirieron que la ingesta de cafeína ( $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) antes de una sesión de RE no alteró significativamente la fuerza o resistencia muscular (press de banca y prensa de piernas) (Astorino et al., 2008). Además, varios investigadores han mostrado que la ingesta de cafeína ( $5$  o  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) redujo los índices de intensidad del dolor muscular en el cuádriceps durante la realización de ciclismo de intensidad moderada ( $60\%$  del  $\text{VO}_2\text{máx}$ ) (Gliottoni et al., 2009; Motl et al., 2006; O'Connor et al., 2004; Motl et al., 2003). Maridakis (2007) también observó que la ingesta de cafeína redujo el dolor muscular inducido por la realización de ejercicios con sobrecarga en forma excéntrica y el comienzo retrasado de la inflamación muscular (DOMS). Consecuentemente, la ingesta de cafeína previamente a una sesión de RE puede mejorar el rendimiento muscular y la recuperación posterior al RE.

Se sabe que el RE induce un ambiente de respuestas fisiológicas agudas y de adaptaciones crónicas (Kraemer and Ratamess, 2005). Estas respuestas, incluyendo la hormonal, desempeñan un papel crítico en el proceso celular de remodelación de proteínas miofibrilares y están estrechamente involucradas en los procesos de síntesis y degradación proteica (Florini, 1987). Diversas hormonas que ejercen efectos anabólicos, tales como la testosterona, la familia de la hormona del crecimiento (GH), la insulina y los factores de crecimiento tipo insulínico 1, regulan la síntesis proteica; mientras que el cortisol, como hormona catabólica, estimula la degradación proteica e inhibe la síntesis proteica (Kimball et al., 1988; Griggs et al., 1989; Fryburg et al., 1991). Un estudio reciente ha indicado que la ingesta de cafeína ( $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) previamente a una sesión de RE deriva en una elevación significativa de la concentración sérica de cortisol (Woolf et al., 2008). Los resultados de otro estudio mostraron una elevación pequeña de la concentración de testosterona ( $21 \pm 24\%$ ) y una elevación moderada de la concentración de cortisol ( $52 \pm 44\%$ ) con la ingesta de una alta dosis de cafeína (800 mg). Sin embargo, el efecto de la ingesta de cafeína sobre el índice testosterona/cortisol, se redujo ligeramente ( $14 \pm 21\%$ ). Si bien, en este estudio se reportó que la ingesta de una alta dosis de cafeína eleva la secreción de testosterona, este beneficio se ve reducido por la elevación concurrente en la concentración de cortisol (Beaven et al., 2008). Recientemente, Goto et al. (2005; 2007) demostraron que el alto nivel sérico de ácidos grasos libres (FAA) resultante del entrenamiento de resistencia y de sprints previo al entrenamiento RE, atenuó la respuesta de la GH. Por otra parte, los efectos atenuantes de los FFA sobre la testosterona y el cortisol no son significativos. Diversos estudios previos han hallado una correlación negativa entre la concentración de FFA y la concentración de GH (Nakagawa et al., 2002; Van Dam et al., 2000). Sin embargo, los investigadores han establecido que la ingesta de cafeína puede elevar los niveles séricos de FFA en reposo antes del ejercicio a través de una mayor respuesta de las catecolaminas (Costill et al., 1978; Essig et al., 1980; Ivy et al., 1979). Si bien los resultados de estos estudios indican que la ingesta de cafeína previa a una sesión de RE puede provocar efectos negativos en relación con la respuesta hormonal anabólica, estos estudios se han enfocado en los beneficios que podría provocar sobre el rendimiento durante el ejercicio. Por lo tanto, poco se sabe acerca de los mecanismos asociados a los efectos de la ingesta de cafeína sobre las respuestas hormonales agudas durante una sesión de RE.

El objetivo principal del presente estudio fue examinar los efectos de la ingesta de cafeína ( $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sobre las respuestas hormonales agudas al RE (insulina, GH, testosterona total y cortisol) y la interacción con las concentraciones de sustratos energéticos (FAA y glucosa sanguínea). Nuestra hipótesis fue que la ingesta de cafeína previa al RE puede inducir la elevación del cortisol y atenuar la secreción de GH posterior al RE.

<b>Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>
Edad (años)	21.5	1.4
Talla (m)	1.75	0.05
Masa (kg)	73.5	8.5
Grasa Corporal (%)	15.9	3.5
Consumo Diario de Cafeína en la Dieta ( $\text{mg}\cdot\text{d}^{-1}$ )	33.7	12.1

