PubliCE, (PubliCE) 2006

Research

El Entrenamiento de Sobrecarga con Volumen Moderado y Alta Intensidad Relativa Produce Mayores Ganancias en la Fuerza que el Entrenamiento con Volumen Bajo y Alto en Levantadores de Pesas Competitivos

Prof. Mikel Izquierdo[2] y Esteban M Gorostiaga[2]

[1]*Spanish Olympic Committee, Madrid, España.*
[2]*Studies, Research and Sport Medicine Center, Government of Navarra, Navarra, España.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar el efecto de la utilización de 3 programas de entrenamiento de sobrecarga con diferentes volúmenes y con una intensidad relativa promedio de entrenamiento (expresada como un porcentaje de 1 repetición máxima que representa los kilogramos absolutos levantados dividido por el número de repeticiones realizadas) sobre la fuerza máxima (1RM) en los ejercicios de Arranque (Sn), Envión (C&J) y Sentadilla (Sq). Veintinueve levantadores de pesas *junior* con experiencia en el entrenamiento (>3 años) fueron aleatoriamente asignados a 1 de 3 grupos: grupo de entrenamiento con baja intensidad (LIG; n=12), grupo de entrenamiento con moderada intensidad (MIG; n=9) y grupo de entrenamiento con alta intensidad (HIG; n=8). Todos los sujetos entrenaron durante 10 semanas, 4-5 veces por semana con un rutina periodizada utilizando los mismos ejercicios y el mismo volumen de entrenamiento (expresado como el número total de repeticiones realizadas a una intensidad igual o mayor que el 60% de 1 RM), pero con diferente número total de repeticiones programadas para intensidades > 90-100% de 1 RM en todo el período de 10 semanas: LIG (46 repeticiones), MIG (93 repeticiones) y HIG (184 repeticiones). Durante el período de entrenamiento, los grupos MIG y LIG mostraron un incremento significativo ($p<0.01$-0.05) en la fuerza en los ejercicios C&J (10.5% y 3% para los grupos MIG y LIG, respectivamente) y Sq (9.4% y 5.3% para los grupos MIG y LIG, respectivamente), mientras que en el grupo HIG solo se observó un incremento en el ejercicio de Sq (6.9%, $p<0.05$). El cálculo de los tamaños del efecto reveló mayores ganancias en la fuerza en el grupo MIG en comparación con los grupos HIG y LIG. No se hallaron diferencias significativas entre los grupos LIG y HIG respecto de las ganancias en la fuerza inducidas por el volumen de entrenamiento. Todos los sujetos del grupo HIG fueron incapaces de cumplir por completo con las repeticiones programadas a intensidades relativas mayores al 90% de 1RM. Los presentes resultados indican que, en levantadores de pesas jóvenes experimentados y entrenados, el entrenamiento de sobrecarga a corto plazo utilizando volúmenes moderados con una intensidad relativa alta tiende a producir mayores mejoras en el rendimiento del levantamiento de pesas que el entrenamiento con volumen bajo o alto y con una intensidad relativa alta e igual volumen total de entrenamiento. Por lo tanto, para la presente población de levantadores de pesas, para mejorar el programa de levantamiento de pesas podría ser beneficiosa la utilización del protocolo de entrenamiento utilizado por el grupo MIG en la presente investigación, al menos en ciclos de entrenamiento de corta duración (10 semanas)

Palabras Clave: intensidad del entrenamiento, volumen del entrenamiento, levantamientos olímpicos, levantamiento de

INTRODUCCION

Los entrenadores e investigadores en el entrenamiento del levantamiento de pesas intentan identificar la relación más efectiva entre las diferentes variables de entrenamiento, tales como el volumen (e.g., número total de repeticiones realizadas), la intensidad (e.g., intensidad relativa promedio expresada como un porcentaje de una repetición máxima [1RM] que representa los kilogramos absolutos levantados dividido por el número total de repeticiones realizadas), la frecuencia y el rendimiento durante el levantamiento de pesas. Se cree que para mejorar adicionalmente el rendimiento en el levantamiento de pesas es necesario incrementar sistemáticamente el estrés inducido por la sobrecarga que es impuesto al cuerpo durante el entrenamiento de la fuerza (2).

Existen diversas formas mediante las cuales se pude inducir la sobrecarga durante el entrenamiento de la fuerza. De las diversas variables, la intensidad del entrenamiento parece ser la variable más importante que debe considerarse cuando se diseña un programa de entrenamiento de sobrecarga para entrenar la fuerza máxima en atletas de fuerza experimentados y de elite (18, 20, 31). Varios estudios han mostrado que el entrenamiento con cargas correspondientes al 80-100% de 1RM es el más efectivo para incrementar la fuerza dinámica máxima (2, 3) ya que este rango de cargas parece maximizar el reclutamiento de fibras musculares y producir adaptaciones neurales adicionales (15, 23). Entre este rango del 80-100% de 1RM los atletas experimentados en el levantamiento de pesas y los levantadores de pesas rutinariamente pasan excesivas cantidades de tiempo del entrenamiento de la fuerza utilizando cargas extremadamente grandes (> 90% de 1RM) (5, 13, 14, 17, 20, 26–28), debido a que se cree que los mayores incrementos en la fuerza máxima pueden alcanzarse con estas intensidades relativas. Sin embargo, no se sabe cual es el estímulo óptimo de intensidad con estas cargas extremadamente grandes, para el desarrollo de la fuerza y para la mejora del rendimiento en el levantamiento de pesas.

Para nuestro conocimiento, solo 1 estudio ha investigado los efectos del incremento en la intensidad relativa del entrenamiento de sobrecarga sobre la fuerza en levantadores de pesas experimentados. Häkkinen et al. (17) hallaron una mejora en el rendimiento durante el levantamiento de pesas con un período de entrenamiento de 4 semanas, cuando se incremento el número de levantamientos realizados en el rango de intensidad del 80-90% y del 90-100% de 1RM. Sin embargo, es concebible que si se realiza un incremento adicional en la intensidad del entrenamiento con estas cargas, puede existir una intensidad de entrenamiento más allá de la cual se produzcan adaptaciones fisiológicas no deseadas y el incremento en el rendimiento se vea atenuado o incluso no se observe incremento alguno (7). Este efecto de límite máximo en las ganancias de la fuerza ha sido observado en algunos estudios llevados a cabo con hombres que tenían experiencia en el entrenamiento de sobrecarga (no levantadores de pesas) y en los cuales se ha mostrado que el incremento en la intensidad del entrenamiento promovido por el incremento en la repeticiones realizadas con cargas mayores al 90% de 1RM, utilizando pesos libres (13) o máquinas (9, 12) durante 2-3 semanas produjeron incrementos (9), reducciones (9, 12) o ningún cambio (13) en el rendimiento de fuerza con el incremento en la intensidad del entrenamiento. Nosotros hipotetizamos que, con la utilización de un mayor número de levantadores de pesas, con un diseño experimental multigrupal, y controlando otras variables, tales como la frecuencia y el volumen del entrenamiento, podríamos avanzar en el conocimiento de los efectos de diferentes intensidades de entrenamiento sobre el rendimiento en el levantamiento de pesas.

