

Research

# Adaptaciones Neuromusculares Durante Períodos de Entrenamiento de Corta Duración "Normales" y Reducidos, en Atletas De Fuerza

Paavo V Komi<sup>1</sup>, Keijo Häkkinen<sup>1</sup>, Heikki Kauhanen<sup>2</sup> y M Kallinen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Neuromuscular y Departamento de Biología de la Actividad Física Universidad de Jyväskylä, Finlandia.

<sup>2</sup>LIKES Research Center, Jyväskylä, Finlandia.

## RESUMEN

En el presente estudio se investigaron las adaptaciones neuromusculares durante un período de entrenamiento "normal" de sobrecarga de 2 semanas, seguido por un período de entrenamiento reducido de 1 semana, en 10 deportistas de fuerza. No se observaron cambios sistemáticos en la máxima activación neurológica voluntaria (EMG integrada promedio) de los músculos extensores de la rodilla, en el área de sección cruzada (CSA) del músculo Cuadriceps (CF), o en las características de producción de fuerza isométrica máxima de los extensores de la rodilla, en toda la muestra de sujetos durante el período total de entrenamiento de sobrecarga de 3 semanas. Sin embargo, se observaron incrementos significativos, tanto en la actividad neurológica máxima ( $p < 0.05$ ) como en la fuerza máxima (de  $4547 \pm 613$  a  $4923 \pm 901$  N;  $p < 0.05$ ) de los músculos, al final del período de entrenamiento reducido de una semana en el grupo A, el cual incluía los 5 mejores deportistas del grupo total de sujetos. En el grupo B, formado por 5 deportistas con un nivel inferior, no se observaron cambios sistemáticos durante el período de entrenamiento reducido. Estos resultados sugieren que las adaptaciones neuromusculares en deportistas de fuerza son muy limitadas en magnitud, al menos durante el entrenamiento de sobrecarga de corta duración. El rendimiento de fuerza máxima, en deportistas de fuerza altamente entrenados, podría alcanzar el nivel pico no necesariamente durante el entrenamiento "normal" de sobrecarga sino más probablemente después de algún período de tiempo con un volumen reducido de entrenamiento. Las presentes observaciones apoyan el concepto de la periodización del entrenamiento en deportistas altamente entrenados en la fuerza e indican el importante rol del sistema nervioso para conducir al pico en fuerza máxima

**Palabras Clave:** deportistas de Fuerza, entrenamiento de sobrecarga, sistema nervioso, hipertrofia muscular, periodiz

## INTRODUCCION

Es una observación común que en sujetos previamente desentrenados la fuerza máxima puede aumentar fácilmente, suponiendo que las cargas de entrenamiento utilizadas superen suficientemente las de la actividad diaria normal de un músculo en particular. Estos incrementos en la fuerza durante las semanas iniciales de entrenamiento pueden responder, en gran parte, a la mayor actividad neurológica voluntaria de los músculos entrenados, mientras que la hipertrofia

muscular gradualmente progresiva constituye el desarrollo de la fuerza durante las últimas semanas y/o meses de entrenamiento de sobrecarga (Komi, 1986; Sale, 1986; MacDougall, 1986, Häkkinen, 1989).

En los deportistas de fuerza que ya tienen una base de varios años de entrenamiento sistemático de sobrecarga las adaptaciones musculares tienen una magnitud muy limitada, y sus tiempos pueden ser diferentes de los observados durante el entrenamiento con sujetos previamente desentrenados o menos entrenados (Moritani and DeVries, 1979; Häkkinen et al, 1987a). También es razonable esperar que, en general, el volumen total y la intensidad de entrenamiento de sobrecarga en los deportistas de fuerza tengan ser muy elevados con el fin de producir mayores incrementos en su fuerza (Häkkinen et al, 1987a). Sin embargo, con frecuencia podría observarse un desarrollo de la fuerza entre los deportistas en forma periódica, y especialmente los incrementos a corto plazo en la fuerza podrían no estar necesariamente relacionados con la intensidad total del período precedente de entrenamiento (Stone and O'Bryant, 1984; Häkkinen et al, 1987b). El entrenamiento de los deportistas de fuerza, con frecuencia, puede estar caracterizado por la utilización del principio de la periodización del entrenamiento con el fin de brindar variantes al mismo y reducir la posibilidad de sobreentrenamiento, así como también para llevar el rendimiento a niveles óptimos y/o máximos en un determinado momento (Stone and O'Bryant, 1984). Durante la fase pico de preparación para la competencia, el volumen del entrenamiento podría disminuir considerablemente, mientras que la intensidad puede mantenerse alta o aun incrementarse (Stone and O'Bryant, 1984)