**Tabla 1.** Datos demográficos de los sujetos ( $n = 10$ ).

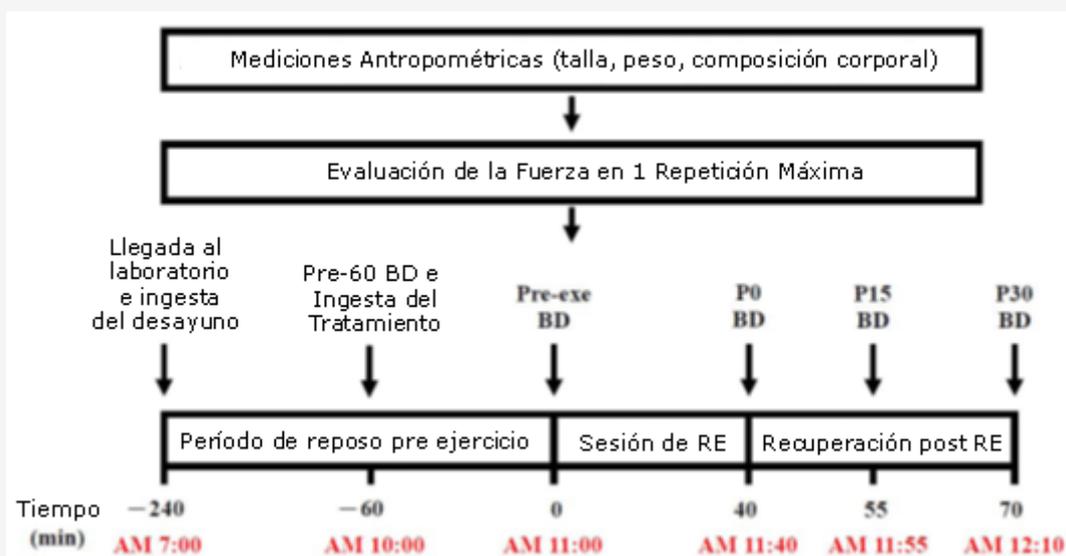
## MÉTODOS

### Participantes

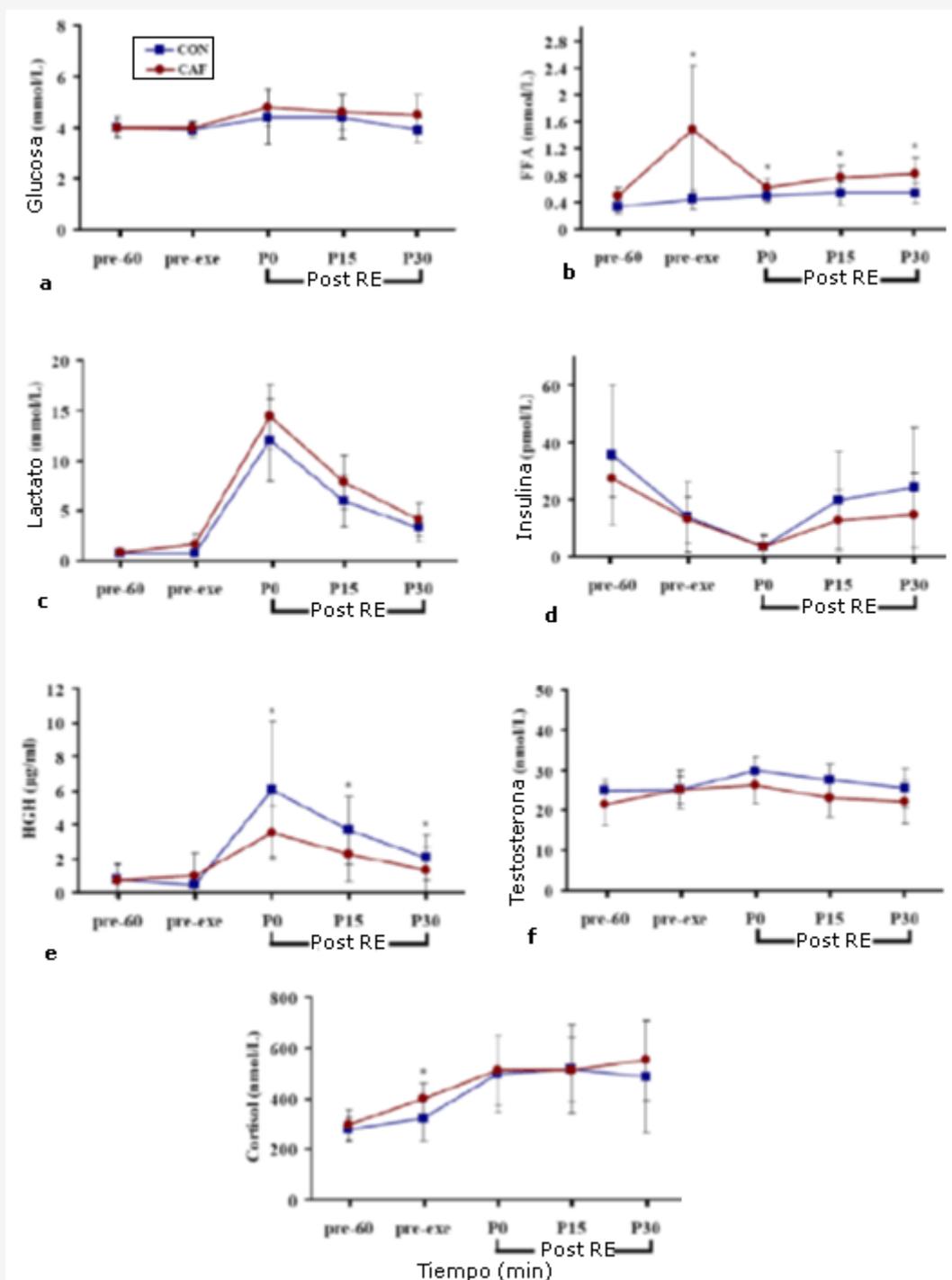
Diez estudiantes de educación física varones, saludables y con experiencia en el entrenamiento con sobrecarga fueron voluntarios para participar en este estudio. Todos tenían al menos seis meses de experiencia en el entrenamiento de la fuerza (al menos tres días por semana en los seis meses previos al estudio) y estaban familiarizados con los ejercicios y el equipamiento utilizado en el presente estudio. Estos sujetos reportaron tener un bajo consumo diario de cafeína (i.e.,  $<50 \text{ mg}\cdot\text{d}^{-1}$ ) y no tener hipersensibilidad a la cafeína. En la Tabla 1 se presentan las características demográficas de los sujetos. Antes de participar en este estudio, todos los sujetos firmaron una forma de consentimiento informado y completaron un cuestionario sobre su historial de salud y ejercicio. Todos los sujetos fueron calificados como saludables de acuerdo a las Normas del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 1998).

