Monograph

Influencia de la Supervisión Directa del Entrenamiento con Sobrecarga sobre el Rendimiento de Fuerza

Keijo Häkkinen, William J Kraemer, Robert U Newton, Jeff S Volek, Steven J Fleck, Nicholas A Ratamess, Ana L Gómez, Scott A Mazzetti y Nicholas A Duncan

Sport Science Department, Colorado College, Colorado Springs, Colorado 80906.

RESUMEN

Objetivo: El propósito de este estudio fue comparar los cambios que se producen en la fuerza máxima, potencia y resistencia muscular después de 12 semanas de entrenamiento con sobrecarga periodizado de alta intensidad realizado bajo la supervisión directa de un entrenador personal (SUP) o sin supervisión (UNSUP). Métodos: Veinte varones moderadamente entrenados de 24,6 ± 1,0 años (Media ± SE) fueron asignados al azar al grupo SUP (N = 10) o al grupo UNSUP (N = 8). Ambos grupos realizaron las mismas sesiones de entrenamiento con sobrecarga periodizado lineal compuesto por las siguientes fases: preparatoria (10-12 repeticiones máximas (RM)), hipertrofia (8 a 10-RM), fuerza (5 a 8-RM) y maximización (3 a 6-RM) utilizando ejercicios con pesos libres y en máquinas con resistencia variable. Al inicio (semana 0) y a las 12 semanas de entrenamiento se realizó la evaluación de fuerza máxima en sentadilla y press de banca (1-RM), producción de potencia en salto desde sentadilla, resistencia muscular en press de banca y composición corporal. **Resultados:** La carga media de entrenamiento (kg por serie) por semana fue significativamente ($p<0,05$) mayor en el grupo SUP que en el grupo UNSUP desde la semanas 7 a la semana 11 en la sentadilla y desde la semana 3 y 7 hasta la semana 12 en press de banca. Las tasas de aumento (pendiente) en kg por serie en sentadilla y press de banca fueron significativamente mayores en el grupo SUP. La fuerza máxima en sentadilla y press de banca fue significativamente mayor en la semana 12 en el grupo SUP. El valor de 1-RM en sentadilla y press de banca y la producción de potencia media y máxima aumentaron significativamente después del entrenamiento en ambos grupos. La resistencia muscular local relativa (80% de 1-RM) no fue afectada en ningún grupo a pesar de las cargas significativamente mayores utilizadas en las pruebas de resistencia muscular en press de banca después del entrenamiento. La masa corporal, masa grasa y la masa magra aumentaron significativamente después del entrenamiento en el grupo SUP. **Conclusión:** El entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad supervisado directamente, realizado por varones moderadamente entrenados produjo una mayor proporción de aumento y magnitud de la carga de entrenamiento, lo que permitió alcanzar mayores incrementos en la fuerza máxima en comparación con el grupo cuyo entrenamiento no fue supervisado

Palabras Clave: entrenamiento personal, intensidad de entrenamiento, periodización

INTRODUCCION

Se ha demostrado que los diferentes protocolos de entrenamiento con sobrecarga presentan una variedad de demandas de ejercicio que producen adaptaciones que son específicas del programa de ejercicios utilizado (1, 3, 19,21-23, 46, 47). Por ejemplo, se ha demostrado que los protocolos con múltiples series que incorporan periodización y sobrecarga progresiva,

optimizan los incrementos en el rendimiento de fuerza máxima (4, 26, 38, 39, 44).

Hasta la fecha, no se han estudiado los efectos de la supervisión directa (es decir, mano a mano con el entrenador personal) sobre las adaptaciones al entrenamiento con sobrecarga. Dado que muchos estudios de entrenamiento han incorporado algún nivel de supervisión para asegurar un entrenamiento estandarizado para todos los sujetos (5, 10, 13, 17, 21, 28-30), planteamos la hipótesis que en varones moderadamente entrenados y altamente motivados, la supervisión directa de las sesiones de entrenamiento es importante para alcanzar las adaptaciones máximas en el rendimiento de fuerza al entrenamiento con sobrecarga periodizado de alta intensidad.

Estudios previos que utilizaron el entrenamiento supervisado individualmente en sujetos moderadamente entrenados, observaron incrementos de 26 y 30% en el rendimiento de fuerza en press de piernas, después de 19 y 12 semanas de entrenamiento con sobrecarga, respectivamente (5, 21). Las adaptaciones en el rendimiento de fuerza obtenidas en otros estudios pertinentes, donde el nivel de supervisión, o era menos directo o no era especifico, fueron las siguientes: aumentos de 28% y 12% en la fuerza en una repetición máxima (RM) en sentadilla y press de banca, respectivamente, después de 12 semanas de entrenamiento periodizado lineal; 22% de aumento en 1-RM en sentadilla después de 14 semanas de entrenamiento de sobrecarga con múltiples series; y ~30 y ~25% de aumento en la fuerza relativa (es decir, 1-RM/peso corporal) en sentadilla y press de banca, respectivamente, después de 16 semanas de entrenamiento periodizado lineal (2, 17, 44). Debido a las variaciones en los protocolos de valoración de la fuerza, períodos experimentales, protocolos de entrenamiento y nivel previo de entrenamiento de los sujetos en estos estudios, es difícil formular alguna conclusión concreta que describa la influencia de la supervisión del entrenamiento con sobrecarga sobre las adaptaciones del rendimiento de fuerza. Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación, fue comparar los cambios en la fuerza máxima después de realizar un entrenamiento periodizado de alta intensidad con supervisión (SUP) o sin supervisión (UNSUP).

METODOS

Diseño Experimental

Este estudio utilizó un diseño experimental. pre y post-test. La medición de fuerza y potencia muscular, resistencia muscular y composición corporal fue similar en ambas sesiones de prueba realizadas en la semana 0 (semana 0) y semana 12 (semana 12). Ambos grupos de entrenamiento realizaron el mismo programa de entrenamiento periodizado de alta intensidad, durante 12 semanas. El grupo con supervisión directa (SUP) fue entrenado por un entrenador personal durante todas las sesiones de entrenamiento. En este grupo se observaron aumentos en la fuerza durante el entrenamiento y el entrenador aumentó las cargas de entrenamiento subsecuentes (es decir, kilogramos por serie=kg/serie). El grupo que no fue supervisado (UNSUP) asistió solamente a una consulta privada de aptitud física (es decir, familiarización) con un entrenador personal al comienzo del estudio y luego realizó todas las sesiones de entrenamiento sin supervisión directa. La progresión de la carga de entrenamiento en el grupo UNSUP se realizó del mismo modo que en el grupo SUP, pero bajo la responsabilidad de cada sujeto del grupo UNSUP.

Las cargas de entrenamiento fueron determinadas utilizando las zonas de repetición máxima (por ejemplo, 8 a 10 RM) y fueron aumentando progresivamente a medida que los sujetos lograban realizar el número de repeticiones requerido con un cierto peso con la técnica de ejercicio correcta. En la transición entre una fase del programa de entrenamiento hacia la próxima fase, se asignaron cargas más pesadas a partir de las cargas de entrenamiento previas más livianas. Específicamente, las cargas de entrenamiento fueron incrementadas en incrementos de 2,2; 4,5; 6,8; 9,1; 11,4 o 13,6 kg dependiendo de la carga absoluta utilizada (es decir, a mayor carga absoluta de entrenamiento, mayor incremento). La magnitud de los incrementos de las cargas de entrenamiento en ambos grupos, se determinó en base a los niveles de fuerza, calidad de la técnica de ejercicios (es decir, si el ejercicio se realizó respetando el modo y los movimientos correctos), y al potencial para aumentar la fuerza del sujeto (es decir, cuan fácilmente el sujeto realizó el trabajo anterior). En el grupo SUP, los incrementos fueron seleccionados por el entrenador personal en base a la experiencia previa de entrenamiento personal y de la comunicación con el sujeto acerca de los sentimientos de fatiga y capacidad. En el grupo UNSUP, los incrementos fueron seleccionados por los sujetos en base a su propia experiencia en entrenamiento con sobrecarga y a los sentimientos personales de fatiga y capacidad. El objetivo principal para ambos grupos fue aumentar la carga de entrenamiento lo suficiente para optimizar la intensidad y técnica del ejercicio. Este diseño del estudio nos permitió comparar el entrenamiento de la aptitud física supervisado mano a mano constantemente, con el entrenamiento no supervisado en el cual un entrenador físico en una sola consulta, proporciona al sujeto las instrucciones y un programa de entrenamiento con sobrecarga periodizado para que lo realice solo.