El propósito del presente estudio fue examinar las adaptaciones neuromusculares durante un período "normal" de entrenamiento de sobrecarga de corta duración, y durante un período consecutivo de entrenamiento de corta duración con un volumen considerablemente reducido de entrenamiento, en deportistas de fuerza que tenían una base de varios años de entrenamiento sistemático de sobrecarga.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Los sujetos que se ofrecieron voluntariamente para el estudio fueron 10 atletas finlandeses entrenados en la fuerza (levantadores de potencia y físicoculturistas) con una edad promedio ( $\pm$  DE) de  $29.2 \pm 5.8$  años. Cinco de estos sujetos eran campeones finlandeses o habían obtenido medallas en los campeonatos nacionales de levantamiento de potencia, en sus categorías de peso (60.0-90.0 kg). Los otros 5 sujetos entrenaban regularmente en levantamiento de potencia y/o en físico culturismo, pero no participaron en competencias oficiales. Todos los sujetos tenían una base de entrenamiento sistemático de sobrecarga de 5 a 10 años.

### Diseño Experimental: Período de Entrenamiento de Sobrecarga "Normal" y Reducido

Los deportistas de fuerza participaron en un entrenamiento experimental de sobrecarga supervisado, durante 3 semanas. Las primeras 2 semanas de este entrenamiento fueron clasificadas como entrenamiento intenso "normal" de sobrecarga, llevado a cabo para los mismos grupos musculares cada 2 días. Durante la última semana (tercera) se redujo el volumen total de entrenamiento de sobrecarga. El primer día de entrenamiento de esta semana fue "normal" seguido, luego de un día de descanso, por 2 días de entrenamiento (con un día de descanso entre ambos) y con un volumen considerablemente reducido (en un 50%). El último día de la semana de entrenamiento reducido previo a las últimas mediciones fue, nuevamente, un día de descanso.

El entrenamiento intenso de resistencia para los músculos extensores de la rodilla consistió del ejercicio de sentadillas, la cual se ejecutaba con una mancuerna cargada sobre sus hombros. Las cargas de entrenamiento variaron entre el 70 y 100% de una repetición máxima (1-3 repetición por serie, en conjunto 18-22 contracciones por sesión) a lo largo de período de entrenamiento experimental. Además del ejercicio de sentadillas, en cada sesión se incluyó otro ejercicio para los músculos extensores de la rodilla; prensa de piernas o extensiones de rodillas en la máquina. En estos ejercicios, las cargas variaban entre el 60 y el 80% de una repetición máxima (5-10 repeticiones por serie, en conjunto 20 a 40 contracciones por ejercicio). Cada sesión de entrenamiento incluyó, además, otros 3 o 4 ejercicios para los otros grupos musculares principales del cuerpo. En estos ejercicios solo se utilizaron cargas submáximas (del 60 la 70% de una repetición máxima).

## EVALUACION

Los sujetos fueron evaluados en 5 ocasiones idénticas durante el período experimental de 3 semanas; antes y después del período de entrenamiento "normal" de 2 semanas y 3 veces durante el período de entrenamiento reducido.

La fuerza isométrica bilateral máxima y las curvas fuerza-tiempo y relajación-tiempo (en escalas absolutas y relativas) de los músculos extensores de la rodilla se midieron utilizando un dinamómetro electromecánico (Komi, 1973). Las contracciones experimentales se llevaron a cabo con ángulos de rodilla y cadera de 107° y 110°, respectivamente. Se les indicó a los sujetos que respondieran a una señal auditiva ejerciendo su fuerza máxima tan rápidamente como pudiesen, y que mantuvieran esa fuerza todo el tiempo mientras escucharan la señal (2.5 seg.). Además se les pidió a los sujetos que dejaran de ejercer fuerza lo más rápido posible cuando se detuviera la señal. En cada ocasión de evaluación se registraron 3-6 contracciones máximas. La fuerza en cada contracción fue registrada en cinta magnética para su análisis en computadora. Además de la fuerza máxima se calculó el tiempo necesario para incrementar la fuerza desde un nivel de 100 N y hasta alcanzar los 500, 1.500, y 2.500 N (escala absoluta) así como, partiendo del 10% del máximo y hasta alcanzar el 30, 60, y 90% del máximo (escala relativa) (Viitasalo et al, 1980; Häkkinen et al, 1980). También se calculó la tasa máxima de desarrollo de fuerza (N/seg) (Viitasalo et al, 1980). La curva relajación-tiempo fue registrada durante la fase de relajación posterior a la contracción registrando el tiempo necesario para finalizar la contracción (desde 85% hasta 10% del máximo).