### Diseño Experimental

Para examinar los efectos de la ingesta de cafeína sobre las respuestas hormonales agudas a una única sesión de RE, en el presente estudio se utilizó un diseño aleatorio, doble ciego, cruzado intra-sujeto. Los sujetos visitaron el laboratorio en dos ocasiones, antes de los tratamientos experimentales. Durante la primera visita, los sujetos firmaron la forma de consentimiento informado y completaron los cuestionarios referentes a sus historiales de salud y ejercicio; luego de lo cual se procedió a la medición de la talla, masa corporal y composición corporal. Durante la segunda visita, se determinó la fuerza en 1RM de los sujetos. Finalmente, todos los sujetos fueron asignados aleatoriamente al grupo experimental que consumió cafeína (CAF) o al grupo control (CON) en orden contrabalanceado. Los sujetos realizaron dos sesiones separadas por un período de al menos siete días, y cada sesión se llevó a cabo a la misma hora del día. En los tratamientos CAF y CON, los participantes se reportaron al laboratorio a las 7:00 A.M. y consumieron un desayuno estandarizado que consistió de tostadas ( $0.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (las tostadas contenían 52 g CHO, 10 g de grasas y 12 g de proteínas cada 100 g) y agua (500 mL); luego de lo cual se sentaron tranquilamente por 180 min para minimizar los efectos de la ingesta del desayuno sobre la respuesta hormonal. El volumen de líquidos ingeridos (solo se ingirieron 500 mL de agua durante el desayuno) se restringió para controlar el estado de hidratación de los sujetos para el RE. Sesenta minutos antes del RE (8 ejercicios, 3 series de 10 repeticiones al 75% de 1RM) los sujetos fueron provistos con el suplemento de cafeína ( $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) o con el placebo, consistente de dimetil celulosa, en cápsulas idénticas. Previamente a la ingesta del suplemento o el placebo (pre-60) se recolectaron muestras de sangre y el mismo procedimiento se repitió inmediatamente antes del RE (pre-exe) y a los 0, 15 y 30 min post RE (P0, P15, P30). Se determinó la concentración de glucosa sanguínea y se analizó el suero para medir las concentraciones de lactato, ácidos grasos libres, insulina, GH, testosterona total y cortisol. La Figura 1 muestra la línea de tiempo del protocolo experimental.



**Figura 1.** Protocolo para la ingesta del tratamiento y la recolección de muestras de sangre en relación con la sesión aguda de entrenamiento con sobrecarga. BD = recolección de muestras de sangre; pre-60 = 60 min antes de la sesión de RE; pre-exe = inmediatamente antes de la sesión de RE; P0 = inmediatamente post RE; P15 = 15 min post RE; P30 = 30 min post RE.



**Figura 2.** Cambios en las concentraciones de (a) glucosa sanguínea, (b) ácidos grasos libres séricos (FFA), (c) lactato sérico, (d) hormona de crecimiento sérica (GH), (f) testosterona sérica, y (g) cortisol sérico. Los valores se presentan como medias  $\pm$  desviación estándar. \* $p < 0.05$  entre CON y CAF.

## Estatus de Ejercicio y Control Dietario

Durante el día previo a cada prueba experimental los sujetos consumieron la misma cena y el mismo desayuno. Para valorar la ingesta de cafeína, se les pidió a los sujetos que llevaran un diario dietario de las precedentes 24 horas, y los sujetos fueron provistos con recordatorios para asegurar el cumplimiento con la dieta. Al finalizar el entrenamiento, los participantes también completaron un breve cuestionario para determinar su percepción respecto de la dosis de cafeína ingerida. Durante el período de este estudio (aproximadamente 3 semanas) los sujetos fueron instruidos para que evitaran la ingesta dietaria de cafeína en alimentos tales como café, té, chocolate, bebidas que contengan cafeína y alcohol. Los participantes también fueron instruidos para que se abstuvieran de realizar ejercicios intensos en las 72 horas previas a

cada protocolo experimental.

### **Evaluación de la Fuerza en 1RM**

Antes de la medición de la fuerza en 1RM, los sujetos realizaron una entrada en calor consistente en una serie de 5-10 repeticiones al 50% de la fuerza estimada en 1RM seguido por el estiramiento de los grupos musculares principales para los ejercicios que se fueran a realizar. Luego de un período de recuperación de 3 minutos, se establecieron las cargas de acuerdo con la 1RM estimada para cada sujeto. Si el sujeto completaba exitosamente más de dos repeticiones con una carga determinada, el evaluador incrementaba la carga mediante el incremento progresivo del peso hasta que el sujeto fallara en mover una carga dada. Se realizaron tres a cinco pruebas para determinar la fuerza en 1RM. Se permitió un período de recuperación de 3 minutos entre las pruebas (Baechle and Earle, 2000).

### **Tratamiento Dietario Experimental**

Durante la sesión experimental, y 60 min antes de la sesión de RE, los sujetos consumieron el suplemento de cafeína (caffeine anhydrous, USB Corporation, Cleveland, OH, USA) o placebo consistente en dimetil celulosa, que fueron provistos en cápsulas idénticas. La dosis de cafeína fue de  $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para elevar al máximo en nivel sanguíneo de cafeína (Graham and Spriet, 1995). Siete días después, los sujetos ingirieron el suplemento opuesto, y repitieron el mismo protocolo de entrenamiento con sobrecarga.

### **Protocolo de Entrenamiento con Sobrecarga**

Los sujetos completaron un programa de ejercicios con sobrecarga que consistió en la realización de 3 series de 10 repeticiones con una carga del 75% de 1RM en los ejercicios de curl de bíceps con barra, remo de pie, press de banca, tríceps en polea, prensa de piernas inclinada, medias sentadillas, remo acostado y extensiones de rodillas. Se permitió 1 minuto de recuperación entre las series y 2 minutos entre los ejercicios. En el caso de que un individuo no pudiera manejar la carga en la segunda o tercera serie, este era asistido durante las últimas repeticiones. En el presente estudio la sesión de entrenamiento con sobrecarga duró aproximadamente 50 minutos.

### **Recolección y Análisis de las Muestras de Sangre**

Luego de una noche de ayuno (12 horas), los sujetos arribaron al laboratorio de fisiología del ejercicio a las 7:00 A.M. y consumieron un desayuno estandarizado luego de lo cual permanecieron sentados tranquilamente durante 180 minutos antes de la recolección de la primera muestra de sangre. Las muestras de sangre venosa se obtuvieron de la vena antecubital, en reposo (antes de consumir la cafeína o el placebo), inmediatamente antes del RE (pre-exe) y a los 0, 15 y 30 minutos post RE (P0, P15 y P30).