Grupo	Edad (Años)	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)	Arranque (kg)	Envión (kg)	Sentadillas (kg)	Años de entrenamiento
LIG* (*n*=12)	17.1±1.7	168.0 ± 4.1	73.7 ± 5.5	85.6 ± 9.8	104.8 ± 11.7	145.6±21	4.0±0.8
MIG* (*n*=9)	16.9±1.7	167.0 ± 4.0	74.0 ± 3.9	84.7 ± 13.7	105.8 ± 14.8	140.6±21.3	3.8±1.0
HIG* (*n*=8)	17.5±1.9	169.1 ± 3.6	72.0 ± 2.3	87.8 ± 12.8	110.9 ± 16.8	149.1±26.9	4.3±1.2

***Tabla 1**. Características iniciales de los grupos experimentales (medias ± DE). * LIG = Grupo de Entrenamiento con Baja Intensidad; MIG = Grupo de Entrenamiento con Intensidad Moderada; HIG = Grupo de entrenamiento con Alta Intensidad.*

En vista de las consideraciones previas, el propósito de este estudio fue examinar el efecto de la utilización de 3 volúmenes diferentes para entrenamiento de sobrecarga de alta intensidad sobre el rendimiento en levantadores de pesas *junior*

experimentados. Considerando la magnitud de las cargas levantadas hipotetizamos que cuando los sujetos están altamente entrenados y cuando se controlan otras variables del entrenamiento, debería existir un umbral de entrenamiento en el cual el rendimiento puede verse comprometido. La comprensión de los efectos de la utilización de diferentes volúmenes para el entrenamiento periodizado de la fuerza de alta intensidad con levantadores de pesas puede dar mayor información acerca de cómo mejorar el rendimiento y prevenir lesiones.

METODOS

Enfoque Experimental al Problema

Para estudiar la cuestión de cómo 3 magnitudes diferentes de una intensidad promedio de entrenamiento afectan las ganancias de fuerza, comparamos los efectos de 3 volúmenes diferentes en programas para el entrenamiento de la fuerza comúnmente utilizados (alta intensidad, 182 repeticiones con cargas mayores al 90% de 1RM; intensidad moderada, 91 repeticiones con cargas mayores al 90% de 1RM; intensidad baja, 44 repeticiones con cargas mayores al 90% de 1RM) sobre la fuerza máxima en los ejercicios de arranque (Sn), envión (C&J) y sentadillas (Sq) en levantadores de pesas júnior entrenados, durante un ciclo de entrenamiento de 10 semanas. El número de repeticiones con una carga mayor al 90% de 1RM hace referencia a la suma de los levantamientos olímpicos (Sn y C&J) y Sq. Para eliminar cualquier posible variable de interferencia, las diferentes variables del entrenamiento de la fuerza tales como el volumen total de entrenamiento, el volumen y la intensidad de los ejercicios diferentes a los levantamientos olímpicos y al ejercicio Sq, la frecuencia de entrenamiento y el tipo de ejercicio, fueron controladas equiparando sus valores entre los grupos de tratamiento. El control del volumen fue crítico para el diseño del estudio debido a que se ha propuesto que las diferencias en el volumen global de entrenamiento influencian las adaptaciones al entrenamiento (27). El volumen de entrenamiento utilizado en el presente estudio se eligió en base a que en un estudio previo (Gonzáles-Badillo et al, datos no publicados) se mostró que durante un período experimental de corta duración similar al utilizado en el presente estudio, los levantadores de pesas experimentados de categoría *junior* respondían con mayores incrementos en la fuerza cuando se utilizó un volumen moderado de entrenamiento (2481 repeticiones totales) que con un volumen bajo (1923 repeticiones) o con volúmenes extremos (3010 repeticiones; Gonzáles-Badillo et al., datos no publicados). Además, el criterio para decidir el volumen y la intensidad del entrenamiento se basó en el programa de entrenamiento que habían llevado a cabo los levantadores de pesas en los años previos al estudio. Es crucial tener en cuenta que cada uno de estos programas de entrenamiento fue real, y por lo tanto, no podría haber sido tan duro como para crear una relación hostil entre los investigadores, los entrenadores y los atletas.

Sujetos

Veintinueve levantadores de pesas de sexo masculino cumplieron con los criterios experimentales y fueron voluntarios para participar en el estudio con el consentimiento escrito de sus padres y entrenadores. Los sujetos fueron reclutados de un grupo de levantadores de pesas jóvenes y competitivos con al menos 3 años de experiencia de entrenamiento (Tabla 1). Todos los atletas estaban clasificados entre los 4 primeros a nivel nacional en su categoría de peso y edad. Tres de los sujetos también habían participado en campeonatos Europeos y en el campeonato mundial *junior*. El mejor rendimiento en levantamiento de pesas durante competencias (consistente de los ejercicios Sn y C%J) era de 190.4, 190.5 y 198.7 para los grupos baja intensidad (LIG), intensidad moderada (MIG) y alta intensidad (HIG), respectivamente, con un coeficiente Sinclari (calculado a partir del rendimiento individual en el levantamiento de pesas y el peso corporal) (29) de 241.4 kg, 239.4 kg y 253.8 kg, respectivamente. Este estudio se llevó a cabo en concordancia con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética del departamento responsable. Antes de la investigación, los participantes fueron clasificados de acuerdo con su puntaje total en los 3 ejercicios del levantamiento de pesas (Sn, C&J y Sq) y fueron aleatoriamente asignados a uno de 3 grupos: LIG, n=12; MMIG, n=9; HIG, n=8. Ninguno de los sujetos que participó en el estudio consumía anabólicos esteroides androgénicos u otras drogas que pudieran afectar su rendimiento físico o su equilibrio hormonal durante varios meses antes o durante el estudio.

Procedimientos

Todos los sujetos habían alcanzado su mejor rendimiento personal dentro de los 6 meses previos al comienzo del período experimental. El mejor rendimiento personal de cada sujeto registrado en una competencia oficial en los ejercicios de Sn y C&J fue tomado como el rendimiento inicial, y para el ejercicio de Sq se realizó un test previamente al comienzo del período experimental de 10 semanas. Luego de este período experimental, se evaluó nuevamente el rendimiento en los ejercicios SN, C&J y Sq en una única sesión de evaluación.

Para evaluar los ejercicios Sn y C&J los sujetos realizaron un entrada en calor que consistió en 2 series de 3-5 repeticiones

al 40-50% de su 1RM estimada seguido de 5-7 intentos separados desde el 60 al 100% de 1RM hasta que el sujeto fuera incapaz de realizar el levantamiento con la técnica apropiada. Luego de 3 intentos fallidos con el mismo peso, el test se daba por terminado. Como resultado del test se registró el mejor levantamiento. El protocolo para el test de sentadilla fue el mismo que el utilizado para los levantamientos olímpicos, aunque solo se permitieron dos intentos fallidos. Para cuantificar el índice esfuerzo/beneficio, se definió la eficiencia del entrenamiento como el porcentaje promedio de ganancia en el rendimiento en los ejercicios Sn, C&J y Sq durante el período de 10 semanas de entrenamiento dividido por el número total de repeticiones levantadas con cargas mayores al 90% de 1RM en los ejercicios Sn, C&J y Sq, respectivamente.

Protocolo de Entrenamiento

Luego de la última competencia oficial y antes de comenzar con el período experimental, todos los sujetos tuvieron dos semanas de reposo activo durante el cual no se realizaron entrenamientos de la fuerza, aunque los sujetos participaron en actividades físicas de tipo recreativo (e.g., ciclismo, natación). Esto fue seguido por dos semanas del mismo entrenamiento progresivo. Estas 4 semanas fueron diseñadas para equilibrar los programas de entrenamiento de todos los sujetos antes de que comenzara el período experimental. Luego de este período de 4 semanas, los sujetos entrenaron 4-5 veces por semana durante 10 semanas (en total 45 sesiones).