Durante las contracciones máximas se registro la actividad electromiográfica (EMG) del vasto lateral (VL), vasto medio (VM), y recto femoral (RF) de la pierna derecha. Se emplearon electrodos bipolares (distancia inter-electrodos de 20 mm) con EMG de superficie (electrodos epiteliales Beckman, tamaño miniatura). Los electrodos fueron colocados longitudinalmente en el área de la placa motora determinada mediante la utilización de un estimulador eléctrico. Las posiciones de los electrodos fueron marcados sobre la piel con pequeños puntos con tinta (Häkkinen and Komi, 1983). Estas marcas aseguraron que los electrodos fueran colocados en la misma ubicación en cada uno de los tests, durante el período experimental de 3 semanas. La señales electromiográficas fueron registradas teleméricamente (Medinik AB, Modem IC-1600 G), y almacenadas simultáneamente con los valores de fuerza, en cinta magnética. La EMG fue integrada (IEMG) con un sistema de computación para cada músculo por separado, para la fase de fuerza máxima de la contracción isométrica, y fue expresada en el tiempo de 1 segundo.

El área de sección cruzada (CSA) del cuádriceps femoral (CF) del muslo derecho fue medida con un escáner compuesto US (Alok Fansonic, SSD-190) y un transductor convexo de 5 MHz, antes y después de las 3 semanas del período experimental. El área de sección cruzada fue medida en el punto medio entre la línea del trocánter mayor y la interlínea lateral de la articulación de la rodilla. El área de sección cruzada del cuádriceps femoral fue luego calculada a partir de la imagen, con un sistema computarizado incluido en el equipo (Ryushi et al, 1988)

El porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de las mediciones de pliegues cutáneos (Durnin and Rahaman, 1967).

Se utilizaron métodos estadísticos estándar para el cálculo de las medias, desvíos estándar, y coeficientes de correlación. A través de la prueba t de Student se evaluaron las diferencias entre valores obtenidos antes y después del entrenamiento para conocer su significancia estadística.

## RESULTADOS

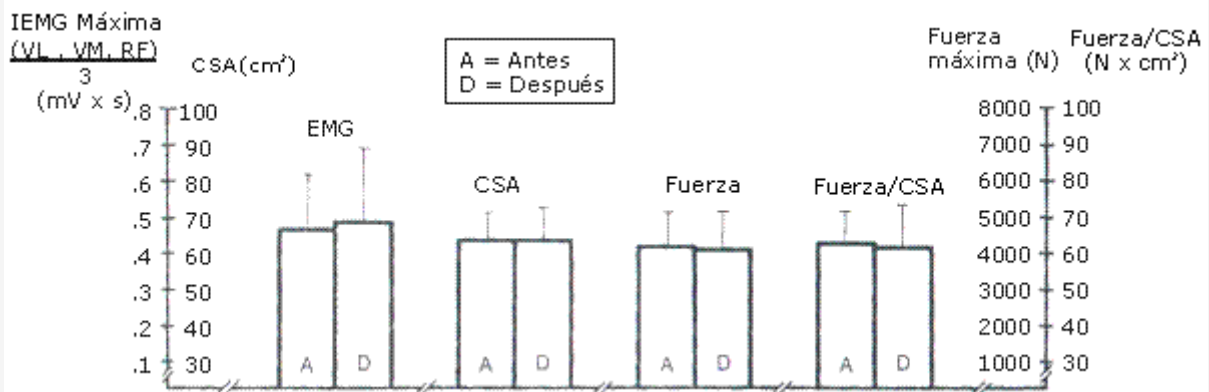
El peso y el porcentaje de grasa corporal del grupo de sujetos permanecieron estadísticamente sin cambios durante el período experimental de 3 semanas (Tabla 1). También sucedió lo mismo al analizar el CSA del CF (de  $63.8 \pm 7.6$  vs.  $63.9 \pm 9.0$  cm<sup>2</sup>) (Figura 1).