Las muestras de sangre se dejaron reposar a temperatura ambiente y subsiguientemente fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos. Estas muestras de sangre fueron conservadas a  $-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta que se llevaran a cabo los correspondientes análisis. Las concentraciones sanguíneas de glucosa y lactato se determinaron mediante métodos enzimáticos (VITROS 5-1 FS, Ortho-Clinical Diagnostic Inc., Rochester, NY, USA) con límites de detección menores a  $20 \text{ mg}\%$  y a  $0.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectivamente. La concentración sérica de GH, insulina, testosterona total y cortisol fueron determinadas mediante la utilización de radioinmunoensayo (RIA) (DPC, Diagnostic Products Corporation., LA, CA, USA) con límites de detección menores a  $1.3 \text{ } \mu\text{IU}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,  $0.01 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,  $0.08 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$  y  $0.3 \text{ ng}\cdot\text{dL}^{-1}$ , respectivamente. La concentración sérica de FAA fue determinada por RIA (TOSHIBA CI8200, Toshiba Corporation, Otawara, Japan) con límites de detección menores a  $0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Los análisis de las concentraciones de glucosa, lactato, insulina, GH, testosterona total, cortisol y FFA mostraron coeficientes de variación intra-ensayo de 2%, 2%, 8%, 10%, 10%, 5% y 5%, respectivamente. Además, se midieron la concentración de hemoglobina (XT-1800i, Sysmex UK Ltd, UK) y el hematocrito (Microscopy) para corregir los cambios agudos en el volumen plasmático (Dill and Costill, 1974).

### **Análisis Estadísticos**

Se generaron datos descriptivos para todas las variables que fueron expresados como medias  $\pm$  errores estándar de la media. Para analizar los datos de las variables hormonales y sanguíneas se utilizó el análisis de varianza ANOVA de 2 (tratamientos)  $\times$  5 (tiempo) para medias repetidas. Para examinar diferencias apareadas, cuando se hallaba un valor F significativo, se utilizó la prueba *post hoc* LSD. Las interacciones significativas fueron determinadas por medio del simple análisis de los efectos principales. En el presente estudio, la fortaleza estadística estuvo en el rango de 0.70 a 0.80. La significancia estadística fue establecida a  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

### Glucosa Sanguínea

La Figura 2a muestra la respuesta de la glucosa sanguínea antes y después del RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 7.1$ ,  $\eta^2 = 0.44$ ,  $p = 0.00$ ) sin una interacción significativa ( $F = 1.8$ ,  $\eta^2 = 0.17$ ,  $p = 0.15$ ). En la condición CAF, la concentración de glucosa luego del RE (P0, P15 y P30) fueron significativamente mayores que en reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ), mientras que en la condición CON, no se observaron diferencias significativas. No se hallaron diferencias entre las condiciones CAF y CON respecto de las concentraciones de glucosa en reposo y post RE.

### Concentración Sérica de Ácidos Grasos Libres

La Figura 2b muestra la respuesta de los ácidos grasos libres séricos antes y después de la sesión de RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 9.8$ ,  $\eta^2 = 0.52$ ,  $p = 0.00$ ) y una interacción significativa ( $F = 7.3$ ,  $\eta^2 = 0.45$ ,  $p = 0.00$ ). En la condición CAF, la concentración sérica de FFA luego de la ingesta de cafeína (pre-exe, P0, P15 y P30) fueron significativamente mayores que la observada en reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ), mientras que en la condición CON se observó una ligera elevación, similar a la observada durante la condición CON ( $p < 0.05$ ). Las concentraciones de FFA medidas pre ejercicio (pre-exe) y a los 0, 15 y 30 minutos post RE en la condición CAF fueron significativamente mayores que en la condición CON ( $p < 0.05$ ).

### Concentración Sérica de Lactato

La Figura 2c muestra la respuesta sérica del lactato antes y después de la sesión de RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 126.7$ ,  $\eta^2 = 0.93$ ,  $p = 0.00$ ) pero no una interacción significativa ( $F = 2.0$ ,  $\eta^2 = 0.18$ ,  $p = 0.11$ ). Durante la condición CAF, las concentraciones séricas de lactato luego del RE (P0, P15 y P30) fueron significativamente mayores que la de reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ), y en la condición CON se observó una tendencia similar ( $p < 0.05$ ). No se observaron diferencias significativas en las concentraciones séricas de lactato de reposo y post RE entre las condiciones CON y CAF.

### Concentración Sérica de Insulina

La Figura 2d muestra la respuesta de la insulina sérica antes y después del RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 13.1$ ,  $\eta^2 = 0.59$ ,  $p = 0.00$ ) pero no una interacción significativa ( $F = 0.7$ ,  $\eta^2 = 0.07$ ,  $p = 0.63$ ). Durante la condición CAF, las concentraciones séricas de insulina medidas pre ejercicio (pre-exe) y post RE (P0 y P15) fueron significativamente menores que en reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ), mientras que en la condición CON se observó una reducción significativa (pre-exe y P0) en relación con el valor de reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ). Además, no se observaron diferencias en las concentraciones de insulina de reposo y post RE entre las condiciones CON y CAF.

### Concentración Sérica de GH

La Figura 2e muestra la respuesta de la GH sérica antes y después de la sesión de RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 17.4$ ,  $\eta^2 = 0.66$ ,  $p = 0.00$ ) y una interacción significativa ( $F = 5.0$ ,  $\eta^2 = 0.36$ ,  $p = 0.003$ ). En la condición CAF, las concentraciones séricas de GH luego del RE (P0 y P15) fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) que la concentración de reposo (pre-60), y en la condición CON se observó una tendencia similar ( $p < 0.05$ ). Se hallaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones post RE (P0, P15 y P30) de GH entre las condiciones CON y CAF.

### Concentración Sérica de Testosterona

La Figura 2f muestra la respuesta de la testosterona sérica antes y después de la sesión de RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 14.9$ ,  $\eta^2 = 0.62$ ,  $p = 0.00$ ) pero no una interacción significativa ( $F = 2.2$ ,  $\eta^2 = 0.20$ ,  $p = 0.08$ ). Durante la condición CAF, la concentración sérica de testosterona post RE (P0) fue significativamente mayor que la de reposo (pre-60) ( $p < 0.05$ ), y los datos obtenidos durante la condición CON mostraron una elevación significativa (P0, P15;  $p < 0.05$ ) en relación al valor de reposo (pre-60). No se observaron diferencias significativas en las concentraciones de testosterona de reposo y post RE entre las condiciones CAF y CON.

