

Análisis de las adaptaciones agudas al entrenamiento de fuerza máxima mediante el estudio de las modificaciones del rendimiento mecánico del tren superior

ELISEO IGLESIAS SOLER*

Doctor en Educación Física. Profesor Titular INEF Galicia-Universidade da Coruña

IVÁN CLAVEL SAN EMETERIO

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Diploma de Estudios Avanzados

ÓSCAR CARBALLO IGLESIAS

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Diploma de Estudios Avanzados

JORGE DOPICO CALVO

Doctor en Educación Física. Profesor Titular INEF Galicia-Universidade da Coruña

JOSÉ LUIS TUIMIL LÓPEZ

Doctor en Educación Física. Profesor Titular INEF Galicia-Universidade da Coruña

Correspondencia con autores

* eliseo@udc.es

Resumen

El propósito del presente trabajo fue valorar el efecto agudo de dos sesiones de fuerza máxima sobre el rendimiento mecánico inmediatamente posterior. En 10 sujetos varones se obtuvieron las cargas correspondientes a una repetición máxima (1RM) y a la máxima potencia en la ejecución concéntrica de *press banca*. Cinco días más tarde se realizaron dos sesiones de entrenamiento. En cada una se llevaron a cabo 6 series de 2 repeticiones de *press banca* concéntrico, al 90 % de 1RM, con pausas mínimas de 3'. Antes e inmediatamente después de cada sesión se midió la potencia desarrollada, tanto con la carga de máxima potencia como con el 90 % de 1RM. El análisis de los resultados no reflejó diferencias significativas en el rendimiento con cargas de máxima potencia. Con el 90 % disminuyó de forma significativa ($p < 0,05$) al final de la segunda sesión. No se halló correlación significativa entre 1RM y las diferencias entre los valores finales e iniciales con las cargas de máxima potencia individual. La correlación fue significativa entre 1RM y las diferencias entre la potencia final e inicial al 90 % de 1RM en la primera sesión, tanto en valores reales como porcentuales ($r = -0,631$ y $r = -0,678$ respectivamente).

Palabras clave

Fuerza, Cargas de contraste, *Press banca*, Potencia.

Abstract

Analysis of maximum strength training acute adaptations through the study of upper body mechanical performance changes

The purpose of this study was to measure the acute effect of two maximum strength sessions on immediately subsequent mechanical performance. In order to do that, 1 repetition maximum (1RM) and maximum power load of concentric bench press exercise were obtained in 10 men. The experimental procedure begun five days after and it involved two training sessions. 6 bouts of 2 repetitions at 90% 1RM of concentric bench press were developed in every session with a minimum rest period of three minutes. Power developed with maximum power load and with 90% 1RM were measured before and immediately after every training day. The dates did not show significant differences between measurements with maximum power load. Performance with 90% 1RM was significantly lower ($p < 0.05$) in second session. 1RM did not correlate with performance differences after-before session with maximum power load. Correlation was statistically significant between 1RM and both real and percentage values of differences after-before session with 90% 1RM load in the first training day ($r = -0.631$ y $r = -0.678$ respectively).

Key words

Strength, Contrast load, Bench press, Power.

Introducción

El análisis de las adaptaciones derivadas del entrenamiento de la fuerza se ha abordado, con frecuencia, respecto a ciclos medios de intervención, habiéndose comprobado que la combinación de cargas de diferente orientación constituye una estrategia más eficaz, para el desarrollo multilateral de esta capacidad, que el uso exclusivo de un solo tipo de ejercitación (Adams, O'Shea, O'Shea y Climstein 1992; Fatouros y cols., 2000; Harris, Stone, O'Bryant, Proulx y Jonson 2000).

En cuanto a las adaptaciones agudas o inmediatas, éstas han sido analizadas, por un lado, a través de parámetros electromiográficos y hormonales (Bosco, Colli, Bonomi, Von Duvillard, y Viru, 2000; Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen y Komi, 1988, 1990; Häkkinen y Pakarinen, 1993; Häkkinen, 1993; Linnamo, Häkkinen y Komi, 1998, Kraemer y cols., 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1998) y por otro mediante el análisis del rendimiento mecánico inmediatamente posterior a la realización de una actividad previa (Hitchcock, 1989; Beelen y Sargeant, 1991; Leveritt y Abernethy, 1999; Vuorimaa, Vasankari y Rusko, 2000; Hoffman y cols., 2002; Hoffman, Nusse y Kang, 2003; Iglesias, Clavel, Dopico y Tuimil, 2003).