Variable	Antes		Después	
	Media	DE	Media	DE
Talla (cm)	175.0	7.4	175.0	7.4
Peso (kg)	79.3	8.6	79.9	8.8
Grasa corporal (%)	15.4	3.4	14.5	2.6

**Tabla 1.** Características físicas de los deportistas antes y después de las 3 semanas de entrenamiento experimental.

Durante los períodos de entrenamiento “normal” y reducido no se observaron cambios estadísticamente significativos en la fuerza máxima durante la extensión isométrica de la rodilla (Tabla 2 y Figura 1). Los valores individuales para la fuerza máxima tuvieron una correlación significativa con los valores individuales del CSA del CF, tanto antes ( $p < 0.01$ ) (Figura 2) como después ( $p < 0.05$ ) del período experimental. El valor medio inicial de  $63.0 \pm 9.1$  (N/cm<sup>2</sup>) de fuerza máxima por CSA del CF no cambio significativamente durante las 3 semanas de entrenamiento experimental (Figura 1). Los tiempos de producción de fuerza tanto en la escala absoluta como en la relativa, permanecieron estadísticamente sin cambios durante el estudio (Tabla 2). Esto también fue similar para el tiempo de relajación.

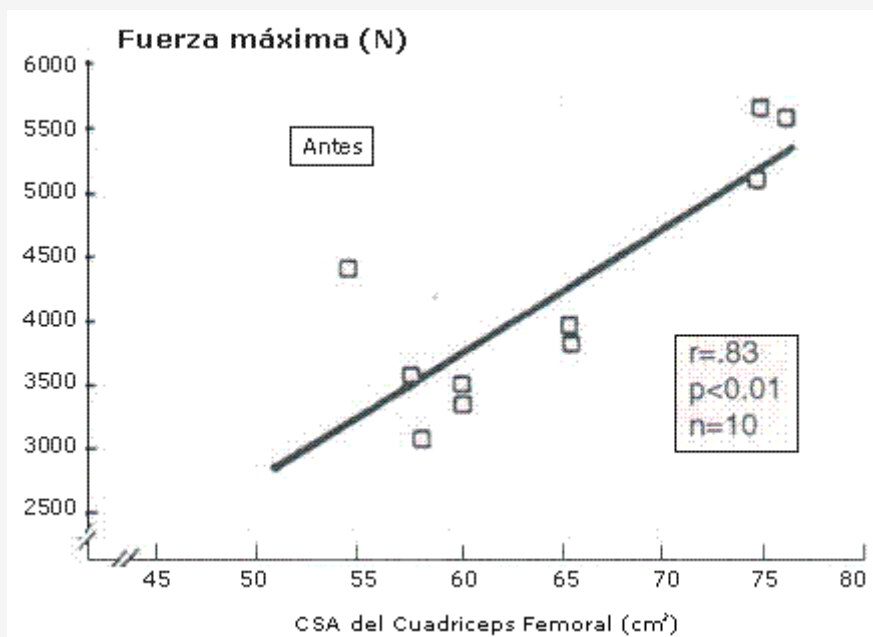
No se produjeron cambios significativos en la IEMG promedio máxima de los músculos examinados durante el período experimental de 3 semanas (Figura 1). El grupo de sujetos fue dividido en dos grupos (A y B) de acuerdo a los valores del cociente entre la fuerza máxima y el CSA del CF. El grupo A estuvo constituido por los cinco mejores deportistas que tuvieron valores mayores a 60.0 N/cm<sup>2</sup> (con un valor medio de  $71.6 \pm 7.1$  N/cm<sup>2</sup>), mientras que los otros cinco deportistas en el grupo B, tuvieron valores inferiores a 60.0 N/cm<sup>2</sup> (con un valor medio de  $56.9 \pm 2.7$  N/cm<sup>2</sup>). La Figura 3 muestra los valores medios de la fuerza isométrica máxima exhibida por los 2 grupos durante el transcurso del período experimental. Durante el período de entrenamiento “normal” no se produjeron cambios significativos en los valores de fuerza. Durante el período de entrenamiento reducido, en el grupo A se observó un incremento significativo en la fuerza máxima medida luego del último día de descanso (de  $4.547 \pm 616$  a  $4.923 \pm 901$  N), mientras que en el grupo B la fuerza máxima se mantuvo estadísticamente sin cambios (de  $3.455 \pm 442$  a  $3.331 \pm 372$  N). Los cambios en la fuerza máxima entre los grupos variaron significativamente ( $p < 0.05$ ). También se observó un aumento estadístico ( $p < 0.05$ ) en la IEMG promedio máxima de los músculos entrenados en el grupo A, durante la fase correspondiente al entrenamiento reducido, mientras que no se produjeron cambios en el grupo B. (Figura 4). Los cambios en la IEMG máxima entre los grupos fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ). En el grupo A, los cambios individuales en la fuerza máxima durante el período experimental tuvieron una correlación significativa ( $r = -0.82$ ,  $p < 0.05$ ) con los valores iniciales individuales para la fuerza máxima por CSA del CF, registrados antes del comienzo del período experimental (Figura 5), mientras que en el grupo B la correlación correspondiente no fue significativa ( $r = 0.16$ ; NS).