### Concentración Sérica de Cortisol

La Figura 2g muestra la respuesta del cortisol sérico antes y después del RE. Se observó un efecto principal significativo ( $F = 16.9$ ,  $\eta^2 = 0.65$ ,  $p = 0.00$ ) pero no una interacción significativa ( $F = 1.0$ ,  $\eta^2 = 0.09$ ,  $p = 0.45$ ). Durante la condición CAF, las concentraciones séricas de cortisol en las mediciones pre-exe, P0, P15 y P30 fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) que la concentración de reposo (pre-60), y en la condición CON también se observó un incremento significativo (P0, P15 y P30;  $p < 0.05$ ) en relación con el valor de reposo (pre-60). Además, se observaron diferencias entre las

condiciones CAF y CON en la concentración de cortisol pre RE (pre-exe), mientras que no se observaron diferencias significativas en las concentraciones post RE (P0, P15 y P30).

## DISCUSION

---

El presente estudio examinó la influencia de la ingesta de cafeína ( $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sobre las respuestas hormonales agudas a una única sesión de RE. Se hipotetizó que la ingesta de cafeína previa a la sesión de RE podría elevar la secreción de cortisol y atenuar la secreción de GH posterior al RE. Los principales hallazgos de esta investigación sugieren que la ingesta de cafeína previa a una sesión de RE resulta en una concentración sérica significativamente mayor de FFA y en una reducción significativa de la respuesta de la GH al RE. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la respuestas de las demás hormonas (insulina, testosterona y cortisol) entre las condiciones CON y CAF.

Los hallazgos de este estudio muestran que una sesión de RE induce una elevación significativa de la concentración de GH 15-30 min post RE (Kraemer et al., 1993). Aparentemente, la respuesta aguda al RE está altamente influenciada por el trabajo total completado (intensidad, volumen e intervalos de recuperación entre series), la selección de ejercicios y la masa muscular reclutada durante el ejercicio con sobrecarga (Kraemer and Ratamess, 2005). La secreción de GH desde la pituitaria es regulada principalmente por la hormona liberadora de GH (GHRH) (Florini et al., 1996). Los resultados de este estudio mostraron una reducción significativa en la concentración de 22-kD GH luego del RE (P0, P15 y P30) entre las condiciones CON y CAF. La 22-kD GH es una variante de la súper familia de la GH, pero las concentraciones de otras variantes no fueron examinadas en el presente estudio. Si bien la mayoría de los estudios se enfocan en la 22-kD GH (Kraemer and Ratamess, 2005), pocas investigaciones han sugerido que otras variantes de la GH respondan al entrenamiento con sobrecarga (Hymer et al., 2001; Kraemer et al., 2003). Por lo tanto, se requieren estudios adicionales para determinar cual es el impacto del RE sobre otras variantes de la GH. Existen diversos mecanismos posibles que puedan ser responsables de la reducción aguda en la secreción de GH. Un mayor nivel de glucosa sanguínea podría suprimir la respuesta de la GH a la GHRH (Frystyk et al., 1997; Hjalmarsen et al., 1996; Nakagawa et al., 2002; Van Loon et al., 2003), sin embargo, en el presente estudio la ingesta de cafeína previa al RE no elevó significativamente la concentración de glucosa sanguínea del grupo CAF. Varios estudios previos han reportado que la ingesta de carbohidratos o aminoácidos en la proximidad de una sesión de RE puede incrementar la concentración de insulina, resultando en una elevación de la GH posterior al RE, por lo que la respuesta de la insulina parece afectar la respuesta de la GH (Bird et al., 2006; Chandler et al., 1994; Kraemer et al., 1998; Volek, 2004); no obstante, en el presente estudio no se observaron diferencias en la respuesta de la insulina entre las condiciones experimentales. Por lo tanto, es necesario que los futuros estudios identifiquen la relación entre la ingesta de cafeína y la respuesta de la insulina post RE. Se han reportado altas correlaciones entre el nivel sanguíneo de lactato y la respuesta de la GH al ejercicio (Hakkinen and Pakarinen, 1993), pero los cambios agudos en la concentración sanguínea de lactato fueron similar entre las condiciones CAF y CON. En el presente estudio también se corrigieron las respuestas hormonales post RE por los cambios en el volumen plasmático, pero las concentraciones agudas de la GH luego del RE permanecieron significativamente reducidas en la condición CAF, por lo que este no parece ser uno de los posibles mecanismos de la respuesta de la GH.

Además, la ingesta de cafeína puede elevar los niveles de epinefrina e inducir la liberación de FFA desde las células del tejido adiposo antes del ejercicio (Graham, 2001). Los resultados del presente estudio mostraron un incremento significativo en la concentración de FFA antes y después del RE (pre-exe, P0, P15 y P30). Diversos estudios previos han indicado que una alta concentración de FFA podría atenuar la secreción de GH (Blackard et al., 1971; Fineberg et al., 1972; Imaki et al., 1986). Lanzi et al (1999), también han reportado que altos niveles de FFA circulantes ejercen una retroalimentación negativa sobre el hipotálamo para atenuar la secreción de GHRH, lo que resulta en que la pituitaria anterior reduzca la liberación de GH. Los resultados de estos estudios han establecido una correlación negativa entre la concentración de FFA y la secreción de GH. En un estudio previo llevado a cabo con animales se halló que la infusión de una alta dosis de cafeína ( $30 \text{ a } 50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) estimula el hipotálamo para que libere hormona inhibidora de la hormona de crecimiento que suprime la secreción de GH (Spindel et al., 1980). Ratamess et al (2007) han reportado que el consumo de una bebida energética que contenía cafeína (110 mg) previamente al RE redujo significativamente la secreción aguda de GH, pero en este estudio no se examinó la concentración de FFA. Además, Goto et al. (2005; 2007) también han sugerido que un incremento agudo en la concentración de FFA previo al RE puede atenuar la secreción aguda de la GH. En efecto, nuestros datos concuerdan con los resultados de los estudios previos que indican que los mayores niveles de FFA pueden atenuar la secreción de GH. Sin embargo, se requieren estudios adicionales que examinen la secreción de GHRH y de la hormona inhibidora de la GH para determinar la relación entre la concentración de FFA y la respuesta de la GH.