El entrenador personal calificado del estudio (el mismo entrenador para todos los sujetos) poseía 3 años de experiencia

profesional en entrenamiento, tanto de público en general como de atletas colegiados, y tenía certificación profesional (es decir, era Instructor en Salud y Aptitud Física certificado por ACSM y Especialista en Fuerza y Acondicionamiento certificado por la NSCA). El entrenador personal estuvo presente en todas las sesiones de entrenamiento del grupo UNSUP, y se estimuló a los sujetos para que consultaran sobre la estructura y parámetros del programa de entrenamiento a lo largo del estudio.El entrenador no proporcionó ayuda, estímulo verbal ni consejos sobre la progresión de las cargas de entrenamiento al grupo UNSUP, en ningún otro momento del entrenamiento que no fuera la sesión de familiarización. El entrenador completó los registros de entrenamiento de los sujetos del grupo SUP a lo largo del período experimental de 12 semanas con detalles sobre los ejercicios, series y repeticiones realizados. En el grupo UNSUP los registros de entrenamiento fueron proporcionados por el entrenador personal (Tabla2) y cada sujeto registró el número de repeticiones realizadas de cada serie, durante las sesiones de entrenamiento. Los registros de entrenamiento del grupo UNSUP fueron colocados en las instalaciones donde se realizó el entrenamiento y fueron inspeccionados visualmente todas las semanas por el entrenador personal, para asegurar que los sujetos estaban completándolos correctamente. A partir de los registros de entrenamiento, para cuantificar la progresión de las cargas de entrenamiento, se obtuvo el número de repeticiones, series y kg por serie realizados en los ejercicios de sentadilla y press de banca.

Sujetos

Veinte varones de 18 a 35 años participaron voluntariamente en este estudio de entrenamiento; fueron agrupados en función de sus características físicas y de rendimiento en sentadilla y fueron asignados al azar a uno de dos grupos de entrenamiento; SUP o UNSUP (Tabla 1). Dos sujetos del grupo UNSUP no completaron el entrenamiento debido a razones no relacionadas a la investigación, por lo que los datos fueron obtenidos a partir de 18 varones (SUP, n=10 y UNSUP, n=8). Cada sujeto fue informado de los riesgos potenciales asociados con la investigación y firmó un documento de consentimiento informado aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Universidad Estatal de Pennsylvania y que cumplía con los reglamentos publicados por el Colegio Americano de Medicina del Deporte. Todos los sujetos tenían 1-2 años de experiencia en entrenamiento con sobrecarga; sin embargo, ninguno había entrenado con un entrenador personal antes del estudio. No se observaron diferencias significativas entre los grupos en las características físicas o 1-RM en sentadilla antes de realizar el entrenamiento; sin embargo, la 1-RM en press de banca fue significativamente mayor en el grupo SUP debido a la reducción del número de participantes en el grupo UNSUP.

Variable	SUP	UNSUP
	(*N* = 10)	(*N* = 8)
Edad (años)	25,2 ± 1,5	23,8 ± 1,3
Talla(cm)	176,4 ± 2,2	177,7 ± 2,5
Masa Corporal (kg)	85,9 ± 4,9	84,5 ± 3,4
Adiposidad (%)	19,7 ± 2,3	18,6 ± 3,0
1-RM en sentadilla (kg)	108,8 ± 9,8	100,2 ± 5,2
1-RM BP (kg)	93,9 ± 4,6#	83,7 ± 5,3

Tabla 1. *Características de los sujetos divididos en grupos. SUP, Grupo supervisado; UNSUP, Grupo no supervisado; BP, Press de banca; 1-RM, Repetición máxima. # P<0,05 vs. el valor correspondiente en el grupo no supervisado; Los datos se presentan en forma de media±DS.*

Procedimientos Experimentales

La masa corporal se determinó con una balanza electrónica Toledo (*Reliance Electronic Co., Worthington, OH*) con una apreciación de 100 g y se obtuvieron las medidas de pliegues cutáneos de siete sitios (tríceps, subscapular, axilar medio, pecho, supra-ilíaco, abdomen y muslo). Los pliegues cutáneos fueron medidos de manera serial por el mismo investigador con un calibre Lange, del lado derecho del cuerpo siguiendo métodos estándar (24). El espesor del pliegue cutáneo de un sitio se obtuvo mediante el promedio de dos mediciones, excepto en aquel caso donde las mediciones tuvieran una diferencia mayor a 2,0 mm. En este caso, se realizó una tercera medición y se utilizó el valor medio. Para estimar la densidad corporal, se utilizó la ecuación descripta por Jackson y Pollock (15). Posteriormente se calculó el porcentaje de grasa corporal usando el valor obtenido de densidad corporal y la ecuación de Siri (36). Todos los protocolos de ejercicio fueron realizados en un equipo *Plyometric Power System* (*Lismore, NSW, Australia*) descripto previamente (46). El *Plyometric Power System* estaba compuesto por una máquina *Smith* y una barra, conectados a un sistema computarizado. La resistencia era proporcionada por la barra que sólo podía ser desplazada en dirección vertical. Guías lineales adosadas a cada extremo de la barra, le permitían desplazar hacia arriba y hacia abajo dos ejes para que los movimientos, como la

sentadilla pudieran ser realizados de una manera dinámica, balística con el mínimo riesgo para el sujeto. La máquina fue conectada a un codificador rotatorio que registraba la posición y dirección de la barra con una apreciación de 0,2 mm.

Pruebas de Rendimiento

Las pruebas de rendimiento incluyeron una entrada en calor seguida por la determinación de 1-RM en sentadilla y press de banca, potencia de salto desde sentadilla y resistencia muscular en press de banca. Los procedimientos para la determinación de 1-RM en sentadilla y press de banca, incluyeron dos a tres entradas en calor de dos a cinco repeticiones con carga liviana a moderada tal como se determinara por las cargas de entrenamiento recientes. Los sujetos podían realizar tres a cinco esfuerzos hasta alcanzar 1-RM (18, 20). Un levantamiento exitoso en sentadilla exige descender hasta una posición de muslo paralelo que se alcanza cuando la cabeza del trocánter del fémur alcanza el mismo plano horizontal que el borde superior de la rótula. Un levantamiento exitoso en press de banca exige bajar la barra controlándola hasta que toque ligeramente el pecho (i.e, no se permitió que los sujetos hicieran rebotar la barra en el pecho). A continuación los sujetos levantaban la barra nuevamente hacia la posición con brazos extendidos, manteniendo la cadera y los pies en contacto con el banco y el piso, respectivamente, a lo largo levantamiento. Los sujetos descansaron durante 10 min y posteriormente realizaron una sola serie de 10 repeticiones continuas de salto desde sentadilla con una resistencia igual a 30% de su 1-RM en sentadilla. Se eligió el treinta por ciento de 1-RM como resistencia porque cerca de este valor, la potencia mecánica es máxima (46). Comenzando en una posición derecha, los sujetos debían realizar la sentadilla y luego saltar tan alto como les fuera posible, repetidamente sin hacer una pausa entre las repeticiones dentro de una serie. La producción de potencia para cada repetición fue registrada mediante el sistema de adquisición de datos en línea *Plyometric Power Systems*. Los sujetos descansaron durante 10 min y luego realizaron una sola serie de press de banca hasta la fatiga con una carga igual al 80% de la 1-RM de press de banca obtenida antes del entrenamiento, lo que correspondía a una intensidad de entrenamiento de 8 a 10-RM (7). Después del entrenamiento, los sujetos realizaron el test de resistencia en press de banca con 80% de 1-RM en press de banca de la semana 12. Se seleccionó el ochenta por ciento de 1-RM porque 8 a 10-RM era la zona de RM que se utilizaba con mayor frecuencia a lo largo del programa de entrenamiento (i.e, especificidad de prueba). La fatiga fue definida como el momento en donde la barra dejaba de moverse, o cuando el sujeto hiciera una pausa superior a un segundo cuando los brazos estaban en posición extendida. Dos ayudantes inmediatamente sostenían la barra cuando el investigador (el mismo para todos los sujetos) determinaba que se había alcanzado la fatiga. Las repeticiones se registraron considerando hasta 1/4 de una repetición completa. Para efectuar comparaciones entre los grupos, se realizó la determinación de la resistencia, repeticiones totales y el porcentaje de la carga de 1 RM de la semana 0 usada durante el test de resistencia en press de banca de la semana 12. No se permitió la realización de ningún ejercicio en las 48 h previas a las sesiones de evaluación.