La elección y el orden de los ejercicios de sobrecarga fueron idénticos para los tres grupos de tratamiento. El entrenamiento incluyó los ejercicios de sobrecarga normalmente utilizados por los levantadores de pesas, tales como los levantamientos Olímpicos (Sn y C&J), diferentes levantamientos de potencia, diferentes variantes del tirón, diferentes variantes de la sentadilla para fortalecer las piernas, diferentes ejercicios de press para fortalecer los brazos y hombros y algunos otros ejercicios de fortalecimiento para ciertos grupos musculares. Los ejercicios principales en las sesiones de levantamiento de pesas fueron el Sn, el arranque de potencia, el C&J, segundo tiempo, segundo tiempo de potencia, tirones de arranque, tirones de envión, Sq, sentadillas por delante, más algunos ejercicios de fortalecimiento para algunos grupos musculares seleccionados.

Durante todo el período de entrenamiento todos los sujetos realizaron el mismo volumen de entrenamiento, con la misma frecuencia, utilizando los mismos tipos de ejercicio y la misma distribución de las repeticiones entre los ejercicios. Esto fue llevado a cabo para controlar la influencia de cualquier variable diferente a la intensidad del entrenamiento. El volumen de entrenamiento fue expresado como el número total de repeticiones realizado con cargas iguales o mayores al 60% de 1RM durante el período experimental. La intensidad relativa promedio fue expresada como el porcentaje de 1RM que representaba los kilogramos absolutos levantados dividido por el número de repeticiones realizado. La única diferencia entre los grupos respecto del programa de entrenamiento fue la distribución de las repeticiones entre zonas de intensidad relativa para los ejercicios de levantamiento olímpico y Sq, y consecuentemente, en la intensidad relativa promedio (Tabla 2).

Dado que se a propuesto que la intensidades ≥ 80% de 1RM son las más efectivas para la obtención de ganancias de fuerza en atletas entrenados en la fuerza (2, 5, 14, 15, 17, 19, 26), pero que un entrenamiento excesivo con más intensidades mayores al 90% de 1RM puede desmejorar (13) e incluso reducir el rendimiento (12), hemos equiparado el volumen en la zona > 80-90% para todos los grupos y en los ejercicios de Sn (124 repeticiones), C&J (80 repeticiones) y Sq (343 repeticiones), sin embargo, el número total de repeticiones programadas con cargas > 90-100% de 1RM fue mayor en el grupo HIG (83, 42 y 61 repeticiones, para los ejercicios Sn, C&J y Sq, respectivamente) que en los grupos MIG (42, 18 y 31 repeticiones, respectivamente) y LIG (20, 9 y 15 repeticiones, respectivamente). De esta manera, para equiparar el volumen total de entrenamiento, el número total de repeticiones programadas con cargas del 60-80% de 1RM fue mayor en el grupo LIG (269, 181 y 400 repeticiones para los ejercicios Sn, C&J y Sq, respectivamente) que en los grupos MIG (245, 173, y 389 repeticiones, respectivamente) y HIG (207, 149, y 360 repeticiones, respectivamente) (Tablas 2 y 3). Esto significa que el número total de repeticiones programadas con cargas iguales o mayores al 60% de 1RM fue la misma entre los grupos, pero la intensidad relativa promedio de entrenamiento fue mayor en el grupo HIG que en los grupos MIG y LIG (ver Tabla 3). Además, el número de repeticiones realmente realizado por cada grupo en todas las intensidades fue diferente entre los grupos ($p<0.01$ a 0.001) (ver Tabla 3).

El entrenamiento fue periodizado para ir desde una intensidad moderada (60-800% de 1RM) con un número moderado de repeticiones por series (2-6) hasta alcanzar una alta intensidad (90-100%) con un bajo número de repeticiones por series (1-3). Durante las 2 últimas semanas, el volumen fue reducido hasta el 60 y 40% del volumen semanal máximo, en un esfuerzo por provocar un efecto rebote en todos los grupos. La distribución del volumen semanal y la intensidad promedio a lo largo de las 10 semanas se muestra en la Figura 1. La Tabla 2 presenta una descripción detallada de los principales ejercicios de entrenamiento y el número promedio de levantamientos realizados por cada grupo en las diferentes zonas de intensidad relativa durante el período experimental. Para los ejercicios de Sn y tirones de arranque, todos los porcentajes de entrenamiento fueron calculados a partir del valor de 1RM en el ejercicio Sn, para los ejercicios C&J y los tirones de envión los porcentajes fueron calculados a partir del valor de 1RM en los ejercicios de C&J y de Sq.

Cada sesión de entrenamiento fue supervisada por un entrenador certificado por la Federación Española de Levantamiento de Pesas con varios años de experiencia profesional en la halterofilia. Cada entrenador llevó un diario de entrenamiento en el cual se cubrió todo el período experimental de manera que el mismo pudiera ser analizado en destalle y pudieran determinarse con precisión el volumen y la intensidad (carga) de cada sesión de entrenamiento (20). En el presente estudio, el cumplimiento fue del 100% de las sesiones programadas. Cuando la intensidad relativa propuesta se encontraba dentro del 95% al 100% de 1RM, los levantadores intentaron levantar el peso máximo o casi máximo que les fuera posible.

Análisis Estadísticos

En el presente estudio se calculó la estadística descriptiva (media±DE) para las diferentes variables. Las diferencias inter grupales entre las medias de rendimiento fueron tratadas con el uso del análisis de varianza de dos vías. Para comparar las diferencias intragrupales entre las medias de rendimientos se utilizó la prueba t para datos apareados. Se aplicó el coeficiente de correlación lineal producto-momento para determinar la relación entre el número real de repeticiones realizadas y el rendimiento de fuerza. Se calculó el tamaño del efecto (S) entre los valores pre- y post-entrenamiento utilizando el coeficiente g de Hedge (22) representado por la ecuación:

$$g = \frac{M_{post} - M_{pre}}{DE_{agrupada}}$$

Donde M_{post} es la media post-entrenamiento y M_{pre} es la media pre-entrenamiento para cada grupo, y $DE_{agrupada}$ es la desviación estándar agrupada de las medias pre- y post-entrenamiento. El nivel alfa fue establecido a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Comparación entre el Entrenamiento Programado y el Entrenamiento Cumplido

La Tabla 3 muestra el número de repeticiones programado y el realizado en las zonas de intensidad seleccionadas así como también la intensidad promedio de entrenamiento para los ejercicios Sn, C&J y Sq en los 3 grupos. La disparidad entre las repeticiones programadas y los levantamientos completados se debió a la incapacidad de los sujetos para completar las repeticiones programadas a intensidades relativas mayores al 90% de 1RM. Los levantamientos de entrenamiento programados para ser realizados a intensidades relativas ≤ 900% de 1RM fueron completados por todos los sujetos. Sin embargo, los levantamientos completados a intensidades relativas > 90% de 1RM en los ejercicios Sn (79, 79 y 75%), C&J (88, 87 y 79%) y Sq (93, 92 y 92%) fueron 7-25% menores que los levantamientos previamente programados en los grupos LIG, MIG y HIG, respectivamente.