En este último tipo de estudios es frecuente hallar importantes diferencias entre ellos en cuanto al trabajo previo demandado o a la manifestación de fuerza considerada. En este sentido, en algunos diseños la actividad previa la constituyen ejercicios dinámicos y de baja resistencia, como el cicloergómetro o la carrera mientras que otros trabajos incluyen la ejercitación previa mediante alguna actividad deportiva compleja.

Por otro lado, en algunos estudios, el análisis del rendimiento se efectúa de forma inmediatamente posterior a un trabajo previo de fuerza con cargas de diferente magnitud (Gulich y Smidtableicher, 1996; Young, Jenner y Griffiths, 1998; Radcliffe y Radcliffe, 1996; Siff y Verkhoshanski, 2000; Duthie, Young y Aitken 2002; Gorgoulis, Aggelousis, Kasimatis, Mavromatis, Garas, 2003; Smilios 1998; Jensen y Ebben, 2003; Baker, 2003a, 2003b; Bazett-Jones, 2004; Ebben, Jensen y Blackard, 2000; Hrysomallis y Kidgell, 2001; Masamoto, Larson, Gates y Faigenbaum, 2003; Iglesias, Clavel, Dopico, Tuimil y Carballo, 2004; Iglesias y Clavel, 2005; Mathews, Mathews y Snook, 2004). El objeto primordial de este tipo de trabajos ha sido la evaluación del efecto teóricamente potenciador del trabajo previo con cargas pesadas sobre el rendimiento explosivo inmediatamente posterior, lo que constituye

el fundamento del llamado *entrenamiento de contrastes*. Existen divergencias en los resultados de estos estudios, en gran parte debido a las diferencias entre diseños en lo referido a los componentes de la carga. Factores como la magnitud de las resistencias movilizadas o mantenidas, el tipo de activación requerido, el volumen total de trabajo desarrollado, el intervalo de recuperación entre ejercicios, la experiencia de los sujetos en el trabajo con sobrecargas y el nivel de fuerza de éstos, han sido señalados como factores que condicionan la fatiga aguda derivada del trabajo de fuerza, y que podrían interferir en el trabajo inmediatamente posterior (Linnamo y cols., 1998; Young y cols., 1998; Bosco y cols., 2000; Duthie y cols., 2002; Jensen y Ebben, 2003; Baker, 2003b).

Finalmente, el análisis de la preactivación con cargas pesadas del tren superior ha sido abordado con menos frecuencia que en lo referido a la ejercitación del tren inferior (Gulich y Schmidtbleicher, 1996; Baker, 2003a, 2003b; Ebben y cols., 2000) y, asimismo, existen pocos estudios relativos al fenómeno de preactivación mediante más de una única serie de trabajo (Bosco y cols., 2000; Duthie y cols., 2002; Iglesias y cols., 2005; Iglesias y Clavel, 2005).

Por todo ello, ha sido el propósito de este trabajo valorar el efecto de la ejercitación previa del tren superior mediante varias series del ejercicio *press banca* con cargas pesadas, sobre el rendimiento mecánico inmediatamente posterior, tanto de tipo explosivo con el nivel de carga individual de máxima potencia, como ante cargas similares a las empleadas en las propias sesiones de entrenamiento. Asimismo se ha intentado comprobar la posible asociación entre las modificaciones del rendimiento como consecuencia del trabajo desarrollado, y los valores individuales del 1RM, o entre éste y el % de 1RM representado por la carga de máxima potencia individual.

Material y método

La muestra la constituyeron 10 varones, todos ellos estudiantes de la licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidade da Coruña, y con experiencia previa en la realización del ejercicio objeto de estudio. Todos los componentes de la muestra expresaron por escrito su voluntad de participar en el estudio.

En una primera sesión se obtuvo el *IRM* de cada

Tabla 1

Características físicas de la muestra ($n = 10$). Se incluyen valores del test de 1 repetición máxima (1RM) y del % del mismo con el que se alcanzaba la repetición de potencia media máxima (dt. = desviación típica).