Familiarización

Para minimizar los posibles efectos de aprendizaje, todos los sujetos fueron familiarizados con todos los procesos de evaluación y con el equipamiento para el entrenamiento (5). Durante la familiarización, se explicaron todos los parámetros esenciales del programa de entrenamiento como la sucesión de sesiones de entrenamiento, selección de los ejercicios, número de series y repeticiones, períodos de descanso entre las series y principios de la progresión. Se proporcionó a cada sujeto un registro de entrenamiento para que registraran todo el entrenamiento. La asistencia del grupo UNSUP fue supervisada mediante la firma diaria de planillas de asistencia en cada sesión de entrenamiento. Se observó una asistencia de 100% a todos los entrenamientos, lo que refleja el elevado nivel de motivación en ambos grupos de entrenamiento. Además, todos los sujetos podían formular preguntas después de la familiarización reduciendo así cualquier impacto de la mala comprensión en los resultados.

Entrenamiento con Ejercicios de Sobrecarga

En la Tabla 2 se presentan los registros de entrenamiento que incluyen los paradigmas básicos del entrenamiento entre los que se incluyen los ejercicios, número de series y repeticiones, y períodos de descanso entre las series, para cada fase del programa de entrenamiento con sobrecarga. Todo el entrenamiento con sobrecarga en ambos grupos, fue realizado en las mismas instalaciones con equipamiento idéntico, que consistía en una combinación de pesos libres y máquinas de ejercicios Cybex (*Cybex International, Medway, MA*) y Nautilus (*Nautilus International, Independence, VA*). Dado que el objetivo principal del programa de entrenamiento con sobrecarga, era aumentar la fuerza máxima, se utilizó un programa clásico de entrenamiento con sobrecarga periodizado lineal con énfasis sobre las fases de fuerza e hipertrofia (28, 38, 39, 44). Los entrenamientos de alta intensidad fueron divididos en cuatro fases consecutivas; preparación general (2 y 3 sesiones/semana durante las semanas 1 y 2, respectivamente), hipertrofia (4 sesiones/semana durante las semanas 3, 4, 5 y 6), fuerza (3 sesiones/semana durante las semanas 7, 8, 9, y 10) y

maximización (3 sesiones/semana durante las semanas 11 y 12).

Fase de preparación general (Semanas 1–2)
3 Series Intensidad 12 RM
60-120 s de descanso entre las series

Lunes	*Miércoles*	*Viernes*
Abdominal corto	Abdominal corto	Abdominal corto
Sentadilla con Barra	Press de Piernas	Peso muerto
Hiperextensión	Flexión plantar	Extensión de Piernas
Flexión plantar sentado	Press inclinado con mancuernas	Flexión de Piernas
Press de banca	Elevación de hombros con mancuernas	Press Tras nuca
Remo sentado con polea baja	Dominadas (máquina)	Remo (máquina)
Abducción de hombros con codos flexionados; (máquina)	Extensión de Tríceps (máquina)	Pek Deck
Jalón con agarre estrecho	Curl con barra EZ	Jalón con agarre ancho

Fase de Hipertrofia (Semanas 3-6)
3 Series Intensidad 8-10 Repetición Máxima 45-90 seg de descanso entre las Series

Lunes	*Martes*	*Jueves*	*Viernes*
Abdominal corto	Abdominal corto	Dominadas (máquina)	Abdominal corto
Sentadilla con barra	Press inclinado con mancuernas	Remo sentado con polea baja	Press de banca
Press de Piernas	Abducción de hombros con codos flexionados; (máquina)	Hiperextensión	Press tras nuca
Extensión de Piernas	Flexión plantar	Peso muerto	Press de Pecho en máquina
Curl de piernas	Curls EZ	Remo (máquina)	Vuelos con Mancuernas
Remo con mancuernas	Extensión de Triceps (bar)	Jalón con agarre estrecho	Press de hombros con mancuernas
Jalón con agarre ancho	Curls con mancuernas	Extensión de Pierna simple	Abducción de hombros con codos flexionados;
Vuelos pájaro	Fondos en paralelas	Flexión de piernas sentado	Flexión plantar sentado

Fase de Fuerza (Semanas 7-10)
3-4 Series Intensidad 6-8 RM
1–2 Minutos de descanso entre series

Lunes	*Miércoles*	*Viernes*
Sentadilla en la Máquina Smith	Press de Piernas	Sentadilla con barra
Abdominal corto	Abdominal corto	Abdominal corto
Flexión piernas unilateral	Peso Muerto con piernas rígidas	Extensión de Piernas
Press de banca	Flexión plantar	Flexión de piernas sentado
Remo (máquina)	Press tras nuca	Press de banca
Press de hombros con mancuernas	Remo con mancuernas	Remo sentado con polea baja
Jalón con agarre ancho	Extensión de Tríceps (máquina)	Press de hombros (máquina)
	Curl con mancuernas alternados	Dominadas con peso corporal

Fase de Maximización (Semanas 11-12)
2-3 Series Intensidad 3-6 Repeticiones Máximas
1–2,5 Minutos de descanso entre series

Lunes	*Miércoles*	*Viernes*
Sentadilla en la Máquina Smith	Press de Piernas	Sentadilla con barra
Abdominal corto	Abdominal corto	Abdominal corto
Flexión de piernas	Peso Muerto con piernas rígidas	Flexión de piernas sentado
Press de banca	Press inclinado con mancuernas	Press de banca
Remo (máquina)	Remo con mancuernas	Remo sentado con polea baja
Press de hombros con mancuernas	Remo vertical	Press de hombros (máquina)
Jalón con agarre estrecho	Curl con barra EZ	Dominadas con peso corporal
	Extensión de Tríceps (barra)	

Tabla 2. *Programa del entrenamiento con sobrecarga.*

La fase de preparación general consistió en un protocolo de baja intensidad en el cual se entrenaban todos los grupos musculares mayores durante cada sesión (Tabla 2). Esta fase fue diseñada para preparar a los sujetos para que puedan tolerar las siguientes fases de entrenamiento con cargas pesadas. En la fase de hipertrofia se utilizó un protocolo dividido similar a un programa de fisiculturismo dónde el principal objetivo fue aumentar el tamaño muscular. En esta fase, cada grupo muscular fue entrenado una vez por semana con múltiples ejercicios y series, mayor cantidad de repeticiones y períodos de descanso más cortos entre las series, para activar lo más que se pudiera cada grupo muscular y permitir una recuperación adecuada entre las sesiones de entrenamiento para cada grupo muscular (42). Los ejercicios de sentadilla y press de banca con pesos libres fueron utilizados durante las fases de preparación general y de hipertrofia, una vez por semana cada uno. La fase de fuerza consistió en un protocolo de entrenamiento de alta intensidad donde se entrenaron todos los grupos musculares mayores. Esta fase fue diseñada para aumentar el rendimiento de fuerza utilizando cargas pesadas, períodos de descanso más largos y secuencias de ejercicios (es decir, se alternaron ejercicios que entrenaban grupos musculares antagónicos) con el fin de activar y cargar las fibras musculares de elevado umbral de reclutamiento de Tipo II tanto como fuera posible y permitir la recuperación adecuada entre las series y ejercicios durante el entrenamiento (9, 34, 35, 48). Además, los ejercicios de sentadilla y press de banca fueron realizados dos veces por semana durante la fase de fuerza y la fase de maximización, una vez con pesos libres y una vez en una máquina Smith. La máquina Smith fue incorporada en el protocolo de entrenamiento para optimizar la especificidad del entrenamiento relacionada a las pruebas de ejercicios (9). La fase del entrenamiento de maximización fue similar a la fase de fuerza, pero con menos series y repeticiones, y fue diseñada para poner a punto el entrenamiento para alcanzar el máximo de fuerza y potencia.