Se ha mostrado que se produce un incremento en los niveles de testosterona en respuesta al RE y esto ha sido vinculado al incremento de la fuerza y la masa muscular (Kraemer and Ratamess, 2005). En el presente estudio, las concentraciones séricas de testosterona en las condiciones CAF y CON mostraron un incremento significativo respecto del valor de reposo

(pre-60). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las condiciones CAF y CON. En un estudio previo llevado a cabo con animales se observó que la infusión de altas dosis de cafeína (30 mg·kg<sup>-1</sup> y 60 mg·kg<sup>-1</sup>) elevó la concentración plasmática de testosterona (Pollard, 1988). Además, Beaven et al. (2008) también observaron una pequeña elevación (21 ±24%) en la testosterona con la ingesta de una alta dosis de cafeína (800 mg), mientras que una dosis de cafeína ≥ 400 mg tendió a provocar una pequeña reducción en la testosterona luego de la ingesta. Otro estudio también indicó que el consumo de una bebida energética que contenía cafeína (110 mg) previo al RE provocó una reducción aguda significativa en la secreción de testosterona (Ratamess et al., 2007). La ingesta de una dosis de cafeína en el presente estudio fue de aproximadamente 310-430 mg (6 mg·kg<sup>-1</sup>), por lo que la variación en los niveles de testosterona pudo no ser la suficiente como para producir un efecto significativo del tratamiento. Para nuestro conocimiento, pocos estudios han examinado los efectos de la ingesta de cafeína sobre la concentración de testosterona antes y después de una sesión de RE; por lo que, los mecanismos detallados relacionados con la ingesta de cafeína y la respuesta de la testosterona al RE no se comprenden claramente. Un estudio previo ha mostrado que los FFA atenúan la secreción de testosterona (Meikle et al., 1989), mientras que en otro estudio no se observó un efecto significativo (Murai et al., 1991). Nuestros datos también sugieren que la elevación de los niveles de FFA no atenúa la secreción de testosterona post RE.

El cortisol es una hormona catabólica, y puede estimular la degradación de proteínas musculares e inhibir la síntesis proteica en fibras musculares tipo I y II (Kazarian et al., 1983). Se sabe que el cortisol eleva la concentración sanguínea de glucosa y FFA para asegurar un adecuado suministro de combustibles. Por lo tanto, las variaciones en las concentraciones sanguíneas de glucosa y FFA en la proximidad del RE puede afectar la respuesta del cortisol. Estudios recientes han reportado que la suplementación con carbohidratos solamente o con carbohidratos y aminoácidos antes y durante la realización de ejercicios con sobrecarga atenúa significativamente la respuesta del cortisol en comparación con la ingesta de placebo (Bird et al., 2006; Tarpinning et al., 2003). Sin embargo, otros investigadores han sugerido que no existen efectos significativos (Bloomer et al., 2000; Kraemer, et al., 1998; Williams et al., 2002). Por lo tanto, la suplementación nutricional para suprimir la respuesta del cortisol es un tema debatible. Woolf et al. (2008) mostraron que la ingesta de cafeína (5 mg·kg<sup>-1</sup>) combinada con una comida (~ 917 kcal; 14% de proteínas, 62% de CHO y 24% de grasas) antes del entrenamiento con sobrecarga elevó significativamente la concentración de cortisol post ejercicio, lo cual puede ser responsable de la elevación en la concentración de glucosa. Los resultados de otro estudio también mostraron una moderada elevación (52 ± 44%) en la concentración de cortisol con la ingesta de una alta dosis de cafeína (800 mg) antes del RE; sin embargo, este estudio no examinó las concentraciones de glucosa y FFA (Beaven et al., 2008). Los resultados de estos estudios permiten inferir que la ingesta de cafeína previa al RE, puede estimular la respuesta del cortisol. En el presente estudio, las concentraciones séricas de cortisol, en las condiciones CAF y CON, mostraron elevarse significativamente con respecto al valor de reposo (pre-60). Además, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones CAF y CON, inmediatamente antes del RE (pre-exe) (período de reposo). Un estudio reciente ha indicado que la ingesta de cafeína podría elevar la concentración de cortisol de reposo al estimular el sistema nervioso central (Lovallo et al., 2006), pero en nuestro estudio no se observaron diferencias significativas luego del RE (P0, P15 y P30). Además, en el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre las condiciones CAF y CON respecto de la concentración sanguínea de glucosa. Por lo tanto, los resultados de nuestro estudio no respaldan la hipótesis de que la ingesta de cafeína previa al RE puede estimular la secreción de cortisol post RE. Estos estudios utilizaron diversos diseños experimentales, protocolos de ejercicio y dosis de cafeína, haciendo que los resultados de estos experimentos sean difíciles de comparar con los de nuestro estudio. Por lo tanto, no es claro si la ingesta de cafeína puede estimular la respuesta del cortisol al RE y por ello este tema requiere de mayor investigación.

En el presente estudio, la ingesta de cafeína por parte de los sujetos, el estatus de entrenamiento y el estatus de hidratación pudieron haber afectado las respuestas hormonales agudas a la ingesta de cafeína. Los participantes de este estudio no eran grandes consumidores de cafeína, lo cual pudo haber contribuido a los resultados obtenidos. Además, en este estudio no se midió la concentración plasmática de cafeína y epinefrina, por lo que no se pudo estimar los efectos de la cafeína en los sujetos previo al RE. Los sujetos que participaron del presente estudio eran estudiantes de educación física, por lo que el nivel de actividad física de los sujetos durante las semanas previas al estudio pudo haber sido bastante diferente; sin embargo, el volumen de actividad física completado durante las dos semanas de evaluación fue similar. Para controlar esta variabilidad se aplicó un diseño cruzado. Además, en el presente estudio los sujetos evitaron realizar ejercicios con sobrecarga y ejercicios agotadores durante el período experimental. El estatus de hidratación de los sujetos también pudo haber afectado las concentraciones hormonales. Si bien no se recolectaron muestras de orina previamente al RE, se restringió el volumen de líquido ingerido para controlar el estado de hidratación de los sujetos en la proximidad del RE. Además, se midió la concentración de hemoglobina y se determinó el hematocrito para corregir los cambios agudos en el volumen plasmático luego del RE.