	Mínimo	Máximo	Media	dt.
Edad (años)	24,00	29,00	25,40	1,78
Peso sujeto (kg)	56,50	90,50	70,21	11,60
Estatura (cm)	157,00	186,50	172,26	10,24
1RM (kg)	57,50	100,00	75,00	13,39
Potencia media máxima (%1RM)	30,00	60,00	47,00	8,23

Pretest	E1/E2
Evaluación <ul style="list-style-type: none"> • 1RM • 1x2x90%1RM • % 1RM de máxima potencia 	Calentamiento Evaluación inicial: <ul style="list-style-type: none"> • 1x2x %1RM de máxima potencia • 1x2x90%1RM Intervención <ul style="list-style-type: none"> • 6x2x90%1RM Evaluación final <ul style="list-style-type: none"> • 1x2x%1RM de máxima potencia • 1x2x90%1RM

Tabla 2

Estructura esquemática del diseño.

sujeto en el ejercicio de *press banca*. La acción era realizada en contracción exclusivamente concéntrica, para lo cual la barra debía mantenerse estática dos segundos sobre el pecho del ejecutante. En la determinación del 1RM se siguieron las pautas establecidas por Kraemer y Fry (1995), así como el criterio propuesto por González Badillo (en González Badillo y Ribas 2002) según el cual, para que el valor obtenido fuese el correcto, la velocidad media del test debería ser igual o inferior a $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Hallado el valor 1RM y con una pausa mínima de 3 minutos, se procedió a la medición de potencia desarrollada a lo largo de 2 repeticiones con una carga que representaba el 90 % de dicho parámetro, si bien dicho valor no fue finalmente considerado a la hora de realizar los correspondientes contrastes. Posteriormente, los sujetos efectuaban 2 repeticiones con cargas progresivas, con el objeto de de-

terminar la resistencia con la que se efectuaba la repetición de máxima potencia media. Dicha valoración se iniciaba con un valor del 30 % de 1RM, y se procedía a incrementos de peso del 10 % con una recuperación mínima entre series de 3', hasta no superar o mantener el rendimiento de la serie anterior. Para familiarizar a los sujetos con el trabajo concéntrico puro, en la semana previa a la valoración inicial se desarrollaron dos sesiones consistentes en 4 series de 5 repeticiones con el 65 %-70 % del 1RM estimado por cada componente de la muestra. Las principales características de los sujetos, así como los resultados de la valoración inicial, son recogidos en la *tabla 1*.

Con un intervalo de 5 días con respecto a la valoración inicial, se procedió a desarrollar 2 sesiones de entrenamiento con una separación entre ellas de 48 horas. El contenido de la primera (E1) y segunda (E2) sesiones de entrenamiento fue el mismo, y consistió en una fase de calentamiento con cargas de entre el 50 % y el 70 %, seguida de una evaluación inicial del rendimiento mediante 2 repeticiones ejecutadas, tanto con un peso correspondiente al máximo nivel de potencia como, tras una pausa mínima de 3', con una carga correspondiente al 90 % 1RM. Tras una recuperación mínima de 3' se iniciaba la fase de entrenamiento consistente en la ejecución de 6 series de 2 repeticiones al 90 % 1RM con pausas de, al menos, 3'. Finalizado el entrenamiento se repetían las condiciones de evaluación iniciales. Durante el periodo de recogida de datos, los sujetos de la muestra fueron instados a evitar cualquier trabajo de fuerza que implicase la intervención del tren superior. La *tabla 2* recoge esquemáticamente la estructura de la recogida de datos.

Para la obtención de los valores de potencia desarrollados con cada uno de los niveles de carga se empleó el sistema *Isocontrol Dinámico versión 3.1* conec-

tado a un ordenador portátil *Acer Travel Mate 290 LCi* dotado del software necesario. En la obtención de los resultados se consideraron como variables, tanto la media de potencia desarrollada en la serie (PM = potencia total/número de repeticiones) como el parámetro correspondiente a la repetición de la serie con una mayor potencia media (PMX). Cada una de ellas fue diferenciada en función de su correspondencia con la evaluación al comienzo de la sesión 1 (*PME1-I; PMXE1-I*) y 2 (*PME2-I; PMXE2-I*), o con la medición al final de las mismas (*PME1-F; PMXE1-F; PME2-F; PMXE2-F*). Asimismo se cuantificó la diferencia entre el valor final e inicial de cada uno de estos parámetros, tanto en valores reales como porcentuales de la valoración inicial (*Dif. PME; Dif. PMX*).