Grupo de Entrenamiento con Baja Intensidad											
Ejercicio	Repeticiones	Series	AI* (%)	% de las repeticiones totales	Repeticiones y (%) de las repeticiones totales por ejercicio en las diferentes zonas de intensidades relativas						
					60–70	71–80	81–90	91–95	96–100	101–105	106–110
Arranque †	706	358	75.5	28.5	253 (35.8)	309 (43.8)	124 (17.6)	12 (1.7)	8 (1.1)		
Envión †	605	343	75.8	24.4	211 (34.9)	277 (45.8)	108 (17.9)	7 (1.2)	2 (0.3)		
Tirones ‡	269	111	98.5	10.9	3 (1.1)		51 (19)	35 (13.0)	94 (34.9)	80 (29.7)	6 (2.2)
Sentadilla §	896	330	78.4	36.2	298 (33.3)	193 (21.5)	388 (43.3)	10 (1.1)	7 (0.8)		
Total	2,476	1,142	79.1		762 (30.8)	782 (31.6)	671 (27.1)	64 (2.6)	111 (4.5)	80 (3.2)	6 (0.2)
Grupo de Entrenamiento con Moderada Intensidad											
Arranque †	703	373	76.2	28.4	247 (35.1)	291 (41.4)	123 (17.5)	25 (3.6)	17 (2.4)		
Envión †	606	349	76.1	24.4	210 (34.7)	270 (44.6)	108 (17.8)	11 (1.8)	7 (1.2)		
Tirones ‡	269	111	98.5	10.9		3 (1.1)	51 (19.0)	35 (13.0)	94 (34.9)	80 (29.7)	6 (2.2)
Sentadilla §	901	345	78.6	36.3	298 (33.1)	182 (20.2)	388 (43.1)	22 (2.4)	11 (1.2)		
Total	2,479	1,178	79.5		755 (30.5)	746 (30.1)	670 (27.0)	93 (3.8)	129 (5.2)	80 (3.2)	6 (0.2)
Grupo de Entrenamiento con Alta Intensidad											
Arranque †	707	412	77.6	28.5	227 (32.1)	273 (38.6)	124 (17.5)	50 (7.1)	33 (4.7)		
Envión †	602	364	76.7	24.3	207 (34.4)	249 (41.4)	108 (17.9)	23 (3.8)	15 (2.5)		
Tirones ‡	269	111	98.5	10.9		3 (1.1)	51 (19.0)	35 (13.0)	94 (34.9)	80 (29.7)	6 (2.2)
Sentadilla §	900	370	79.3	36.3	281 (31.2)	170 (18.9)	386 (42.9)	45 (5.0)	18 (2.0)		
Total	2,478	1,257	80.3		715 (28.9)	695 (28.0)	669 (27.0)	153 (6.2)	160 (6.5)	80 (3.2)	6 (0.2)

Tabla 2. *Programa de entrenamiento para cada grupo. *AI = intensidad promedio, † el arranque incluye los ejercicios de arranque propiamente dicho y de arranque de potencia; el envión incluye los ejercicios de segundo tiempo, segundo tiempo de potencia y cargadas de potencia. ‡ Los tirones incluyen los ejercicios de tirones de arranque y tirones de envión. § La sentadilla incluye los ejercicios de sentadilla por delante y sentadilla por detrás.*

Ejercicio	Repeticiones e Intensidad Media	Grupo Baja Intensidad		Grupo Moderada Intensidad		Grupo Alta Intensidad
		Programado	Realizado	Programado	Realizado	Realizado
Arranque	Repeticiones Totales	413	413	410	410	414	414
	60–80	269	269	245	245	207	207
	85–90	124	124	123	123	124	124
	91–95	12	11.3 ± 1.4	25	22.3 ± 3.0	50	44.9 ± 4.9
	96–100	8	4.5 ± 2.9	17	10.7 ± 2.9	33	17.4 ± 6.9
	Int. Promedio	77.7	77.5 ± 0.2	78.8	78.4 ± 0.3	81.2	80.3 ± 0.4
Envión	Repeticiones Totales	270	270	271	271	267	267
	60–80	181	181	173	173	149	149
	85–90	80	80	80	80	80	80
	91–95	7	6.2 ± 1.2	11	10.6 ± 1.3	23	21.6 ± 1.3
	96–100	2	1.7 ± 1.0	7	5.1 ± 1.8	15	8.4 ± 3.4
	Int. Promedio	77.8	77.7 ± 0.1	78.4	78.2 ± 0.2	79.8	79.2 ± 0.3
Sentadilla por Detrás	Repeticiones Totales	758	758	763	763	762	762
	60–80	400	400	389	389	360	360
	85–90	343	343	343	343	341	341
	91–95	9	8.7 ± 0.5	21	20.4 ± 1.2	44	42.6 ± 4.1
	96–100	6	5.3 ± 0.9	10	8.1 ± 1.9	17	13.8 ± 4.0
	Int. Promedio	78.7	78.7 ± 0.03	79	78.9 ± 0.1	79.8	79.7 ± 0.1

Tabla 3. *Repeticiones programadas y completadas en las zonas de intensidad seleccionadas para los ejercicios del levantamiento olímpico y la sentadilla por detrás. Todos los sujetos realizaron las repeticiones programadas al 60-90%.*

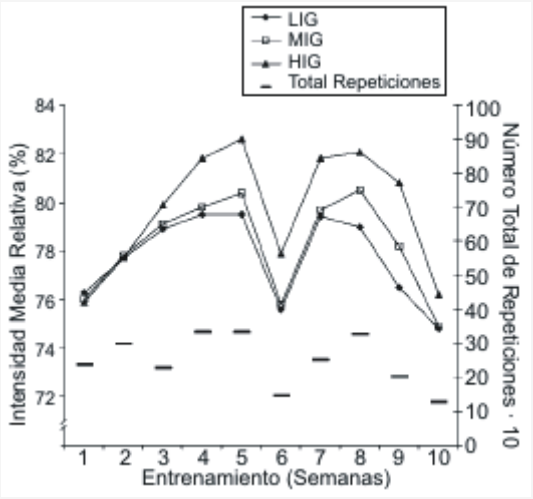

Figura 1. *Número total de levantamientos y media de la intensidad relativa promedio para los ejercicios del levantamiento olímpico y la sentadilla por detrás durante el período de entrenamiento de 10 semanas. LIG = Grupo de Entrenamiento con Baja Intensidad; MIG = Grupo de Entrenamiento con Intensidad Moderada; HIG = Grupo de entrenamiento con Alta Intensidad.*

Ninguno de los sujetos perteneciente al grupo HIG pudo completar en su totalidad el número de levantamientos programados a intensidades relativas > 90% de 1RM en los ejercicios de Sn y S&J, mientras que en el ejercicio Sq, solo el 500% de los sujetos (4 sujetos) pudo completar el número de repeticiones programado. Se observaron diferencias significativas entre los grupos ($p<0.001$) respecto de la intensidad relativa de entrenamiento y del número promedio de repeticiones realizado con intensidades > 90% de 1RM en los ejercicios Sn, C&J y Sq. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el número total de levantamientos realizados a lo largo de la duración del estudio (Tabla 3).

Resultados de las Sentadilla y de los Levantamientos Olímpicos

Al comienzo del programa de entrenamiento, no se observaron diferencias significativas entre los grupos respecto de los valores pre entrenamiento de la edad, talla, masa corporal, años de entrenamiento y resultados en los ejercicios Sn, C&J y Sq. Durante las 10 semanas de entrenamiento se produjeron incrementos significativos en el rendimiento en los ejercicios C&J y Sq en el grupo LIG (3.0%, $p<0.05$, y 5.3%, $p<0.01$, respectivamente) y en el grupo MIG (10.5 y 9.5%, $p<0.05$ respectivamente), mientras que en el grupo HIG el incremento tuvo lugar solo en el ejercicio Sq (6.9%, $p<0.05$) (Figura 2). El tamaño del efecto entre los valores pre- y post-entrenamiento para el grupo MIG fue superior que en los otros dos grupos en todos los ejercicios, por lo cual el tamaño del efecto total medio para los levantamientos olímpicos y para la Sq fue 1.96 veces mayor en el grupo MIG (0.61) que en el grupo LIG (0.31) y 2.54 veces mayor que en el grupo HIG (0.24). Tamaños del efecto similares se observaron pre- y post-entrenamiento entre los grupos LIG (0.31) y HIG (0.24).