En resumen, los resultados de este estudio indican que la ingesta de cafeína podría atenuar la respuesta aguda de la GH. Sin embargo, la respuesta aguda de la GH podría no afectar directamente la síntesis de proteínas musculares. Se deberían observar los efectos a largo plazo de la ingesta de cafeína y del entrenamiento con sobrecarga sobre las respuestas hormonales.

## CONCLUSIONES

---

El presente estudio mostró que la ingesta de cafeína ( $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) una hora antes de una sesión de RE redujo la respuesta de la GH posterior a la sesión de RE. Este efecto podría ser resultado de la elevación en la concentración sanguínea de FFA antes y después del RE. Si bien no se examinaron las respuestas de la GHRH y la hormona inhibidora de la GH, no podemos excluir que un mecanismo de retroalimentación negativa opere para atenuar la respuesta de la GH. Además, los hallazgos del presente estudio no mostraron un efecto significativo del tratamiento sobre la respuesta de la insulina, la testosterona y el cortisol luego de la sesión de RE. La relación entre la ingesta de cafeína y la respuesta hormonal no se comprende claramente. Este tema requiere de mayor investigación así como también si la ingesta de cafeína afecta la secreción de hormonas anabólicas y catabólicas en respuesta a una sesión de RE.

### Puntos Clave

- La ingesta de cafeína puede atenuar la respuesta de la GH a una única sesión de ejercicios con sobrecarga.
- La depresión de la respuesta de la GH puede ser causada por la elevación de la concentración sérica de FFA al comienzo del entrenamiento con sobrecarga.
- La ingesta de cafeína previa al entrenamiento con sobrecarga parece no alterar la concentración de cortisol y testosterona.

### Agradecimientos

Agradecemos a los sujetos por su esfuerzo y dedicación. Esta investigación fue financiada por una subvención del Consejo Nacional de Ciencias (Taiwán, R.O.C.)

## REFERENCIAS

---

1. American College of Sports Medicine (1998). ACSMs resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 3rd edition. *Williams and Wilkins, Baltimore, Md.* 134, 306
2. Astorino, T.A., Rohmann, R.L. and Firth, K (2008). Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximal muscular strength. *European Journal of Applied Physiology* 102, 127-132
3. Beaven, C.M., Hopkins, W.G., Hansen, K.T., Wood, M.R., Cronin, J.B. and Lowe, T.E (2008). Dose effect of caffeine on testosterone and cortisol responses to resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 18, 131-141
4. Baechle, T.R. and Earle, R.W (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning. 2nd edition. *Champaign, IL: Human Kinetics*
5. Bird, S.P., Tarpenning, K.M. and Marino, F.E (2006). Effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on acute hormonal response during a single bout of resistance exercise in untrained men. *Nutrition* 22, 367-375
6. Beck, T.W., Housh, T.J., Schmidt, R.J., Johnson, G.O., Housh, D.J., Coburn, J.W. and Malek, M.H (2006). The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20(3), 506-510
7. Bell, D.G. and McClellan, T.M (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology* 9, 1227-1234
8. Bell, D.G. and McClellan, T.M (2003). Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. *and Science in Sports and Exercise* 35(8), 1348-1354
9. Blackard, W.G., Hull, E.W. and Lopeza, A (1971). Effect of lipids on growth hormone secretion in humans. *Journal of Clinical Investigation* 50, 1439-1443
10. Bloomer, R.J., Sforzo, G.A. and Keller, B.A (2000). Effects of meal form and composition on plasma testosterone, cortisol, and insulin following resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition* 10, 415-424
11. Chandler, R.M., Byrne, H.K., Paterson, J.G. and Ivy, J.L (1994). Dietary supplements affect the anabolic hormones after weight training exercise. *Journal of Applied Physiology* 76, 839-845
12. Costill, D.L., Dalsky, G.P. and Fink, W.J (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Medicine Science in Sports* 10, 155-158
13. Dill, D.B. and Costill, D.L (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology* 37, 247-248
14. Essig, D., Costill, D. and Van Handel, P (1980). Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *International Journal of Sports Medicine* 1, 86-
15. Fineberg, E.S., Horland, A.A. and Merimee, T.J (1972). Free fatty acid concentrations and growth hormone secretion in man. *Metabolism* 21, 491-498
16. Florini, J.R (1987). Hormonal control of muscle growth. *Muscle Nerve* 10, 577-598