El tratamiento de los datos se realizó mediante el paquete estadístico *SPSS 12.0*. Además de estadística descriptiva (media y desviación típica muestral), se emplearon diferentes pruebas inferenciales. La normalidad de la muestra fue confirmada mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov-Lillefors*. Para la comparación de medias entre cada uno de los momentos de medición se empleó *análisis de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas con factor intrasujeto de cuatro niveles* (Momento: Inicial E1; Final E1, Inicial E2; Final E2). En aquellos

casos en que resultase necesario se contempló el uso de la comparación de medias mediante la prueba *t de Student para muestras relacionadas*. Finalmente, la asociación entre variables se analizó mediante *correlación de Pearson*. En todos los casos la significación estadística se estableció en $p \leq 0,05$.

Resultados

Los resultados más destacables aparecen recogidos en las *tablas 3, 4 y 5*.

El análisis de los resultados correspondientes al rendimiento con cargas de máxima potencia no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos en cada una de las mediciones, tanto en lo referido a PMED como a PMX.

Por su parte, los valores correspondientes al rendimiento con cargas del 90 % 1RM difirieron entre ellos de forma más marcada, aunque sin alcanzar el límite de significación estadística ($p = 0,07$). No obstante, los contrastes apareados entre los rendimientos previos y posteriores a cada una de las sesiones mostraron diferencias estadísticamente significativas en E2 tanto para PMED como para PMX.

	Mínimo	Máximo	Media	dt.
PME1-I (W)	258,11	430,66	344,57	56,40
PME1-F (W)	211,08	414,37	316,08	64,51
PME2-I (W)	127,38	420,76	319,09	85,65
PME2-F (W)	176,55	513,92	336,80	96,14
PMXE1-I (W)	299,33	534,95	378,05	71,94
PMXE1-F (W)	272,89	418,21	338,36	51,62
PMXE2-I (W)	152,48	507,97	350,67	92,18
PMXE2-F (W)	235,26	524,80	356,58	81,86

Tabla 3

Valores de potencia media y máxima con cargas asociadas a la máxima potencia individual.

	Mínimo	Máximo	Media	dt.
PME1-I (W)	120,99	285,31	205,57	58,19
PME1-F (W)	110,96	242,85	192,81	42,98
PME2-I (W)	121,77	330,95	223,22	60,46
PME2-F (W)	110,53	279,46	195,07*	47,84
PMXE1-I (W)	131,34	299,76	215,46	62,92
PMXE1-F (W)	127,63	268,74	213,80	45,04
PMXE2-I (W)	130,35	359,42	237,13	64,22
PMXE2-F (W)	127,22	290,69	217,29*	49,61

Diferencias significativas ($p \leq 0,05$): respecto a la medición inicial.

Tabla 4

Valores de potencia media y máxima con cargas del 90 % de 1RM.

	E1				E2			
	Máxima potencia		90% 1RM		Máxima potencia		90% 1RM	
	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX
Mínimo (W)	-132,29	-243,36	-81,29	-78,47	-38,49	-34,31	-65,36	-68,73
Máximo (W)	22,97	20,07	68,83	88,28	106,09	82,78	2,87	8,50
Media (W)	-28,49	-39,70	-12,75	-1,66	17,71	5,91	-28,14	-19,83
dt.	47,73	73,40	41,60	49,00	41,91	35,755	22,94	22,90

Tabla 5

Diferencias entre los valores finales e iniciales (valor final-valor inicial).

La *tabla 6* recoge el análisis de la correlación entre el 1RM y el valor porcentual del mismo con el que era alcanzado el mayor nivel de potencia, así como entre el 1RM y las diferencias de los rendimientos finales e iniciales. Respecto a la primera, no se halló asociación significativa, aunque sí existió una lógica asociación positiva entre el nivel de fuerza de los sujetos y el valor en kilogramos de la carga individual de máxima potencia.

En cuanto al análisis de la correlación entre las diferencias de los rendimientos finales e iniciales y el valor del 1RM individual, no se halló asociaciones significa-

tivas entre estas dos variables, salvo en el caso de los valores medios de la primera de las sesiones con cargas del 90%. Dicha correlación es negativa, lo que, considerando el valor menor que cero de la media de dicha variable, señalaría una mayor tendencia a la pérdida de rendimiento por parte de los sujetos con mayores niveles de fuerza.