Durante el entrenamiento, se solicitó a los sujetos que realizaran el ejercicio de sentadilla dentro del soporte donde los*pins* fueron colocados 1 pulgada debajo de la barra cuando el levantador estaba la posición más baja de la sentadilla. La posición más baja de la sentadilla durante el entrenamiento se alcanzaba (de igual manera que en la prueba de fuerza) cuando la cabeza del trocánter del fémur se colocaba en el mismo plano horizontal que el borde superior de la rótula. Los sujetos del grupo UNSUP debían contar con un ayudante (es decir, otro sujeto no supervisado) mientras realizaban los ejercicios de sentadilla y press de banca. Todas las series de ejercicio realizadas en ambos grupos se daban por finalizadas cuando se recibía asistencia. No se les permitió a los sujetos participar en ningún entrenamiento físico formal adicional, incluyendo entrenamiento de resistencia, qué pudiera afectar las adaptaciones resultantes y alterar la interpretación de estos datos (21).

Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de los datos fue realizado mediante un análisis de la varianza de dos vías (ANOVA) con un diseño de mediciones repetidas. En los casos en los que se observara un valor de F-significativo, se aplicó el test de Tukey HSD (test de Spjotvoll y Stoline) para muestras con tamaños desiguales. La pendiente lineal de la relación entre semanas y cargas de entrenamiento para los ejercicios de sentadilla y press de banca, se calculó para cada sujeto mediante regresión lineal, tal como describiéramos previamente (5). Los valores de la semana 0 y las variaciones delta entre los grupos fueron analizados mediante test-t independientes efectuando las correcciones necesarias en el nivel de alfa. No se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna variable en la semana 0 excepto en el rendimiento en 1-RM en press de banca. Por lo tanto, los valores de 1-RM en press de banca fueron analizados mediante un ANCOVA utilizando los valores de 1-RM en la semana 0 como covariable. La correlación de confiabilidad test-re-test (Rs intraclase) en todos los tests de rendimiento fue ≥ 0,95. La potencia estadística fue de 0,78 a 0,80 con un valor de P=0,05. En este estudio la significancia se definió como P≤0,05.

RESULTADOS

Cargas de Entrenamiento

No se observaron diferencias entre los grupos en el número de sesiones de entrenamiento, series, o repeticiones realizadas por semana durante el entrenamiento con ejercicios de sentadilla o press de banca. Se observó una interacción significativa entre los grupos en los kilogramos por serie (kg/serie) de sentadilla y press de banca durante el entrenamiento (Figura 1). Se observaron valores de kg/serie significativamente mayores en los sujetos supervisados desde la semanas 7 a la 11 en los ejercicios de sentadilla y en la semana 3 y de la semana 7 a 12 en los ejercicios en press de banca. Al realizar el análisis en función de las fases (es decir, preparación general, hipertrofia, fuerza ymaximización), los kg/serie de sentadilla y press de banca fueron significativamente mayores en el grupo SUP durante las fases de fuerza y

maximización. Las proporciones de aumento (pendientes) de kg/serie por semana de sentadilla y press de banca (Media ± SE) fueron significativamente mayores en el grupo SUP (7,2 ± 0,48 y 3,9 ± 0,34, respectivamente) que en el grupo UNSUP (5,6 ± 0,52 y 2,8 ± 0,25, respectivamente).

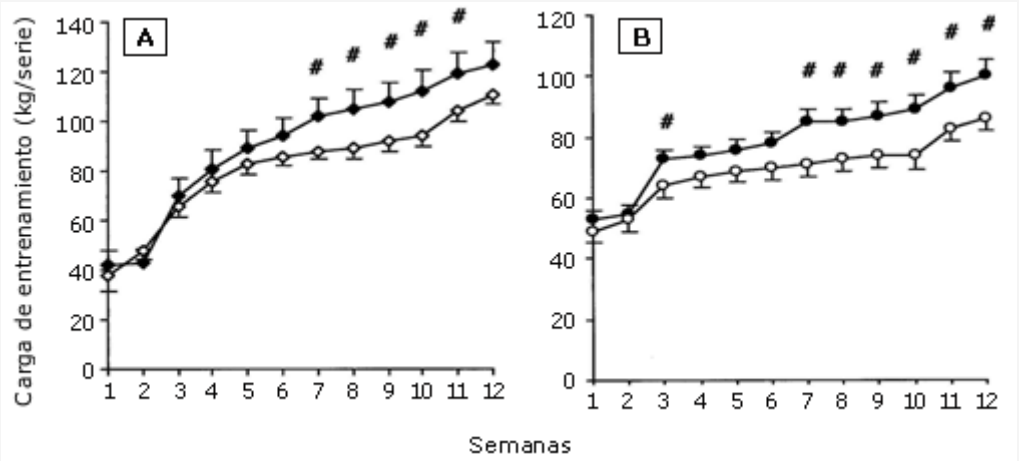

Figura 1. *Comparación de las cargas de entrenamiento (kg/serie) para los ejercicios de sentadilla (Panel A) y press de banca (Panel B) durante un programa de entrenamiento periodizado de alta intensidad. Los símbolos negros pertenecen al grupo que fue supervisado mientras que los símbolos blancos corresponden al grupo que no fue supervisado. # Valor en donde se observan diferencias significativas entre el grupo supervisado y el no supervisado (P<0,05). Los valores se presentan en forma de Media±DS.*

Fuerza en 1-RM

En la semana 0, no se observaron diferencias significativas entre los grupos para 1-RM en sentadilla, pero en los sujetos supervisados, la 1-RM en press de banca fue significativamente mayor que en el grupo UNSUP (Figura 2). Desde la semana 0 a la semana 12 se observaron aumentos significativos en 1-RM en sentadilla y press de banca en ambos grupos. Se observó una interacción significativa entre los grupos para 1-RM en sentadilla y press de banca, y los análisis *post hoc* revelaron aumentos de fuerza significativamente mayores en el grupo SUP en ambos ejercicios. Los incrementos porcentuales (Media ± SE) para sentadilla y press de banca fueron 33 ± 4,2 y 22 ± 2,2% vs. 25 ± 3,4 y 15 ± 3,6% para los grupos SUP y UNSUP respectivamente.