Eficiencia del Entrenamiento

Durante el período experimental la eficiencia promedio del entrenamiento en el grupo LIG (0.23%/levantamiento, 0.37%/levantamiento, y 0.39%/levantamiento en los ejercicios Sn, C&J y sentadillas, respectivamente) y en el grupo MIG (0.15%/levantamiento, 0.78%/levantamiento, y 0.36%/levantamiento en los ejercicios Sn, C&J y sentadillas, respectivamente) fue entre un 305% y un 804% mayor ($p<0.05$) que en el grupo HIG (0.045%/levantamiento, 0.01%/levantamiento, y 0.12%/levantamiento en los ejercicios Sn, C&J y sentadillas, respectivamente). No se observaron diferencias en la eficiencia del entrenamiento entre los grupos LIG y MIG.

Relación entre la Intensidad del Entrenamiento y los Resultados en los Ejercicios Sn, C&J y Sq

Durante el período de entrenamiento de 10 semanas, se observaron correlaciones lineares significativas ($r = 0.52$; $p<0.015$) en los grupos LIG y MIG como un todo, entre el número total individual de levantamientos realizados a una intensidad relativa del 100% en el ejercicio Sn y los cambios individuales en los resultados del rendimiento en Sn (Figura 3A). También se observó una correlación linear significativa ($r = 0.47$; $p = 0.03$) en los grupos LIG y MIG entre el número total de levantamientos realizados a una intensidad relativa del 100% en el ejercicio Sq y los cambios individuales en los resultados del rendimiento en Sq (Figura 3B).

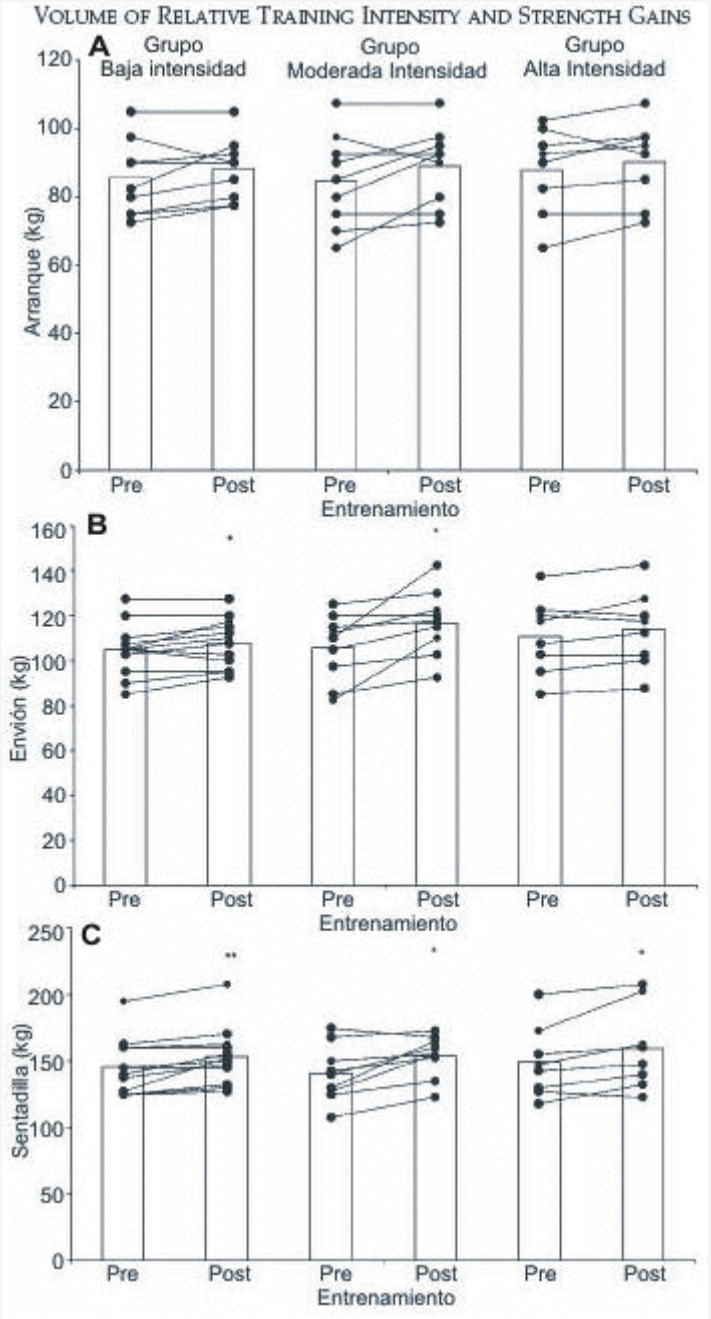

Figura 2. *Fuerza en repetición máxima expresada en kilogramos durante los ejercicios de arranque (a), envión (b) y sentadilla (c) para los grupos de entrenamiento con baja, moderada y alta intensidad al inicio del entrenamiento y al finalizar las 10 semanas de entrenamiento para cada sujeto. * Significativamente diferente (p<0.05) del correspondiente valor pre entrenamiento; **significativamente diferente (p<0.01) del valore preentrenamiento correspondiente. Los valores son medias ± DE. Las barras representan los valores medios.*

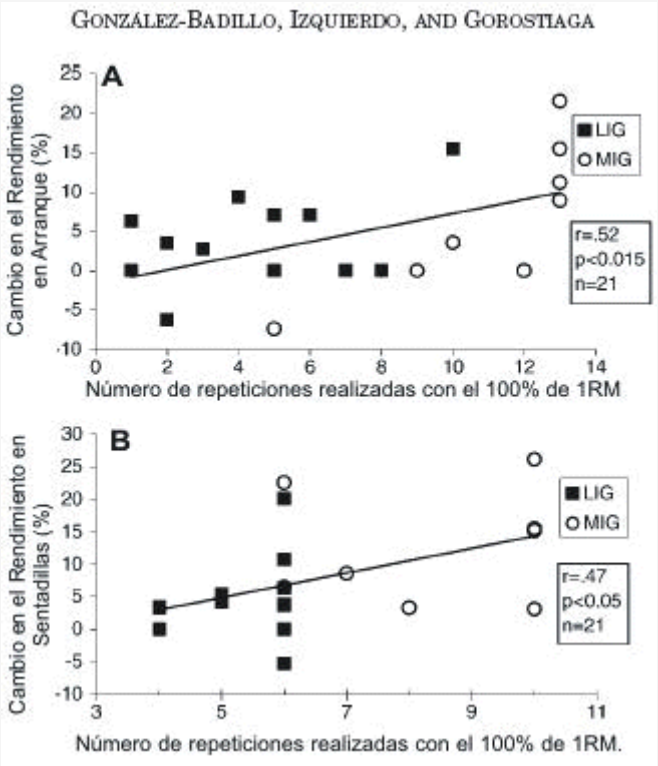

Figura 3. *Correlaciones entre los cambios relativos individuales en los ejercicios de arranque (a) y sentadilla (b) y el número individual total de repeticiones realizadas con una intensidad relativa del 100% en los respectivos ejercicios. LIG = Grupo de Entrenamiento con Baja Intensidad; MIG = Grupo de Entrenamiento con Intensidad Moderada, 1RM = 1 repetición máxima.*

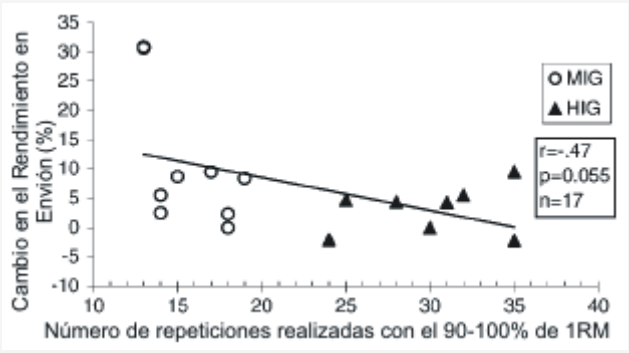

Figura 4. *Correlaciones entre los cambios individuales en el rendimiento en envión y el número total de repeticiones realizado con una intensidad relativa >90-100% de 1RM en el ejercicio de envión. MIG = Grupo de Entrenamiento con Intensidad Moderada, HIG = Grupo de entrenamiento con Alta Intensidad, 1RM =1 repetición máxima.*

La correlación linear negativa observada en los grupos MIG y HIG entre el número total individual de levantamientos realizados con una intensidad relativa >90-100% de 1RM en el ejercicio C&J y los cambios en el rendimiento en el ejercicio C&J se aproximó a la significancia estadística (r= - 0.47; p=0.055) (Figura 4).