Esta tendencia se vio confirmado al analizar las diferencias entre valores finales e iniciales, en porcentajes de los segundos (*tabla 7*), de tal manera que la correlación con el 1RM era estadísticamente significativa en la primera sesión (*tabla 8*).

		E1				E2				Potencia máx. (%1RM)	Potencia máx. (kg)
		Máxima potencia		90% 1RM		Máxima potencia		90% 1RM			
		Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX		
1 RM	Corr.	-,488	-,486	-,631*	-,415	,435	,239	-,051	-,271	-,202	,635*
	p	,152	,154	,050	,233	,209	,506	,888	,449	,576	,048*

Corr. = coeficiente de correlación de Pearson; p = significación bilateral; * p ≤ 0,05.

Tabla 6

Correlaciones de 1RM con las diferencias entre los valores finales e iniciales y con los valores porcentuales y absolutos de las cargas de máxima potencia individual.

Tabla 7
Diferencias entre los valores finales e iniciales, en valores porcentuales de la medición inicial.

	E1				E2			
	Máxima potencia		90% 1RM		Máxima potencia		90% 1RM	
	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX
Media (%)	-7,97	-8,88	-2,61	3,54	7,02	4,57	-11,56	-7,21
dt.	13,24	13,61	24,83	26,78	15,50	18,70	8,91	7,41

		E1				E2			
		Máxima potencia		90 % 1RM		Máxima potencia		90 % 1RM	
		Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX	Dif. PME	Dif. PMX
1 RM	Corr.	-,442	-,480	-,678*	-,501	,237	,058	-,017	-,185
	p	,201	,161	,031	,140	,509	,874	,964	,609

Corr. = coeficiente de correlación de Pearson; p = significación bilateral; * p ≤ 0,05.

Tabla 8

Correlaciones de 1RM con las diferencias entre los valores finales e iniciales, expresados en porcentajes de la medición inicial.

Discusión

Los resultados del presente trabajo no han reflejado cambios significativos en el rendimiento explosivo inmediatamente posterior a la ejercitación con cargas del 90 % de 1RM, al mismo tiempo que sólo se pudo contemplar en la segunda de las sesiones un descenso significativo de la manifestación de fuerza directamente entrenada.

El conjunto de resultados indica que la actividad desarrollada no fue suficiente para potenciar o comprometer la capacidad de rendimiento explosivo de los sujetos, lo que resulta inconsistente con las conclusiones de un trabajo previo (Iglesias y cols., 2005) en el se detectaron mejoras estadísticamente significativas en la potencia media desarrollada con cargas del 30 % de 1RM al finalizar sesiones de entrenamiento con el 90 % de 1RM. No obstante, en este caso la referencia la constituían los valores obtenidos en un sesión independiente de evaluación inicial (pretest) lo que unido a las diferencias respecto a las cargas de evaluación explosiva (30 % de 1RM frente a la de máxima potencia individual empleada en el presente estudio) marcan diferencias en el diseño que podrían ser las responsables de dichas discrepancias. Aunque los datos obtenidos en el presente trabajo puede en principio rebatir el efecto facilitador del trabajo pesado sobre las expresiones explosivas de la fuerza, es necesario considerar que la mayoría de los estudios que confirman este proceso se basan en una preactivación mediante una única serie de trabajo (Gullich y Smidtbleicher, 1996; Young y cols., 1998; Radcliffe y Radcliffe, 1996; Baker, 2003a; Mathews y cols., 2004).

Por otro lado, diversos estudios no han hallado cambios significativos en el rendimiento explosivo inmediatamente posterior al trabajo de cargas elevadas, coincidiendo por lo tanto con nuestros datos (Duthie y cols., 2002; Hrysomallis y Kidgell, 2001; Mathews y cols., 2004). Esta divergencia en los resultados posiblemente viene motivada por lo heterogéneo de los di-

seños respecto a factores que podrían afectar a la dirección y magnitud de los efectos, tales como la duración de los intervalos de recuperación (Linnamo y cols., 1998; Bosco y cols., 2000; Jensen y Ebben, 2003; Bazzett-Jones, 2004), las magnitudes relativas de cargas, la cantidad de masa muscular implicada en el ejercicio o el número de series previo al trabajo explosivo (Baker, 2003a; Baker 2003b; Duthie y cols., 2002).