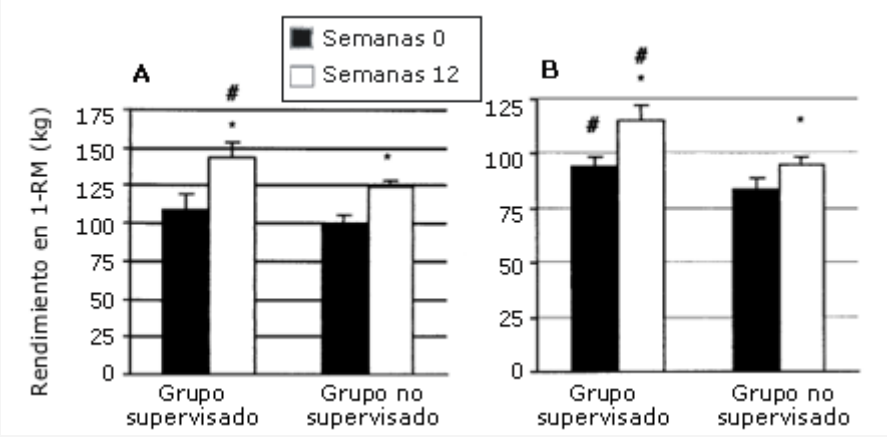

Figura 2. *Comparación entre los valores de rendimiento (kg) de 1 RM en sentadilla (Panel A) y press de banca (Panel B) en la semana 0 y después de 12 semanas de realizar entrenamiento periodizado de alta intensidad. *Indica que se observan diferencias significativas entre el valor observado en la semana 0 y la semana 12 (P<0,05). # Indica que se observaron diferencias entre los*

grupos SUP y UNSUP (P<0,05). Los valores se presentan en forma de Media±DS.

Test de Salto desde Sentadilla

Ambos grupos presentaron aumentos significativos en la producción de potencia media y máxima en salto desde sentadilla, desde la semana 0 a la semana 12 (Figura 3). No se observaron diferencias significativas entre los grupos en la producción de potencia media o máxima en la semana 0 ni en la semana 12.

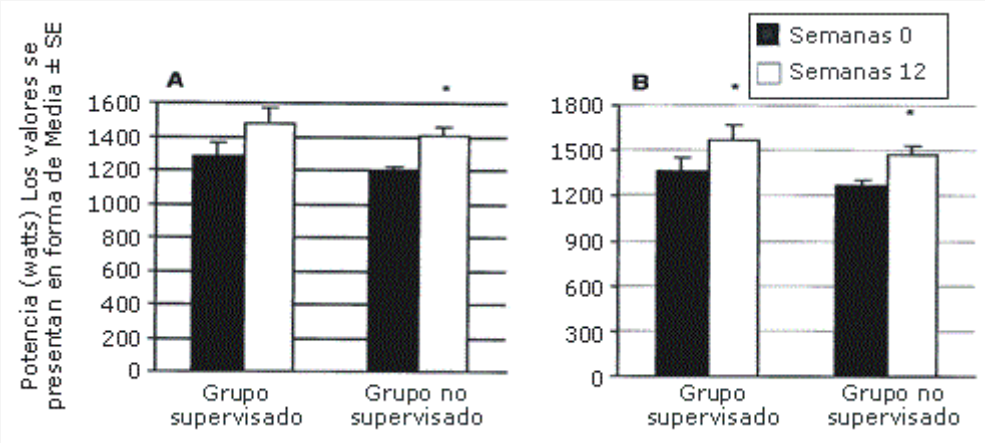

Figura 3. *Comparación entre producción de potencia (W) media (Panel A) y máxima (Panel B) producidas en una serie de saltos desde sentadilla con 10 repeticiones, obtenidas a la semana 0 y después de 12 semanas de entrenamiento periodizado de alta intensidad. * Indica que se observaron diferencias significativas entre los valores de la semana 0 y los de la semana 12 (P<0,05).*

Resistencia Muscular Local Relativa

La cantidad de repeticiones totales en press de banca no cambió en ningún grupo después del entrenamiento y no se observaron diferencias significativas entre los grupos en la semana 0 o en la semana 12 (Figura 4). La carga de resistencia en press de banca en la semana 0 (BPER) (kg) fue 80% de los valores respectivos de 1-RM en ambos grupos según el protocolo relativo de resistencia muscular local utilizado. BPER (Media ± SE) de la semana 12 aumentó significativamente a 97,6 ± 1,8 y 92,0 ± 2,7% de los valores de 1-RM previos de la semana 0, en los grupos SUP y UNSUP, respectivamente. La interacción entre los grupos para el aumento en la semana 12 del porcentaje BPER de1-RM de la semana 0 no fue significativa (P = 0,09).

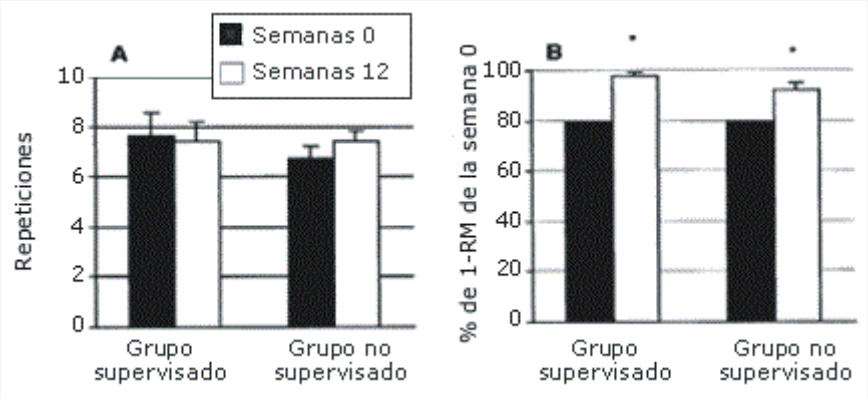

Figura 4. *Comparación entre la cantidad de repeticiones (A) y el porcentaje de 1RM de la semana cero (B) realizadas en ejercicios de resistencia muscular en press de banca, en la semana 0 y después de 12 semanas de entrenamiento periodizado con sobrecarga de alta intensidad. * Indica que se observaron diferencias significativas entre los valores de la semana 0 y los de la semana 12 (P<0,05).*

Los valores se presentan en forma de Media±DS.

Composición Corporal

La masa corporal, masa grasa y la masa magra (FFM) aumentaron significativamente desde la semana 0 a la semana 12 en el grupo SUP (Tabla 3). No se observaron cambios significativos en las variables de composición corporal de la semana 0 a la semana 12 en grupo UNSUP, aunque el % de grasa corporal aumentó de manera no significativa en el grupo de UNSUP (variación delta = 2,03%) similar al grupo SUP (variación delta = 2,10%). No se observaron interacciones significativas entre los grupos en la masa corporal, masa grasa, FFM o % de grasa corporal.

Grupo	Semana 0	Semana 12	Δ (12-0)
Masa Corporal (kg)			
SUP	85,92 ± 4,86	89,97 ± 5,12*	4,05 ± 1,06
UNSUP	84,53 ± 3,36	87,11 ± 3,69	2,59 ± 1,20
Masa Grasa (kg)			
SUP	17,69 ± 2,91	20,36 ± 2,89*	2,67 ± 0,81
UNSUP	16,36 ± 3,21	18,70 ± 3,39	2,34 ± 1,16
Masa Magra (kg)			
SUP	68,22 ± 2,55	69,60 ± 2,62*	1,38 ± 0,52
UNSUP	68,16 ± 1,50	68,41 ± 1,46	0,25 ± 0,37
Grasa Corporal (%)			
SUP	19,65 ± 2,27	21,76 ± 1,97	2,10 ± 0,77
UNSUP	18,63 ± 3,04	20,66 ± 3,08	2,03 ± 0,93

Figura 3. *Comparación de las variables de composición corporal entre el grupo con supervisión (SUP) y el grupo sin supervisión (UNSUP) al comienzo (semana 0) y luego de 12 semanas (semana12) de entrenamiento periodizado de alta intensidad. Δ =variación delta; * P<0,05, se observan diferencias significativas entre el valor observado en la semana 12 y el observado en la semana 0. Los valores se expresan en forma de Media±DS.*

DISCUSION

Los principales resultados de esta investigación fueron que la magnitud y tasa de aumento en las cargas de entrenamiento fueron mayores en el entrenamiento periodizado de alta intensidad realizado bajo supervisión directa que en el entrenamiento realizado sin supervisión. La mayor magnitud de las cargas de entrenamiento, en ejercicios de sentadilla y press de banca, observó durante el entrenamiento supervisado directamente, podría explicar el mayor rendimiento de fuerza en 1RM y el aumento en FFM en el grupo SUP después de las 12 semanas del programa de entrenamiento. La potencia media y máxima del salto desde sentadilla no respondió de manera diferente entre los grupos, pero aumentó en ambos grupos después del entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad. El rendimiento de resistencia muscular en press de banca (80% de 1-RM) no fue afectado en ninguno de los grupos de entrenamiento a pesar de que después del entrenamiento se utilizaron cargas de prueba significativamente mayores.