DISCUSION

El principal hallazgo de este estudio fue que, en levantadores de pesas jóvenes y entrenados, el entrenamiento de la fuerza

a corto plazo utilizando un volumen moderado y una intensidad relativa alta tendió a producir mayores mejoras en el rendimiento del levantamiento de pesas que el entrenamiento con volúmenes alto o bajo y de alta intensidad relativa y con igual volumen total. Además, se observaron correlaciones significativas entre los cambios en el número total de levantamientos realizados con una alta intensidad relativa y los cambios en los resultados obtenidos durante la ejecución de los ejercicios del levantamiento de pesas. Por lo tanto, los presentes datos sugieren que en levantadores de pesas júnior previamente entrenados, el incremento en la intensidad del entrenamiento no siempre provee un mejor estímulo para incrementar las adaptaciones en períodos cortos de entrenamiento y en comparación con intensidades de entrenamiento bajas a moderadas. Se sabe bien que la sobrecarga progresiva es necesaria para incrementar la fuerza muscular y para que se produzcan las adaptaciones deseadas, y que es necesario aplicar un estímulo que exceda a un estímulo previo durante el entrenamiento de sobrecarga (4, 27). Sin embargo, también puede ser concebible que cuando se ha alcanzado un cierto umbral en la intensidad del entrenamiento de la fuerza con sujetos experimentados en el entrenamiento de sobrecarga, las adaptaciones fisiológicas apropiadas puedan llegar a optimizarse pero la utilización de mayores intensidades de entrenamiento no provea beneficios adicionales (8, 12, 13, 24). Conceptualmente, esto podría sugerir que un óptimo volumen de entrenamiento con una determinada intensidad reflejaría la cantidad óptima de entrenamiento con una determinada intensidad que provoque mejoras en el rendimiento y que el rendimiento también podría verse comprometido si se sobrepasa cierto umbral de volumen con esta intensidad de entrenamiento. Los resultados del presente estudio tienden a respaldar este concepto ya que el grupo MIG experimentó un mayor incremento en el rendimiento que los grupos LIG y HIG. Esto sucedió a pesar de que el entrenamiento en el rango crucial del 81-90% de 1RM fue el mismo para todos los grupos experimentales. Esto indica que, en esta población de levantadores de pesas jóvenes, los mecanismos fisiológicos no se adaptan a la intensidad del estímulo en una forma linear de dosis – respuesta, lo cual se observa a partir de los resultados más bajos obtenidos por los grupos LIG y HIG en comparación con el grupo MIG. En base a los datos del presente estudio, se puede sugerir que parece existir una relación en forma de U entre la intensidad del entrenamiento de la fuerza y el incremento en el rendimiento en los ejercicios de halterofilia, cuando la intensidad es muy alta y los sujetos experimentados en el entrenamiento de sobrecarga se aproximan a sus límites genéticos. Por lo tanto, en el contexto de un ciclo entrenamiento de sobrecarga de 10 semanas de duración, los levantadores de pesas experimentados pueden optimizar su rendimiento entrenando solo con un 50% o menos del número máximo de levantamientos que pueden tolerar con altas intensidades (> 90% de 1RM).

Pocos estudios han intentado aislar los efectos del incremento en la intensidad del entrenamiento haciendo que sus sujetos, levantadores de pesas experimentados, realicen más repeticiones con cargas mayores al 90% de 1RM con (9, 12, 13). Estos estudios han mostrado que el incremento en la intensidad del entrenamiento durante períodos de 2-3 semanas provoca incrementos (9), reducciones (12) o no provocan cambios (13) en la fuerza. Las discrepancias entre los resultados de estos estudios puede resultar en parte de las diferencias respecto de la duración del período experimental, de los dispositivos utilizados (pesos libres o máquinas), en la intensidad relativa de entrenamiento, en la frecuencia y volumen total del entrenamiento y en la aptitud física previa de o en la especialidad deportiva de los sujetos (1). De esta manera, no es posible comparar programas de entrenamiento en donde se utilicen máquinas (9, 12) con programas de entrenamiento en donde se utilicen pesos libres (13) ya que con el uso de máquinas está asociado a un menor gasto energético y a menores requerimientos endocrinos en comparación con la utilización de pesos libres (9, 13). No obstante, si tomamos estos resultados como un todo, la tendencia general es que cuando la intensidad del entrenamiento se incrementa hasta alcanzar cargas mayores al 90% de 1RM en sujetos entrenados en la fuerza, debe haber un umbral de máxima intensidad de entrenamiento por sobre el cual los incrementos adicionales en la intensidad dejan de ser ventajosos, e incluso si este umbral es sobrepasado se pude provocar la reducción en el rendimiento. Para nuestro conocimiento, solo un estudio ha investigado los efectos del incremento en la intensidad relativa del entrenamiento de sobrecarga sobre el desarrollo de la fuerza en levantadores de pesas competitivos de elite. Häkkinen et al (17) utilizando un diseño experimental de tiempo – series en donde cada sujeto sirvió como su propio control, halló un incremento en el rendimiento en los ejercicios del levantamiento de pesas durante un período de entrenamiento de 4 semanas, cuando se incrementó el número de levantamientos realizados en los rangos de intensidades del 80-90% y del 90-100% de 1RM y la intensidad promedio del entrenamiento se incrementó del 79 al 80% de 1RM. Esto concuerda con los resultados del presente estudio en el cual se utilizó un diseño multigrupal y donde se observó que el grupo que entrenó a una intensidad media relativa del 78-79% de 1RM (el grupo MIG) mejoró su rendimiento en los ejercicios del levantamiento de pesas en mayor medida que los grupos que entrenaron con una intensidad media relativa menor (LIG, 77-78% de 1RM) (Tabla 3). Además, los resultados del presente estudio mostraron que cuando la intensidad promedio del entrenamiento se incrementó hasta alcanzar el 80-81% de 1RM (el grupo HIG) (Tabla 3), la mejora en el rendimiento en los ejercicios del levantamiento de pesas fue menor que cuando se utilizó una intensidad promedio ligeramente menor. Esto indica que en los levantadores de pesas competitivos júnior, hay un limite superior de intensidad por encima del cual el incremento en el número de levantamientos realizados a una intensidad >90-100% de 1RM puede tener un efecto negativo sobre la fuerza y sobre el rendimiento.