Partiendo de estas cuestiones, es posible considerar que el efecto global de la ejercitación previa sobre el rendimiento explosivo posterior pueda ser consecuencia de la interacción entre procesos potenciadores neurales y hormonales, y fenómenos de fatiga inhibidores, con lo que la predominancia de unos sobre otros marcará la magnitud y dirección de la adaptación aguda.

En lo referido a las evaluaciones de la potencia desarrollada con la carga de entrenamiento (90 % de 1RM) los resultados reflejaron un descenso del rendimiento tras la realización de las sesiones, si bien esta modificación sólo fue estadísticamente significativa en el segundo de los entrenamientos. Estos datos difieren en parte de lo hallado en un estudio previo (Iglesias y cols., 2005) en el que se encontraron incrementos en la potencia desarrollada al finalizar sesiones de entrenamiento con respecto al valor obtenido en una sesión pretest, mientras que este aumento no se apreciaba en referencia a la valoración en una sesión posterior o postest. Estos resultados se justificaron en parte por la existencia de un proceso de aprendizaje del movimiento, ya que aunque la muestra la constituían sujetos expertos en el ejercicio de *press banca*, la ejercitación habitual no tenía lugar en condiciones concéntricas puras. No obstante, en el actual trabajo se incluyó una fase de familiarización de la muestra con la activación exclusivamente concéntrica por lo que el factor aprendizaje no habría podido solapar los efectos de la fatiga específica, tal y como pudo haber sucedido en el estudio precedente.

Como se ha descrito, la evaluación explosiva se realizó respecto a la carga de máxima potencia individual, cuyo valor se situó en el 47 % de 1RM, próximo a los valores de entre el 40 y el 55 % que otros autores han establecido para el ejercicio de *press banca* (Baker, Nance y Moore, 2001; González Badillo y Ribas, 2002). Cabe la posibilidad de que dicha magnitud haya condicionado nuestros resultados, por lo que resultaría interesante abordar en futuros trabajos la identificación de aquellos niveles relativos de explosividad que pudiesen resultar más susceptibles de ser afectados por la preactivación con cargas pesadas.

Por otro lado, el aprovechamiento del contraste entre cargas de diferente orientación ha sido señalado por diversos autores como un factor dependiente de la experiencia y niveles de fuerza máxima de los sujetos examinados (Duthie y cols., 2002; Gorgoulis y cols., 2003). Este fenómeno no ha sido verificado en nuestro estudio al no haberse hallado correlaciones estadísticamente significativas entre el 1 RM individual y las diferencias entre la evaluación final e inicial con las cargas de máxima potencia individual.

Sin embargo, esta asociación, fue negativa y estadísticamente significativa en el caso de los valores medios de potencia con cargas del 90 % de la primera sesión, tanto cuando las diferencias eran expresadas en valores reales como porcentuales respecto a la valoración inicial. En este sentido, Häkkinen (1993) encontró que 20 series de 1RM de squat provocaban una mayor disminución de la fuerza máxima en los hombres con respecto a las mujeres, si bien estas diferencias eran en parte explicadas por las diferencias hormonales y de composición muscular entre sexos. Por el contrario, otros autores (García Manso, 1999; Smilos, 1998) muestran que el trabajo muscular fatigante conlleva una mayor disminución de fuerza máxima entre los sujetos con un menor desarrollo de esta capacidad.

No obstante, la asociación hallada en la primera sesión no se ratificó en la segunda, y asimismo tampoco se comprobó para las manifestaciones explosivas en ninguna de sus mediciones. En este sentido sería interesante profundizar en la relación entre el nivel de desarrollo de la fuerza de los sujetos y su capacidad para repetir esfuerzos con tensiones musculares de diferente magnitud.

Finalmente, no se halló correlación significativa entre el nivel de fuerza de los sujetos, valorada a través del 1 RM, y el porcentaje de éste con el que se desarrollaba la máxima potencia media. No obstante surge la interrogante de si el efecto del entrenamiento a medio plazo,

así como la naturaleza del mismo, podrían afectar a la asociación entre estas variables.