La proporción de aumento de las cargas de entrenamiento de sentadilla y press de banca fue mayor en los sujetos supervisados directamente que en los no supervisados, lo que indica que la progresión de las cargas de entrenamiento puede estar influenciada por la supervisión directa. Las diferencias entre los grupos en las cargas de entrenamiento en los ejercicios de sentadilla y press de banca, quedaron demostradas en las fases de fuerza de 4 semanas y en la de maximización de 2 semanas del programa de entrenamiento. Estas diferencias entre los grupos podrían no haber sido detectadas antes en el entrenamiento, porque el objetivo de las primeras dos fases era principalmente alcanzar la hipertrofia y no aumentar la fuerza. Específicamente, los kg/serie fueron mayores de la semana 7 a la 11, y en la 3 y de la 7 a 12 para en sentadilla y press de banca, respectivamente. Se ha demostrado que las cargas de entrenamiento más

pesadas aseguran la activación de las unidades motoras de contracción rápida con alto umbral de reclutamiento, que son esenciales para inducir los incrementos óptimos en la fuerza (4, 9, 12, 35). Estos datos indican que la supervisión directa del entrenamiento con sobrecarga aumenta la magnitud y la proporción del aumento de las cargas de entrenamiento de los ejercicios para múltiples articulaciones y para el miembro corporal superior e inferior con pesos libres.

Una probable explicación para la mayor intensidad de entrenamiento en el grupo SUP se relaciona con la progresión acelerada de las cargas de entrenamiento que se observó en los sujetos con supervisión directa. Como se observa en la Figura 5, esta tendencia fue evidente durante las transiciones del programa de entrenamiento (es decir, de una fase de entrenamiento a la otra) donde una intensidad más alta fue estimada a partir de una intensidad más baja. De hecho, análisis adicionales revelaron aumentos significativamente mayores (Media±DS) de la semana 2 a la 3 y de la 6 a la 7 en sentadilla (26,6±2,9 y 7,3±1,6 kg, respectivamente) y press de banca (18,0±1,9 y 7,1±1,0 kg, respectivamente) en el grupo SUP, en comparación con los aumentos en sentadilla (18,0±2,6 y 2,6±1,5 kg, respectivamente) y press de banca (11,4±1,8 y 1,3±0,9 kg, respectivamente) en el grupo UNSUP. Por lo tanto la supervisión directa, promovió el uso y la tolerancia de cargas de entrenamiento mayores en los ejercicios de sentadilla y press de banca durante el entrenamiento de alta intensidad de 3 a 8-RM, lo que podría haber optimizado la estimulación de las unidades motoras de umbral de reclutamiento alto y de la masa de tejido muscular en cada sesión (12, 31, 35). Así, el principal factor involucrado en la respuesta diferencial en el rendimiento de fuerza entre el grupo supervisado y el grupo no supervisado se relacionó con la progresión de las cargas de entrenamiento realizada por el entrenador personal.

Aunque no fue analizada en éste trabajo, otra explicación potencial para la mayor carga de entrenamiento en el grupo SUP, puede estar relacionada con diferentes factores psicológicos asociados a la supervisión constante en el grupo SUP. Específicamente, la presencia de un entrenador personal durante el entrenamiento supervisado, podría haber aumentado la competitividad (i.e, desempeñarse bien frente al público) y la motivación externa (i.e, el apoyo verbal) en los sujetos SUP. Con respecto a la motivación, es importante destacar que ambos grupos de entrenamiento utilizaron cargas de entrenamiento muy similares durante las semanas 1 y 2, y no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en las cargas de entrenamiento hasta la semana 7 del programa de entrenamiento, excepto en press de banca en la semana 3 (Figura 1). Tampoco se observaron diferencias significativas en el número de sesiones, series, o repeticiones en el entrenamiento realizado por semana durante el entrenamiento. Sobre la base de la similitud de la carga de entrenamiento en ambos grupos durante las 6 semanas iniciales del programa de entrenamiento, parece probable que la influencia de la motivación proporcionada por el entrenador personal fue menor, lo que da una mayor sustento a la consideración de la progresión de las cargas de entrenamiento como un factor fundamental para las diferencias subsiguientes en el rendimiento de fuerza entre los grupos**.**

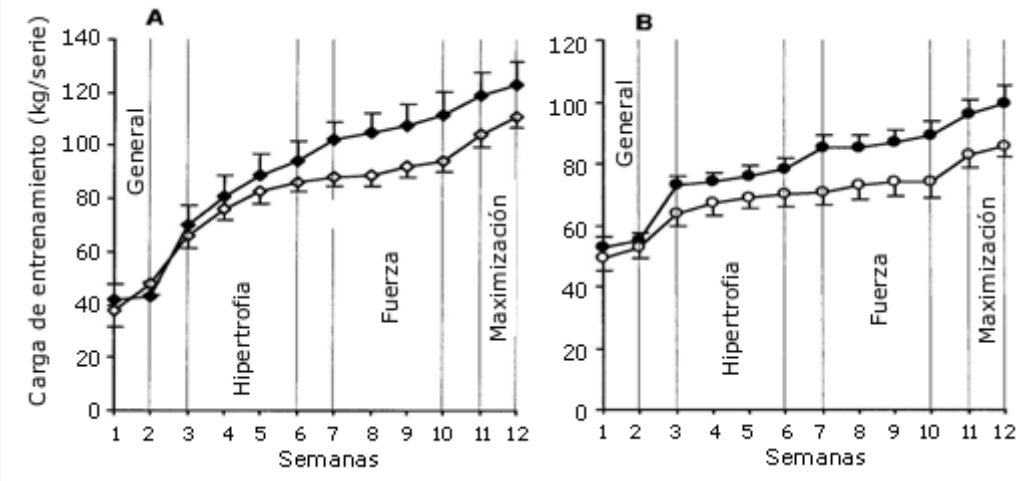

Figura 5. *Comparación de la progresión de las cargas de entrenamiento (kg/serie) entre los ejercicios de sentadillas (A) y press de banca (B) entre una fase del entrenamiento y la siguiente (i.e, fase preparatoria general (General), fase de hipertrofia, fase de fuerza y fase de maximización). Los símbolos negros pertenecen al grupo que fue supervisado mientras que los símbolos blancos corresponden al grupo que no fue supervisado. Los valores se presentan en forma de Media±DS.*

En ambos grupos se observaron aumentos significativos en la fuerza de 1-RM en los ejercicios de sentadilla y press de banca después del entrenamiento. Estos resultados coinciden con lo observado en otros estudios que también usaron entrenamiento periodizado en varones previamente entrenados y con períodos de entrenamiento experimentales similares

(2, 14, 23, 44). Los aumentos en la fuerza generalmente son atribuidos a adaptaciones neurológicas, transformaciones en las fibras musculares, e hipertrofia de las fibras musculares (27, 32, 35, 37). Se ha sugerido que las adaptaciones neurológicas serían los factores de contribución más prominentes para aumentar el rendimiento de fuerza con entrenamiento con sobrecarga a corto plazo (12, 16, 32, 35). Durante el entrenamiento a largo plazo (es decir, generalmente mayor a 6-8 semanas en sujetos previamente entrenados), se ha observado que los aumentos en el área transversal de las fibras musculares individuales debidos a la hipertrofia de la fibra, contribuyen a incrementar la capacidad de producción de fuerza del músculo (12, 16, 32, 35, 40). Estos factores subyacentes, aunque no fueron analizados en este trabajo, son posibles mecanismos para explicar los cambios en el rendimiento de fuerza.