Cierta información pudo obtenerse respecto de las interrelaciones entre las variaciones en la intensidad del entrenamiento y los incrementos en los resultados del levantamiento de pesas. Se observaron correlaciones lineares significativas en los grupos LIG y MIG entre el número total individual de levantamientos realizados a una intensidad relativa del 100% de 1RM en los ejercicios Sn y Sq, y los cambios individuales en los resultados de los ejercicios Sn y Sq, respectivamente. Esto

indica que los levantadores de pesas júnior, experimentados en el entrenamiento de sobrecarga, que completaron un mayor número de levantamientos a una intensidad relativa del 100% de 1RM en los ejercicios Sn y Sq durante el período de entrenamiento de 10 semanas fueron capaces de obtener mayores incrementos en el rendimiento en estos ejercicios y en comparación con aquellos que completaron menos levantamientos, cuando el número total de levantamientos completados con cargas del 100% de 1RM consistieron de 1 y 13 ($r = 0.52$; $p<00.015$) y entre 4 y 10 ($r = 0.47$; $p< 0.05$) para los ejercicios Sn y Sq, respectivamente (Figura 3). Además, se observó una correlación linear negativa ($p<0.055$) en los grupos MIG y HIG entre el número total individual de levantamientos realizados a una intensidad relativa >90-100% de 1RM en el ejercicio C&J y los cambios en los resultados del ejercicio C&J (Tabla 4). Esto indica que durante el período de entrenamiento de 10 semanas, los levantadores de pesas júnior que realizaron mas levantamientos de C&J con cargas mayores al 90% de 1RM obtuvieron menores ganancias de fuerza en el ejercicio C&J. estas observaciones pueden tener una importante relevancia práctica para el diseño de programas óptimos para el entrenamiento de la fuerza para levantadores de pesas jóvenes y experimentados. Sin embargo, estas relaciones entre el número de levantamientos y el rendimiento en los ejercicios del levantamiento de pesas son al menos parcialmente dependientes de las características específicas del programa de entrenamiento a corto plazo y de las características de los sujetos evaluados.

En el presente estudio, la magnitud del incremento en la fuerza fue similar en los grupos LIG y HIG, a pesar del hecho de que el número promedio de levantamientos completados con una intensidad >90-100% de 1RM en el grupo LIG (38 repeticiones) fue un 25% menor del número completado por el grupo HIG (149 repeticiones) (Tabla 3), y de que la eficiencia del entrenamiento fue casi 6 veces mayor en el grupo LIG que en el grupo HIG. Esto sugiere que el entrenamiento con altos niveles de demanda y de fatiga no parece ser un estimulo crítico para obtener ganancias de fuerza (6), y que el entrenamiento de sobrecarga de alta intensidad puede ser efectivo sin completar un gran número de levantamientos de alta intensidad. Otra importante consideración es que ninguno de los sujetos del grupo HIG pudo completar el número total de levantamientos programados a intensidad relativas mayores al 90% de 1RM. Esta observación indica que el programa de entrenamiento completado por los sujetos del grupo HIG se encuentra probablemente próximo al límite de tolerancia y que el entrenamiento llevado a cabo con una intensidad próxima a la máxima capacidad de los individuos no deriva en mayores incrementos en el rendimiento del levantamiento de pesas. Las ganancias en el rendimiento observadas en el grupo MIG fueron mayores que las observadas en el grupo LIG, mientras que la eficiencia del entrenamiento fue similar en ambos grupos. Esto significa que el protocolo de entrenamiento realizado por el grupo MIG fue más efectivo que el protocolo de entrenamiento realizado por el grupo LIG en lo que se refiere a la mejora del rendimiento a corto plazo (10 semanas). En el presente estudio, se debería también considerar que durante las últimas dos semanas de entrenamiento el volumen fue reducido hasta el 60 y 40% del volumen semanal máximo, para provocar un efecto de rebote en todos los grupos y para evitar hasta cierto punto que el volumen de entrenamiento provocara el sobreentrenamiento a corto plazo, de manera que el mayor volumen de entrenamiento provocaría un incremento en el rendimiento cuando se retornara al entrenamiento normal en el siguiente ciclo (9, 12). Aun queda por dilucidar si este incremento en las ganancias de fuerza observado en el grupo MIG respecto de los grupos LIG y HIG puede mantenerse durante períodos de entrenamiento de mayor duración o cuando se retorna al entrenamiento normal en el siguiente ciclo.

Debido a que en el presente estudio no se realizaron mediciones de las respuestas bioquímicas, fisiológicas o psicológicas al entrenamiento, está mas allá de los alcances de este estudio determinar los mecanismos fisiológicos responsables de las diferentes adaptaciones que tienen lugar cuando se altera la intensidad del entrenamiento. Häkkinen et al (17, 21) han hallado que las mejoras en el rendimiento observadas con levantadores de pesas de elite luego de incrementar la intensidad promedio del entrenamiento hasta el 80-100% de 1RM se relacionan principalmente con incrementos significativos en la activación neural de los músculos entrenados y en un equilibrio o en un incremento de la actividad anabólica androgénica (e.g., incremento de las concentraciones séricas de reposo de testosterona y cierta reducción en la concentración de cortisol de reposo), mientras que la magnitud del crecimiento muscular es ligera o mínima. Por lo tanto, los mayores incrementos en el rendimiento en los ejercicios del levantamiento de pesas observados en el grupo MIG y en comparación con el grupo LIG pueden ser explicados, al menos en parte, por el incremento en la activación neural y por el ambiente de hormonas anabólicas. Los mecanismos subyacentes responsables de la atenuación del rendimiento observado con el incremento en la intensidad relativa (programa de entrenamiento del grupo HIG) son desconocidos pero podrían relacionarse con un complejo estado de sobreentrenamiento a corto plazo (*overreaching*) o de sobreentrenamiento propiamente dicho (11). Algunos investigadores han sugerido que durante entrenamiento de la fuerza de alta intensidad y a corto plazo el sobreentrenamiento a corto plazo (*overreaching*) o el sobreentrenamiento propiamente dicho esta relacionado con alteraciones periféricas (12), con alteraciones en las funciones del sistema simpático y con alteraciones en los receptores adrenérgicos de los músculos esqueléticos que regulan los perfiles endócrinos de reposo (10, 13, 25) y con el deterioro de la técnica deportiva (30). Sin embargo, si dicha respuesta diferencial en el rendimiento del levantamiento de pesas es mediada por estos mecanismos es algo que se encuentra más allá de los alcances de la presente investigación.

Estos hallazgos deberían ser interpretados en el contexto del estudio y de la población examinada (levantadores de pesas jóvenes y experimentados). Si la alteración de las diversas variables del entrenamiento (e.g., incremento del número de sesiones de entrenamiento por semana o la distribución del entrenamiento de la fuerza de alta intensidad en varias

sesiones diarias (16) utilizando programas de entrenamiento de sobrecarga a largo plazo o la reanudación en el siguiente ciclo), o la mejora en los métodos de recuperación (o ambos) provocan adaptaciones similares en la población de sujetos utilizada en el presente estudio es algo que garantiza la realización de investigaciones adicionales en este campo. Además, es posible que los levantadores de pesas con mayor experiencia o menos entrenamiento puedan tener un patrón diferente de respuesta a los cambios en la intensidad del entrenamiento (17). Incluso, es posible que aquellos levantadores de pesas de elite, dotados genéticamente, puedan tolerar intensidades de entrenamiento relativamente mayores y obtener incrementos adicionales en el rendimiento (12). Se requieren de estudios adicionales para optimizar el desarrollo de la fuerza máxima tanto en levantadores de pesas experimentados como en levantadores de pesas de elite.

En resumen, aunque la cuestión acerca de la cantidad de entrenamiento de sobrecarga de intensidad relativa alta que es excesiva sigue siendo una cuestión más que nada especulativa, los resultados del presente estudio sugieren que si los levantadores de pesas experimentados tratan de realizar el número máximo de repeticiones que pueden tolerar no alcanzarán su mejor rendimiento deportivo. Los presentes resultados también indican que durante el período experimental en que se llevó a cabo el entrenamiento de la fuerza en el presente estudio, los levantadores de pesas júnior y experimentados respondieron con una mayor mejora en el rendimiento cuando entrenaron con una volumen moderado de levantamientos de alta intensidad que cuando lo hicieron con un volumen bajo o alto de levantamientos de alta intensidad. Por último estos hallazgos deberían ser interpretados en el contexto del estudio y de la población examinada, es decir levantadores de pesas jóvenes y experimentados.