Conclusiones

El presente trabajo ha pretendido realizar una aproximación al nivel de preactivación obtenida mediante el entrenamiento con cargas pesadas, así como al grado de especificidad de la fatiga generada. Para ello se valoraron las modificaciones, tanto de la expresión de fuerza directamente entrenada, como de aquella manifestada con las cargas asociadas a la máxima potencia individual. El conjunto de los resultados pueden ser resumidos en las siguientes conclusiones:

- La ejercitación del tren superior con cargas del 90 % de 1 RM no potenció ni interfirió en el rendimiento inmediatamente posterior con la carga de máxima potencia individual, lo que apoya el entrenamiento concurrente de diferentes manifestaciones de la fuerza dentro de la misma sesión.
- El volumen de trabajo propuesto provocó que la potencia desarrollada con las cargas manejadas a lo largo de las sesiones de entrenamiento disminuyera en ambas sesiones, si bien sólo alcanzó significación en la segunda de ellas.
- Los niveles de carga de máxima potencia individual en el ejercicio de *press banca* ($47 \pm 8,23$ % de 1RM), fueron consistentes con datos recogidos en la bibliografía, donde se señalan valores medios de entre el $40 \pm 5,5$ % (González Badillo y Ribas, 2002) y el $55 \pm 5,3$ % de 1RM (Baker, Nance y Moore, 2001).
- No se halló asociación significativa entre el nivel de fuerza de los sujetos y el porcentaje con el que se obtenían los máximos valores de potencia, lo que resulta indicativo de la estabilidad de este último factor con independencia del nivel 1RM individual.
- No se halló asociación significativa entre el valor de 1RM y las variaciones observadas en el rendimiento con cargas de naturaleza explosiva.
- El análisis de correlación permitió observar una tendencia significativa, por parte de los sujetos con mayores niveles de fuerza, a la disminución del rendimiento con cargas de 90 % de 1RM en la primera de las sesiones, ($r = -0,631$), si bien esta asociación no alcanzó significación estadística en la segunda de las sesiones.