Luego del entrenamiento, en ambos grupos se observaron aumentos significativos en la producción de potencia media y máxima en salto desde sentadilla. Estos aumentos en la potencia pueden ser sorprendentes ya que está ampliamente documentado que los programas típicos de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, producen aumentos mayores en la fuerza máxima, mientras que los cambios en las zonas de mayor velocidad de las curvas de fuerza-velocidad y potencia muscular normalmente permanecen considerablemente más bajos (12, 38, 39, 46). Por otra parte, el entrenamiento explosivo con ejercicios realizados con cargas más livianas, pero con velocidades de movimiento mucho mayores, normalmente produce aumentos, principalmente en las zonas de velocidad más altas de las curvas de fuerza-velocidad y finalmente en la potencia muscular (12,46). Este principio de especificidad del entrenamiento se cumpliría durante el presente entrenamiento de alta intensidad; sin embargo, los datos demostraron que la potencia muscular también podría aumentar después de realizar entrenamiento de la fuerza de alta intensidad "puro".

Una explicación parcial para explicar los aumentos en la potencia podría estar relacionada con las posibles adaptaciones al entrenamiento de las fibras musculares de contracción rápida. Investigaciones previas han demostrado mayor producción de potencia después de programas de entrenamiento con sobrecarga utilizando cargas pesadas (es decir, 80-90% del máximo) (33, 34, 46). Se necesitan cargas más pesadas para asegurar el reclutamiento de las unidades motoras de contracción rápida que son importantes para el rendimiento dinámico (35). Además, se ha comprobado que las fibras Tipo II contribuyen con la potencia total dos veces y media más que las fibras de Tipo I en el músculo heterogéneo (6). En la presente investigación, las pesadas cargas utilizadas en sentadilla durante las últimas fases del entrenamiento podrían haber reclutado más unidades motoras de umbral alto involucradas principalmente en la producción de altos niveles de fuerza, aumentando así, la capacidad de producir fuerza de las fibras musculares Tipo II lo suficiente para aumentar la potencia (es decir, potencia = fuerza x velocidad).

En la presente investigación la producción de potencia fue analizada principalmente para poder realizar un análisis completo de los cambios en el rendimiento después del programa de entrenamiento con sobrecarga. El hecho que la potencia media y máxima en salto desde sentadilla no respondiera de manera diferente en el entrenamiento con sobrecarga supervisado y no supervisado, no nos sorprendió porque el principal objetivo de este protocolo de entrenamiento era aumentar el rendimiento de fuerza. Por consiguiente, una explicación para la ausencia de diferencias en la producción de potencia máxima y media entre los grupos puede ser la falta de especificidad del programa de entrenamiento para el reclutamiento de unidades motoras y rendimiento de potencia, en comparación con el régimen de evaluación de salto desde sentadilla (46). A pesar del hecho que tanto el entrenamiento de alta intensidad con sentadilla, como el salto desde sentadilla involucran unidades motoras de contracción rápida con umbral alto, el salto desde sentadilla se diferencia, en que para ser realizado demanda fuerza durante menos tiempo (i.e, velocidad de desarrollo de fuerza). Por lo tanto, la maximización de los aumentos en la producción de potencia puede requerir ejercicios más específicos relacionados a la potencia con los que se pueda incrementar la velocidad de desarrollo del fuerza (11, 46). No se observaron diferencias entre los grupos en la semana 0 o en la semana 12 en las repeticiones realizadas en los tests de resistencia en press de banca, pero la BPER aumentó significativamente (Media±DS) en los dos grupos; SUP (variación Δ =17,1±2,2 kg) y UNSUP (variación Δ=9,3±1,7 kg). En la semana 12, el grupo SUP usó una BPER igual a 97,6% (DS=1,8%) de 1-RM en press de banca obtenida en la semana 0, mientras que el grupo UNSUP utilizó una BPER igual a 92,0% (SE = 2,7%) (P = 0,09) (Figura 4). Según estudios previos, los aumentos relativos en la resistencia muscular local se producen cuando se realiza un mayor número de repeticiones durante el entrenamiento (1, 13, 23). Por lo tanto, la resistencia muscular local relativa está más influenciada por la duración del trabajo físico repetitivo que por la intensidad. Nuestros resultados, coincidentes con la bibliografía existente, demuestran que la resistencia muscular local relativa no se vio comprometida por la BPER significativamente mayores en ambos grupos después del entrenamiento a pesar del énfasis de este programa de entrenamiento para aumentar el rendimiento de fuerza frente a la resistencia muscular. Sin embargo, es importante destacar el mantenimiento de las repeticiones de resistencia en el press de banca en el grupo SUP después de los incrementos significativamente mayores en BPER en comparación con el grupo UNSUP.

La masa corporal, masa grasa y FFM aumentaron significativamente después del entrenamiento en el grupo SUP, pero no se observaron cambios significativos en las variables de composición corporal en el grupo UNSUP. El aumento significativo en la masa corporal (Variación Δ = 4,05 kg) en el grupo SUP después del entrenamiento podría deberse a los aumentos significativos en la masa grasa (Variación Δ = 2,67 kg) y en FFM (Variación Δ =1,38 kg). Por otro lado, el aumento en la masa corporal en el grupo UNSUP después del entrenamiento (Variación Δ = 2,59 kg) podría deberse principalmente a un

cambio en la masa grasa (Variación Δ = 2,34 kg). El cambio mayor en la FFM que se observó en el grupo SUP en comparación con el grupo UNSUP se habría producido posiblemente porque las cargas de entrenamiento en sentadilla y press de banca fueron significativamente mayores en el grupo SUP que en el grupo UNSUP. Otras investigaciones realizadas sobre el entrenamiento de sobrecarga han demostrado que los aumentos en el tamaño de las fibras musculares fueron mayores en individuos expuestos a cargas de entrenamiento más pesadas (5, 41). Además, los cambios en FFM después de los estudios de entrenamiento con sobrecarga han sido utilizados para representar la hipertrofia de las fibras musculares (2, 45). Finalmente, estas conclusiones con respecto a las adaptaciones de composición corporal después del programa de entrenamiento con sobrecarga de 12-semanas son bastante especulativas porque los cambios en el % de grasa corporal en ambos grupos (-2%) estaban dentro del rango de error asociado con la determinación de adiposidad corporal por el método de los pliegues cutáneos (es decir, ± 3,5%) (25). Así, es posible que los cambios en la composición corporal en ambos grupos de entrenamiento puedan haber estado asociados con diferencias durante la recolección de los datos de pliegues cutáneos.

Otras explicaciones para el incremento potencial de adiposidad observado en los grupos SUP (Variación Δ = 2,10%) y UNSUP (Variación Δ = 2,03%) podrían estar relacionadas con alteraciones en los niveles de actividad aeróbica y en los hábitos dietéticos de los sujetos. Específicamente, se solicitó a todos los sujetos que no realizaran ningún ejercicio aeróbico durante las 12-semanas del programa de entrenamiento con sobrecarga para evitar los efectos atenuadores de combinar entrenamiento de alta intensidad aeróbico y entrenamiento con sobrecarga (21). Todos los sujetos también estaban informados de la importancia de la cantidad y calidad de nutrientes necesarios para la correcta recuperación durante el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, diseñado principalmente para aumentar el rendimiento de fuerza (43). Dado que es posible que se hayan producido alteraciones en los niveles de actividad aeróbica y en la ingesta dietaria, los cambios en la composición corporal en ambos grupos después del entrenamiento pueden deberse a de factores no relacionados al protocolo de entrenamiento con sobrecarga utilizado.