17. Florini, J.R., Ewton, D.Z. and Coolican, S.A (1996). hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocrine Reviews* 17, 481-517
18. Fryburg, D.A., Gelfand, R.A. and Barrett, E.J (1991). Growth hormone acutely stimulates forearm muscle protein synthesis in normal humans. *American Journal of Physiology* 260, 499-504
19. Frystyk, J., Grofte, T., Skjaerbaek, C. and Orskov, H (1997). The effect of oral glucose on serum free insulin-like growth factor-I and [II] in health adults. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 82, 3124-3127
20. Gliottoni, R.C., Meyers, J.R., Arngrimsson, S.A., Broglio, S.P. and Motl, R.W (2009). Effect of caffeine on quadriceps muscle pain during acute cycling exercise in low versus high caffeine consumers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 19, 150-161
21. Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N. and Takamatsu, K (2005). Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology* 94, 333-338
22. Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N. and Takamatsu, K (2007). Attenuated Growth Hormone Response to Resistance Exercise with Prior Sprint Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(1), 108-115
23. Graham, T.E. and Spriet, L.L (2005). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology* 78, 867-874
24. Graham, T.E (2001). Caffeine and exercise: Metabolism, endurance and performance. *Sports Medicine* 31(11), 785-807
25. Griggs, R.C., Kingston, W., Jozefowicz, R.F., Herr, B.E., Forbes, G. and Halliday, D (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology* 66, 498 -503
26. Hakkinen, K. and Pakarinen, A (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology* 74, 882-887
27. Hjalmsen, A., Aasebo, U., Aakvaag, A. and Jorde, R (1996). Sex hormone responses in healthy men and male patients with chronic obstructive pulmonary disease during an oral glucose load. *Scandinavian. journal of clinical and laboratory investigation* 56, 635-640
28. Hymer, W.C., Kraemer, W.J., Nindl, B.C., Marx, J.O., Benson, D.E., Welsch, J.R., Mazzetti, S.A., Volek, J.S. and Deaver, D.R (2001). Characteristics of circulating growth hormone in women after acute heavy resistance exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 281, E878-887
29. Imaki, T., Shibasaki, T., Masuda, A., Hotta, M., Yamauchi, N., Demura, H., Shizume, K., Wakabayashi, I. and Ling, N (1986). The effect of glucose and free fatty acids on growth hormone (GH)-releasing factor-mediated GH secretion in rats. *Endocrinology* 118, 2390-2394
30. Ivy, J., Costill, D., Fink, W. and Lower, R (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11, 6-11
31. Kazarian, V.A., Shchelkunov, A.V. and Rapoport, E.A (1983). Effect of hydrocortisone on protein metabolism in skeletal muscles. *Zh Nevropatol Psikhiatr Zhurnal Nevropatologii i Psikhiatrii Imeni . S.S. Korsakova* 83, 1654-1659. (In Russian, English abstract)
32. Kimball, S.R. and Jefferson, L.S (1988). Cellular mechanisms involved in the action of insulin on protein synthesis. *Diabetes Metabolism Review* 4, 773-787
33. Kraemer, W.J., Fleck, S.J. and Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L.J., Gordon, S.E., Mello, R., Frykman, P.N., Koziris, L.P. and Triplett, N.T. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal of Applied Physiology* 75, 594-604
34. Kraemer, W.J., Volek, J.S., Bush, J.A., Putukian, M. and Sebastianelli, W.J (1998). Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *Journal of Applied Physiology* 85, 1544-1555
35. Kraemer, W.J., Rubin, M.R., Hakkinen, K., and Hymer, W.C (2003). ) Influence of muscle strength and total work on exercise-induced plasma growth hormone isoforms in women. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6, 295-306
36. Kraemer, W.J. and Ratamess, N.A (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine* 35(4), 339-361
37. Lanfranco, F., Giordano, R., Pellegrino, M., Gianotti, L., Ramunni, J., Picu, A., Baldi, M., Ghigo, E. and Arvat, E (2004). Free fatty acids exert an inhibitory effect on adrenocorticotropin and cortisol secretion in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 89, 1385-1390
38. Lanzi, R., Losa, M., Mignogna, G., Caumo, A. and Pontiroli, A.E (1999). The control on growth hormone release by free fatty acids is maintained in acromegaly. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 84, 1234-1238
39. Lovallo, W.R., Farag, N.H., Vincent, A.S., Thomas, T.L. and Wilson, M.F (2006). Cortisol responses to mental stress, exercise, and meals following caffeine intake in men and women. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior* 83(3), 441-447
40. Meikle, A.W., Benson, S.J., Liu, X.H., Boam, W.D. and Stringham, J.D (1989). Nonesterified fatty acids modulate steroidogenesis in mouse . *Leydig cells. American Journal of Physiology* 257, E937-E942
41. Murai, J.T., Mendel, C.M. and Siiteri, P.K (1991). Free fatty acids do not influence the concentrations of free steroid hormones in serum under physiological conditions. *The Journal of Clinical Endocrinology Metabolism* 72, 137-139
42. Nakagawa, E., Nagaya, N., Okumura, H., Enomoto, M., Oya, H., Ono, F., Hosoda, H., Kojima, M. and Kangawa, K (2002). Hyperglycaemia suppresses the secretion of ghrelin, a novel growth-hormone releasing peptide: responses to the intravenous and oral administration of glucose. *Clinical Sciences* 103, 325-328
43. OConnor, P.J., Motl, R.W., Broglio, S.P. and Ely, M.R (2004). Dose-dependent effect of caffeine on reducing leg muscle pain during cycling exercise is unrelated to systolic blood pressure. *Pain* 109, 291-298
44. Pollard, I (1988). Increases in plasma concentrations of steroids in the rat after the administration of caffeine. *comparison with plasma disposition of caffeine. The Journal of Endocrinology* 119, 275-280
45. Ratamess, N.A., Hoffman, J.R., Ross, R., Shanklin, M., Faigenbaum, A.D. and Kang, J (2007). ) Effects of an amino acid/creatine energy supplement on the acute hormonal response to resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 17, 608-623

46. Spindel, E., Arnold, M., Cusack, B. and Wurtman, R.J (1980). Effects of caffeine on anterior pituitary and thyroid function in the rat. *Pharmacology and Experimental Therapeutics* 214, 58-62
47. Tarpenning, K.M., Wiswell, R.A. and Hawkins, S.A (2003). CHO-induced blunting of cortisol response to weightlifting exercise in resistance-trained older men. *European Journal of Sport Science* 3, 1-10
48. Trice, I. and Haymes, E.M (1995). Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *International Journal of Sport Nutrition* 5, 37-44
49. Van Dam, P.S., Smid, H.E., de Vries, W.R., Niesink, M., Bolscher, E., Waasdorp, E.J., Dieguez, C., Casanueva, F.F. and Koppeschaar, H.P (2000). Reduction of free fatty acids by acipimox enhances the growth hormone (GH) responses to GH-releasing peptide 2 in elderly men. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85, 4706-4711
50. Van Loon, L.J.C., Kruijshoop, M., Menheere, P.P., Wagenmakers, J.M., Saris, W.H.M. and Keizer, H.A (2003). Amino acid ingestion strongly enhances insulin secretion in patients with long-term type2 diabetes. *Diabetes Care* 26, 625-630
51. Volek, J.S (2004). Influence of nutrition on responses to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36(4), 689-696
52. Williams, A.G., Ismail, A.N., Sharma, A.A. and Jones, D.A (2002). Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *European Journal of Applied Physiology* 86, 315-321
53. Woolf, K., Bidwell, W.K. and Carlson, A.G (2008). The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 18, 412-429

### **Cita Original**

Bo-Han Wu and Jung-Chang Lin. Caffeine Attenuates Acute Growth Hormone Response to a Single Bout of Resistance Exercise. *Journal of Sports Science and Medicine* (2010) 9, 262 - 269.