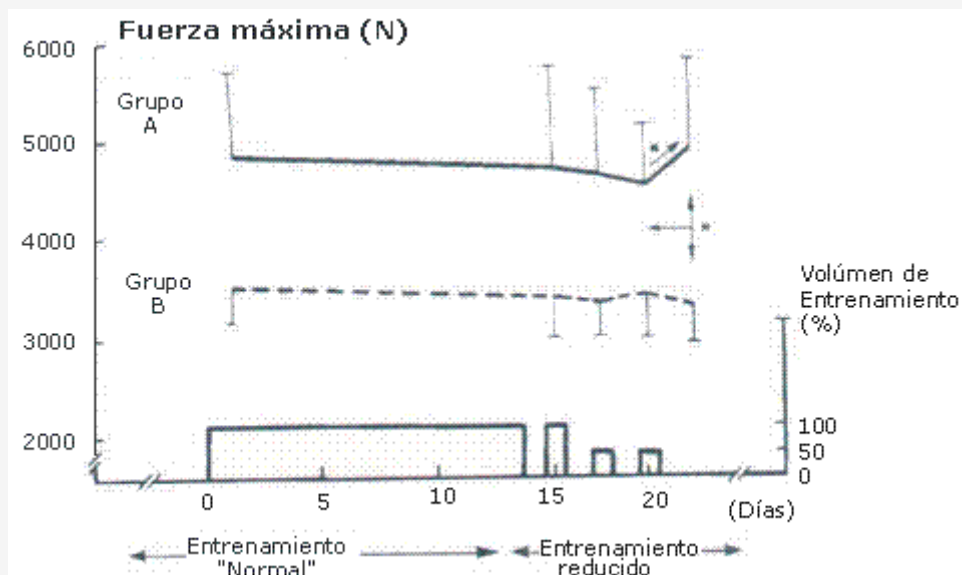
**Figura 1.** Valor medio ( $\pm$  DE) de la IEMG máxima (promedio entre los valores de los músculos vasto lateral y medio, y el recto femoral), área de sección cruzada muscular promedio (CSA) ( $\pm$  DE) del cuádriceps femoral (CF), media ( $\pm$  DE) de la fuerza máxima durante la extensión isométrica bilateral de rodillas, y media ( $\pm$  DE) de fuerza máxima por área de sección cruzada del CF, antes y después de un período de 3 semanas de entrenamiento de sobrecarga en deportistas de fuerza.

Variable	Antes del Período Experimental		Después de 2 Semanas de Entrenamiento Normal		Después de 1 Semana de Entrenamiento Reducido	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Fuerza máxima (N)	4196	935	4070	1011	4127	1061
<b>Fuerza-Tiempos: Escala absoluta (ms)</b>						
500 N	24	5	26	5	22	5
1.500 N	69	19	69	17	68	14
2.500 N	149	47	164	59	219	156
<b>Tasa máxima de desarrollo de fuerza</b>						
(N/seg)	59.595	11.890	58.001	9.742	61.516	19.414
<b>Escala relativa (MS)</b>						
30%	31	12	29	8	29	8
60%	103	28	110	41	110	29
90%	485	298	503	210	554	252
Relajación-tiempo (MS)	122	52	117	53	107	48