Bibliografía

- Adams, K.; O'Shea, J. P.; O'Shea, K. L. y Climstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal Applied Sport Science Research*, 6(1), 36-41.
- Baker, D. (2003a). Acute effect of alternating heavy and light resistances and power output during upper-body complex power training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 493-497.
- Baker, D. (2003b). Acute effect of a hypertrophy-oriented training bout on subsequent upper-body power output. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 527-530.
- Baker, D.; Nance, S.; Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 20-24.
- Bazett-Jones, D. (2004). Neither stretching nor postactivation potentiation affect maximal force and rate of force production during seven one-minute trials. *Journal of Undergraduate Research*, VII, 1-5.
- Beelen, A. y Sargeant, A. (1991). Effect of fatigue on maximal power output at different contraction velocities in humans. *Journal Applied Physiology*, 71(6), 2332-2337.
- Bosco, C.; Colli, R.; Bonomi, R.; Von Duvillard, S. P. y Viru, A. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5), 202-208.
- Duthie, G. M.; Young, W. B. y Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 530-538.
- Ebben, W.; Jensen, R. y Blackard, D. (2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 451-456.
- Fatouros, I. G.; Jamurtas, A. Z.; Leontini, D.; Taxildaris, K.; Aggelousis, N.; Kostopoulos, N. y Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476.
- García Manso (1999). *La fuerza*. Madrid: Gymnos.
- González Badillo J. J. y Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.
- Gorgoulis, V.; Aggelousis, N.; Kasimatis, P.; Mavromatis, G. y Garas, A. (2003). Effect of submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Gullich, A. y Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies of Athletics*, 11, 67-81.
- Häkkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 53-59.
- Häkkinen, K.; Pakarinen, A.; Alén, M.; Kauhanen, H. y Komi, P.V. (1988). Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *European Journal of Applied Physiology*, 57(2), 133-139.
- Häkkinen, K.; Pakarinen, A.; Kyröläinen, H.; Cheng, S.; Kim, D.H. y Komi, P.V. (1990). Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *International Journal of Sports Medicine*, 11(2), 91-98.
- Häkkinen, K. y Pakarinen, A. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal Applied Physiology*, 74(2), 882-887.
- Harris, G.; Stone, M.; O'Bryant, H.; Proulx, C. y Jonson, R. (2000). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 14-20.
- Hitchcock, H. (1989). Recovery of short-term power after dynamic exercise. *Journal Applied Physiology*, 67(2), 677-681.
- Hoffman, J. R.; Maresh, C.; Newton, R. U.; Rubin, M. R.; Frech, D. N.; Volek, J. S.; Sutherland, J.; Robertson, M.; Gómea, A. L.; Rattamess, N. A.; Kang, J. y Kraemer, W. J. (2002). Performance, biochemical and endocrine changes during a competitive football game. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(11), 1845-1853.
- Hoffman, J.; Nussle, V. y Kang, J. (2003). The effect of an intercollegiate soccer game on maximal power performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(6), 807-817.
- Hrysomallis, C. y Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 426-430.
- Iglesias, E.; Clavel, I.; Dopico, J. y Tuimil, J. L. (2003). Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. *Rendimiento Deportivo.com. Revista digital*, n.º 6.
- Iglesias, E.; Clavel, I.; Dopico, J.; Tuimil, J. L. y Carballo, O. (2005). Análisis comparativo de los efectos agudos de sesiones de entrenamiento de fuerza con el 90 % y el 30 % de la máxima carga movilizable (1RM). *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*. 19 (4), 5-10.
- Iglesias, E. y Clavel, I. (2005). El entrenamiento de fuerza del tren superior con cargas asociadas a la máxima potencia individual: análisis de los efectos agudos sobre la potencia mecánica. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. (14), 23-36.
- Jenssen, R. y Beben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Kraemer, W. J.; Marchitelli, L. J.; Gordon, S. E.; Harman, E.; Dziados, J. E.; Mello, R.; Frykman, P.; McCurry y Fleck, S. J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal Applied Physiology*, 69, 1442-1450.
- Kraemer, W. J.; Gordon, S. E.; Fleck, S. J.; Marchitelli, L. J.; Mello, R.; Dziados, J. E.; Friedl, K.; Harman, E.; Maresh, C. y Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 228-235.
- Kraemer, W. J.; Fry, A. C.; Warren, B. J.; Stone, M. H.; Fleck, S. J.; Kearny, J. T.; Conroy, B. P.; Maresh, C. M.; Waseman, C. A.; Triplett, N. T. y Gordon S. E. (1992). Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *International Journal of Sports Medicine*, 13(20), 103-109.
- Kraemer, W. J.; Fleck, S. J.; Dziados, J. E.; Harman, E. A.; Marchitelli, L. J.; Gordon, S. E.; Mello, R.; Frykman, P. N.; Koziris, L. P. y Triplett, N. T. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal Applied Physiology*, 75(2), 594-604.
- Kraemer, W. J.; Aguilera, B. A.; Terada, M.; Newton, R. U.; Linch, J. M.; Rosendaal, G.; McBride, J. M.; Gordon, S. E. y Häkkinen,

- K. (1995). Responses of IGH-I to endogenous increases in growth hormone after heavy-resistance exercise. *Journal Applied Physiology*, 79(4), 1310-1315.
- Kraemer, W. J y Fry, A. C. (1995). Strength testing: development and evaluation of methodology. En P.J. Maud, C. Foster. *Physiological assessment of human fitness*. (257-326). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kraemer, W. J.; Häkkinen, K.; Newton, R.U.; McCormick, M.; Nindl, B. C.; Volek, J. S.; Gotshalk, L. A.; Fleck, S. J.; Campbell, W. W.; Gordon, S. E.; Farrel, P. A. y Evans, W. J. (1998). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 206-211.
- Leveritt, M. y Abernethy, P. (1999). Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 47-51.
- Linnamo, V.; Häkkinen, K. y Komi, P. (1998). Neuromuscular Fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 176-181.
- Masamoto, N.; Larson, R.; Gates, T. y Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 68-71.
- Matthews, M.; Matthews, H. y Snook, B. (2004). The acute effects of a resistance training warmup on sprint performance. *Research in Sports Medicine*, 12(2), 151-159.
- Radcliff, J. C. y Radcliff, L. (1996). Effects of diferente warm-up protocols on peack power output during a single rspose jump task (Abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), S189.
- Siff, M. y Verkhoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Smilios, I. (1998). Effects of varying levels of muscular fatigue on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(3), 204-208.
- Vuorimaa, T.; Vasankari, T. y Rusko, H. (2000). Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 96-101.
- Young, W.; Jenner, A. y Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 82-84.