Aplicaciones Prácticas

A partir de los resultados de la presente investigación pueden derivarse tres implicaciones críticas para optimizar el entrenamiento y evitar tanto el sobreentrenamiento a corto plazo como el sobreentrenamiento propiamente dicho. Primero, este estudio muestra que en levantadores de pesas júnior y experimentados se puede mejorar el rendimiento mediante el incremento en la intensidad relativa del entrenamiento, pero solo hasta cierto punto, el cual se encuentra próximo a una intensidad relativa del 79% de 1RM. Una vez alcanzada esta intensidad relativa óptima el incremento en la intensidad del entrenamiento no necesariamente derivará en mayores incrementos en el rendimiento e incluso puede provocar la disminución del rendimiento. Segundo, para la presente población de levantadores de pesas, puede ser beneficiosa la utilización del protocolo de entrenamiento utilizado por el grupo MIG para mejorar el programa de entrenamiento al menos en el corto plazo (10 semanas de entrenamiento). Tercero, el protocolo de entrenamiento utilizado por el grupo HIG se encuentra próximo a la capacidad máxima de un individuo para tolerar entrenamientos intensos pero es menos efectivo y menos eficiente que el entrenamiento llevado a cabo con una intensidad relativa menor, al menos para esta población de levantadores de pesas júnior y experimentados.

Agradecimientos

Los autores poseen relaciones profesionales con compañías o fabricantes que puedan beneficiarse de los resultados de este estudio. Los resultados del presente estudio no constituyen un aval del producto por parte de los autores de la National Strength and Conditioning Association.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Juan José González-Badillo, PhD, jjgbadi@arrakis.es.

REFERENCIAS

1. Alen, M., A. Pakarinen, And K. Hakkinen (1993). Effects of prolongad training on serum thyrotropin and thyroid hormones in elite strength athletes. *J. Sports Sci. 11:493–497*
2. American College Of Sport Medicine (2002). Position stand: Progresión models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sport Exerc. 34(2):364–380*
3. Campos, G.E.R., T.J. Luecke, H.K. Wendeln, K.T. Frederik, C. Hagerman, T.F. Murray, K.F. Ragg, N.A. Ratamess, W.J., Kraemer, And R.S. Staron (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimes: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur. J. Appl. Physiol. 88: 50–60*
4. Carpinelli, R.N., And R.M. Otto (1998). Strength training: Single versus multiple sets. *Sports Med. 26(2):73–84*
5. Chestnaut, J.L., And D. Docherty (1999). The effects of 4 and 10 repetition maximum weight-training protocols on neuromuscular adaptations in untrained men. *J. Strength Cond. Res. 14: 353–359*
6. Folland, J.P., C.S. Irish, J.C. Roberts, J.E. Tarr, And D.A. Jones (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br. J. Sports Med. 36(5):370–374*

7. Fry, A.C (1998). he role of training intensity in resistance exercise overtraining and overreaching. In: Overtraining in Sport. *T. R.B. Kreider, A.C. Fry, and M.L. O□Toole, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 107□127*
8. Fry, A.C., And W.J. Kraemer (1997). Resistance exercise overtraining and overreaching. Neuroendocrine responses. *Sports Med. 23(2):106□129*
9. Fry, A.C., W.J. Kraemer, J.M. Lynch, N.T. Triplett, And L.P. Koziris (1994). Does short-term near-maximal intensity machina resistance training induce overtraining?. *J. Strength Cond. Res. 8(3):188□191*
10. Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, L.P. Koziris, J.T. Thrush, And S.J. Fleck (2000). Relationships between serum testosterone, cortisol, and weightlifting performance. *J. Strength Cond. Res. 14(3):338□343*
11. Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, L.P. Koziris, J.T. Thrush, And S.J. Fleck (2000). Relationships between serum testosterone, cortisol, and weightlifting performance. *J. Strength Cond. Res. 14(3):338□343*
12. Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, B.J. Warren, J.T. Kearney, C.M. Maresh, C.A. Weseman, and S.J. Fleck (1993). Endocrine and performance responses to high volume training and amino acid supplementation in elite junior weightlifters. *Int. J. Sports Nutr. 3:306□322*
13. Fry, A.C., W.J. Kraemer, F. Van Borselen, J.M. Lynch, J.L. Arsit, E.P. Roy, N.T. Triplett, and H.G. Knuttgen (1994). Performance ecrements with high-intensity resistance exercise vertraining. *Med. Sci. Sports Exerc. 26(9):1165□1173*
14. Fry, A.C., J.M. WebberR, L.W. Weiss, M.D. Fry, and Y. LI (2000). Impaired performances with excessive high intensity free eight training. *J. Strength Cond. Res. 14(1):54□61*
15. Hakkinen. K (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during srength and power training: A review. *J. Sports Med. Phys. itness 29(1):9□25*
16. Hakkinen, K., M. Alen, and P.V. Komi (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol. Scand. 125:573□585*
17. Hakkinen, K., and M. Kallinen (1994). Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 34:117□124*
18. Hakkinen, K., H. Kauhanen, and T. Kuoppa (1987). Neural, muscular and hormonal adaptations, changes in muscle strength and weightlifting results with respect to variations in training during one year follow-up period of Finnish elite weightlifters. *World Weightlifting (IWF). 87(3):2□10*
19. Hakkinen, K., H. Kauhanen, A.J. Pakarinen, and P.V. Komi (1988). Neuromuscular adaptations and serum hormones during one year training of elite junior weightlifters. *Int. Series Biomech. Biomech. XI-B. 889□894*
20. Hakkinen, K., and P.V. Komi (1985). Changes in electrical and mechanical behaviour of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scand. J. Sports Sci. 7:55□64*
21. Hakkinen, K., P.V. Komi, M. Alen, and H. Kauhanen (1987). EMG, Muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *Eur. J. Appl. Physiol. 56:419□427*
22. Hakkinen, K., A. Pakarinen, M. Alen, H. Kauhanen, and P.V. Komi (1988). Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *J. Appl. Physiol. 65(6): 2406□2412*
23. Hedges, L.V., and I. Olkin (1985). Statistical Methods for Meta-Analysis. *Orlando, FL: Academic Press*
24. Kramer, W.J., and N.A. Ratamess (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc. 36(4):674□688*
25. Mcardle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch (1991). Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance. *Philadelphia: Lea & Febiger*
26. Mcmillan, J.L., M.H. Stone, J. Sartin, R.Keith, D.Marple, C. Brown, and R.D. Lewis (1993). 20-hour physiological responses to a single weight-training session. *J. Strength Cond. Res. 7(1):9□21*
27. Moss, B.M., P.E. Refsnes, A. Abildgaard, K. Nicolaysen, and J. Jensen (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol. 75(3):193□199*
28. Rhea, M.R., B.A. Alvar, L.N. Burkett, and S.D. Ball (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med. Sci. Sport Exerc. 35:456□464*
29. Schmidbleicher, D., and M. Buerle (1987). Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. *In: Biomechanics. X.-B. Jonsson, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 615□621*
30. Sinclair, R (1985). Normalizing the performance of athletes in Olympic weightlifting. *Can. J. Appl. Sport. Sci. 2:94□89*
31. Stone, M.H., A.C. Fry, J. Thrush, S.J. Fleck, W.J. Kraemer, J.T. Kearney, and J. Marsit (1993). Overtraining in weightlifting. In: Proceedings of the Weightlifting Symposium. *A. Lukacsfalvi and F. Takacs, eds. Budapest: International Weightlifting Federation, pp. 133□141*
32. Tan, B (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: A review. *J Strength Cond. Res. 13(3):289□304*

Cita Original

Gonzalez-Badillo, J.J., M. Izquierdo, and E.M. Gorostiaga. Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. J. Strength Cond. Res.; 20 (1), 73□81, 2006