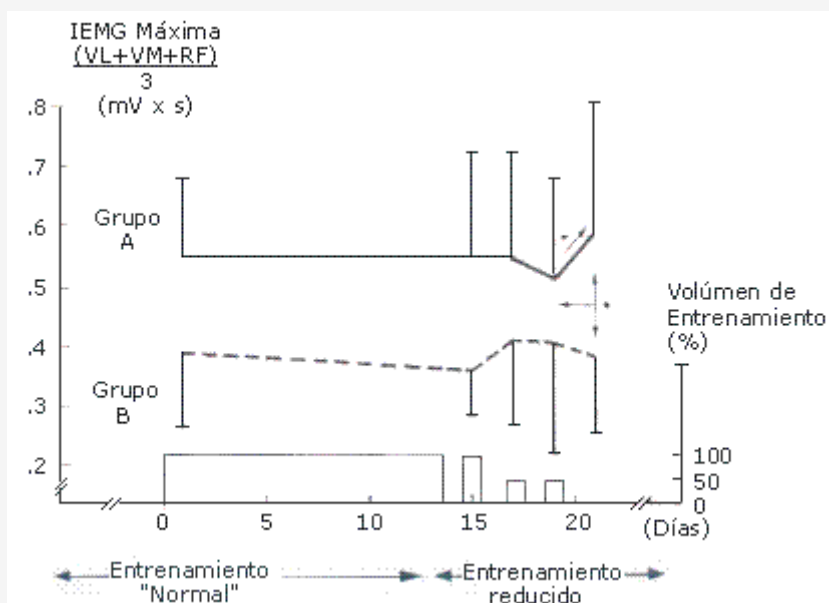
**Tabla 2.** Máxima fuerza isométrica bilateral, características fuerza-tiempo y características relajación-tiempo de los sujetos antes y después de 2 semanas de entrenamiento "normal" de sobrecarga, y después de 1 semana adicional de entrenamiento reducido.



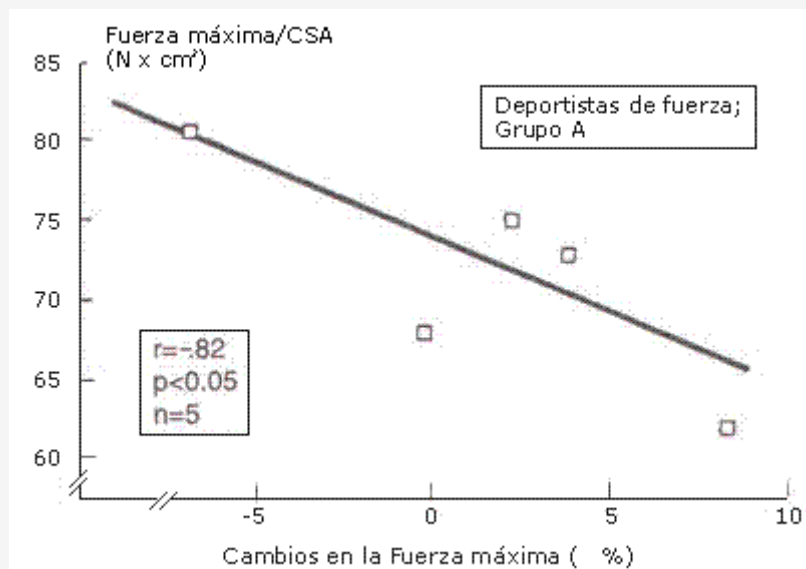
**Figura 2.** Correlación entre los valores individuales del área de sección cruzada (CSA) del CF y la fuerza máxima en el ejercicio extensión isométrica de rodillas, en deportistas de fuerza, antes de un período de 3 semanas de entrenamiento de sobrecarga.



**Figura 3.** Media ( $\pm$  DE) de la fuerza isométrica máxima durante el ejercicio de extensión de rodilla, antes y después de 2 semanas de entrenamiento "normal" de sobrecarga, y durante 1 semana de entrenamiento reducido en el grupo A (los cinco mejores atletas) y en el grupo B (los otros cinco atletas), dentro del presente grupo de deportistas de fuerza.



**Figura 4.** Media ( $\pm$  DE) de la IEMG máxima (promedio para vasto lateral y medio, y para el recto femoral) registrada durante el ejercicio de extensión isométrica de rodillas, antes y después de 2 semanas de entrenamiento "normal" de sobrecarga, y durante 1 semana de entrenamiento reducido en el grupo A (los cinco mejores atletas) y en el grupo B (los otros cinco atletas), dentro del presente grupo de sujetos de deportistas de sobrecarga.



**Figura 5.** Correlación entre los cambios individuales en la fuerza máxima durante un período de entrenamiento de 3 semanas, y los valores iniciales individuales de fuerza máxima por área de sección cruzada del cuádriceps femoral, registrados antes del período experimental. Los sujetos pertenecían al grupo A, el cual incluía a los cinco mejores deportistas dentro del presente grupo de sujetos.

## DISCUSION

En el presente estudio, los resultados obtenidos durante las tres semanas de entrenamiento de sobrecarga con los deportistas de fuerza mostraron que se produjeron incrementos sistemáticos en la actividad voluntaria máxima y en el área de sección cruzada muscular, es decir en las características de la producción máxima de fuerza voluntaria de los músculos entrenados, en la muestra total de sujetos. Sin embargo, en el grupo A se observaron incrementos significativos, tanto en la activación neurológica máxima como en la fuerza máxima de los músculos al final del período de entrenamiento reducido de una semana, mientras que en el grupo B no se observaron cambios sistemáticos durante esta fase del entrenamiento.

Durante las 3 semanas de entrenamiento no se observaron cambios sistemáticos en la muestra total de sujetos respecto de la IEMG máxima y las características de producción de la fuerza máxima de los músculos. Esto indica que podrían no haberse producido mayores cambios en el número de unidades motoras activadas y/o en su frecuencia de disparo durante la contracción voluntaria máxima y/o en las características contráctiles de los músculos entrenados. Los presentes resultados respecto de la EMG respaldan fuertemente algunos hallazgos previos que sugieren que, en deportistas de fuerza, las adaptaciones en el sistema neuromuscular son muy limitadas, especialmente con relación al sistema nervioso (Häkkinen et al, 1989). Debido a que los deportistas del presente estudio tenían una amplia experiencia en el entrenamiento de sobrecarga, un período experimental de 3 semanas puede ser demasiado breve como para evidenciar mayores aumentos en la IMG máxima y/o en la fuerza. Se sabe que los deportistas de fuerza tienen una capacidad muy limitada para aumentar su fuerza, aun durante períodos más prolongados de entrenamientos (Häkkinen et al, 1987a). Los resultados presentados en la Figura 5 muestran más específicamente que, en el grupo A, el desarrollo individual de la fuerza durante las 3 semanas estuvo relacionado con los valores iniciales individuales de fuerza máxima por CSA del músculo, registrados antes del período experimental. Este resultado podría indicar que algunos atletas en grupo A pueden haber alcanzado su "máximo absoluto" en el rendimiento de fuerza con respecto al sistema nervioso.

Nos se pudo observar hipertrofia muscular significativa durante las 3 semanas de entrenamiento, hecho indicado por la evidencia de que el CSA de los músculos entrenados permaneció sin cambios. Este era un resultado esperado, ya que se ha demostrado anteriormente que la hipertrofia muscular de ambos tipos de fibras es bastante limitada en deportistas de fuerza, tales como levantadores de potencia de elite, aun durante períodos de seguimiento mas prolongados (Häkkinen et al, 1987a, 1988). Debido a que el CSA del músculo esta estrechamente relacionado con la fuerza máxima de dicho músculo, (Ikai and Fukunaga, 1968; Ryuchi et al, 1988), tal como se observó en el presente estudio (Figura 2), fue razonable observar que la fuerza máxima de los músculos de nuestros deportistas también permaneciese sin cambios. El mayor grado de hipertrofia muscular podría depender del tipo específico del tipo de entrenamiento de sobrecarga, como el utilizado por los físicoculturistas, aunque una mayor masa muscular puede no necesariamente llevar a un incremento correspondiente

en la fuerza (Häkkinen, 1989).

Los resultados presentados en las Figuras 3, 4 y 5 no deberían tomarse como confirmación de que el nivel del EMG en músculos específicos indica de forma directa la capacidad de fuerza. Los dos grupos difirieron drásticamente en la fuerza máxima, EMG máxima, y en el CSA. Un aumento en el nivel de activación significa mayor capacidad de fuerza. Sin embargo, la EMG es un método tan complejo que no es aconsejable hacer una comparación directa entre valores absolutos tanto de EMG como de fuerza. El entrenamiento puede cambiar la IEMG (Komi, 1986; Sale, 1986; Häkkinen, 1989), pero parte de este fenómeno puede atribuirse a los cambios en el tamaño de fibras musculares individuales. Sin embargo, las diferencias entre los dos grupos fueron tan grandes, que a pesar de las precauciones que se deben tener en cuenta al interpretar los registros del EMG, podría ser posible que en el caso de los grupos de sujetos del presente estudio los niveles del EMG pudieran revelar la gran diferencia en fuerza (y en el CSA) entre los grupos.

El rendimiento de fuerza máxima en todo el grupo de sujetos permaneció casi sin cambios tanto durante en el entrenamiento "normal" de dos semanas como durante el entrenamiento reducido de una semana. Sin embargo, en el grupo A se observaron incrementos periódicos significativos en la IEMG máxima y en la fuerza máxima de los músculos entrenados, al final del entrenamiento reducido de una semana (Figuras 3 y 4). Estos cambios también difirieron significativamente de los observados en el grupo B, durante la correspondiente fase de entrenamiento. Los resultados presentados en la Figura 3 muestran, además, que la fuerza máxima en el grupo A alcanzó su nivel más alto durante esta fase de entrenamiento. Estos resultados indican que el rendimiento en la fuerza en deportistas de elite puede alcanzar el máximo nivel no necesariamente durante el período "normal" de entrenamiento, sino más probablemente después de un período de entrenamiento reducido y, por lo tanto, la disminución en el volumen del entrenamiento podría ser importante para poder alcanzar este nivel pico. Las presentes observaciones respaldan algunas sugerencias previas acerca de las posibles ventajas de la periodización del entrenamiento para alcanzar el pico en el momento óptimo (Stone et al, 1981: Stone and O'Bryan, 1984), y especifican además la posible importancia de la periodización, especialmente en deportistas de nivel avanzado. Si bien son bastantes desconocidos los mecanismos precisos que llevan a alcanzar el pico óptimo en el rendimiento de fuerza, los resultados presentados en las Figuras 3 y 4 muestran el importante rol del sistema nervioso a este respecto. Debido a que el presente período experimental fue bastante corto, y a que el volumen total de entrenamiento permaneció dentro de un rango "normal", se podría sugerir que no hubo mayores cambios en el equilibrio hormonal andrógeno de estos deportistas, tal como se ha reportado durante condiciones de sobreentrenamiento (Häkkinen et al, 1985, 1987b). Esta idea tiene sustento en el hecho de que no se produjeron disminuciones en la fuerza durante el período de entrenamiento "normal" de 2 semanas, tal como podría ocurrir con el sobreentrenamiento (Häkkinen et al, 1987 b).

En síntesis, los presentes resultados con deportistas de fuerza demostraron que, en la muestra total de sujetos, no se produjeron incrementos sistemáticos en la máxima activación neurológica voluntaria, en el área de sección cruzada, o en la producción de fuerza máxima de los músculos entrenados, durante el corto período de tres semanas de entrenamiento de sobrecarga. Estos resultados sugieren que las adaptaciones neuromusculares en deportistas de fuerza, en general, son de una magnitud muy acotada, indicando su potencial limitado para mayores desarrollos de fuerza. Sin embargo, se produjeron incrementos en la activación neurológica máxima y en la fuerza máxima de los músculos entrenados, al final del período de entrenamiento reducido de 1 semana, en el grupo de deportistas de mayor nivel dentro del grupo de sujetos. Esta observación indica que el rendimiento de fuerza máxima en deportistas altamente entrenados podría llegar al nivel pico no necesariamente durante el entrenamiento "normal", sino mas probablemente después de algún período de tiempo con un volumen reducido de entrenamiento. Las presentes observaciones respaldan el concepto de la periodización del entrenamiento, especialmente en deportistas de nivel avanzado, e indican el papel importante del sistema nervioso para alcanzar el pico de fuerza máxima.

## **Agradecimientos**

Este estudio fue respaldado, en parte, por una beca del Ministerio de Educación de Finlandia.

## **Cita Original**

Häkkinen K., Kallinen M., Komi P. V., y Kauhanen H. Adaptaciones Neuromusculares durante Períodos de Entrenamiento de Corta Duración [Normales] y Reducidos en Atletas de Fuerza. Resúmenes del 1er. Simposio Internacional de Fuerza y Potencia Relacionadas con los Deportes, la Actividad Física, el Fitness y la Rehabilitación. 40-46, 2000