En síntesis, nuestros datos indican que 12 semanas de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad periodizado, supervisado directamente por un entrenador personal, provoca adaptaciones significativamente mayores en el rendimiento de fuerza, que un entrenamiento sin supervisión en varones entrenados moderadamente. Aunque los mecanismos fisiológicos responsables de las diferencias en los aumentos del rendimiento de fuerza, entre el grupo directamente supervisado y el grupos sin supervisión, no pueden ser establecidos a partir de los datos de éste estudio, parecería que el factor principal está relacionado con la magnitud y velocidad de la progresión de las cargas de entrenamiento en el grupo supervisado. Específicamente, la supervisión directa promovió el uso y la tolerancia de cargas de entrenamiento mayores, en los ejercicios de sentadilla y press de banca durante las fases de fuerza y de maximización del programa de entrenamiento de la fuerza periodizado lineal. Las cargas de entrenamiento mayores en el grupo SUP pueden haber provocado un estímulo de entrenamiento suficiente para aumentar la FFM en el grupo SUP después del entrenamiento. El entrenamiento de la fuerza de alta intensidad "puro", produce aumentos en la potencia muscular media y máxima de salto desde sentadilla, pero no afecta la resistencia muscular relativa local. Sobre la base de los resultados de este estudio, proponemos que la supervisión directa es un componente fundamental para producir las adaptaciones óptimas del rendimiento de fuerza al entrenamiento con sobrecarga periodizado, en sujetos altamente motivados y moderadamente entrenados.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer al personal del Body Works Health and Fitness Center, State College, PA, y a los sujetos participantes que hicieron que este proyecto fuera posible.

REFERENCIAS

1. ANDERSON, T., and J. T. KEARNEY (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res. Q. Exerc. Sport 53:1-7*
2. BAKER, D., G. W. WILSON, and R. CARLYON (1994). Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *J. Strength Condit. Res. 8:235-242*
3. BERGER, R. A (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Res. Q. 33:168-181*
4. DELORME, T. L (1945). Restoration of muscle power by heavy resistance exercise. *J. Bone Joint Surg. 27:645-667*
5. DUDLEY, G. A., P. A. TESCH, B. J. MILLER, and P. BUCHANAN (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat. SpaceEnviron. Med. 62:543-550*
6. FAULKNER, J. A., D. R. CLAFLIN, and K. K. MCCULLY (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In: Human Muscle Power. *N.L. Jones, N. McCartney, and A. J. McComas (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 81-94*
7. FLECK, S. J., and W. J. KRAEMER (1997). Designing Resistance Traming Programs. *2nd Ed. Champaign, IL: Human Kinetics, pp.*

98-100
8. FORBES, G. B (1993). The companionship of lean and fat. In: Human Body Composition: In Vivo Methods, Models, and Assessment. *J. Ellis and J. D. Eastman (Eds.). New York: Plenum Press, pp. 1–14*
9. GARHAMMER, J., and B. TAKANO (1992). Training for weightlifting. In: Strength and Power in Sport. *P. V. Komi (Ed.). Boston: Blackwell Scientific Publications, pp. 357–369*
10. HAKKINEN, K (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization: a review. *Crit. Rev. Phys. Rehabil. Med. 6:161–198*
11. HICKSON, R. C., K. HIDAKA, and C. FOSTER (1994). Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength-related performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 26:593–598*
12. HOFFMAN, J. R., W. J. KRAEMER, A. C. FRY, M. DESCHENES, and M. KEMP (1990). The effects of self-selection for frequency of training in a winter conditioning program for football. *J. Appl. Sport Sci. Res. 4:76–82*
13. JACKSON, A. S., and M. L. POLLOCK (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr. 40:497–504*
14. KOMI, P. V (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int. J. Sports Med. 7:10–15*
15. KRAEMER, W. J., B. J. NOBLE, M. J. CLARK, and B. W. CULVER (1987). responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int. J. Sports Med. 8:247–252*
16. KRAEMER, W. J., M. R. DESCHENES, and S. J. FLECK (1988). Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic condi-tioning. *Sports Med. 6:246–256*
17. KRAEMER, W. J., M. R. DESCHENES, and S. J. FLECK (1988). Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic condi-tioning. *Sports Med. 6:246–256*
18. KRAEMER, W. J., S. E. GORDON, S. J. FLECK, et al (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int. J. Sports Med. 12:228– 235*
19. KRAEMER, W. J., J. F. PATTON, S. E. GORDON, et al (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol. 78:976–989*
20. KRAEMER, W. J. S. J. FLECK, and W. J. EVANS (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exerc. Sports Sci. Rev. 24:363–397*
21. KRAEMER, W. J (1997). A series of studies-the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *J. Strength Condit. Res. 11:131–142*
22. LOHMAN, T. G., A. F. ROCHE, and R. MARTORELL (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Champaign, IL: Human Ki-netics Books, pp. 55–70*
23. MAHLER, D. A., V. F. FROELICHER, N. H. MILLER, and T. D. YORK (EDS.) (1995). ACSM–s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *5th Ed. Media, PA: Williams & Wilkins, pp. 245–287*
24. MATVEYEV, L (1981). Fundamentals of Sports Training. Moscow. *Progress Publishers, pp. 309*
25. MORITANI, T., and H. A. DEVRIES (1979). Neural factors versus hypertro-phy in the time course of muscle strength gain. *Am. J. Physiol. Med. 82:521–524*
26. OSTROWSKI, K. J., G. J. WILSON, R. WEATHERBY, P. W. MURPHY, and A. D. LYTTLE (1997). The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *J. Strength Condit. Res. 11:148–154*
27. PLOUTZ, L. L., P. A. TESCH, R. L. BIRO, and G. A. DUDLEY (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J. Appl. Physiol. 76:1675–81*
28. SALE, D. G (1992). Neural adaptation to strength training. In: Strength and Power in Sport. *P. V. Komi (Ed.). Boston: Blackwell Scientific Publications, pp. 249–265*
29. SCHMIDTBLEICHER, D., and G. HARALAMBIE (1981). Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *Eur. J. Appl. Physiol. 46:221–228*
30. SCHMIDTBLEICHER, D., and M. BUEHRLE (1987). Neuronal adaptations and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. *In: Biomechanics X-B, Vol. 6-B, G. B. Johnson (Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 615–620*
31. SCHMIDTBLEICHER, D (1988). Muscular mechanics and neuromuscular control. *In: Swimming Sci., V Int. Series Sport Sci., B. E. Ungerechts, K. Wilke, and K. Reischle (Eds.). Champaign, IL: Human Kinet-ics, pp. 131–148*
32. SIRI, W. E (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *In: Techniques for Measuring Body Compo-sition. J. Brozek and A. Henschel (Eds.). Washington, DC: National Academy of Sciences. pp. 223–244*
33. STARON, R. S., D. L. KARAPONDO, W. J. KRAEMER, et al (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J. Appl. Physiol. 76:1247–1255*
34. STOWERS, T., J. MCMILLAN, D. SCALA, V. DAVIS, D. WILSON, and M. STONE (1983). The short term effects of three different strength-power training methods. *NSCA J. 5:24–27*
35. TESCH, P. A., and J. KARLSSON (1985). Muscle fiber types and size in trained and untrained muscle of elite athletes. *J. Appl. Physiol. 59:1716–1720*
36. TESCH, P. A., P. V. KOMI, and K. HAKKINEN (1987). Enzymatic adaptations consequent to long-term strength training. *Int. J. Sports Med. (Suppl.) 8:66–69*
37. TESCH, P. A (1992). Training for bodybuilding. In: Strength and Power in Sport. *P. V. Komi (Ed.). Boston: Blackwell Scientific Publica-tions, pp. 370–380*
38. VOLEK, J. S (1997). Energy metabolism and high intensity exercise: dietary concerns for optimal recovery. *NSCA J. 19(5):26 –37*
39. WILLOUGHBY, D. S (1993). The effects of mesocycle-length weight train-ing programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *J. Strength Condit. Res. 7:2–8*
40. WILMORE, J. H (1974). Alterations in strength, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Med. Sci. Sports. 6:133–138*
41. WILSON G. J., R. U. NEWTON, A. J. MURPHY, and B. J. HUMPHRIES (1993). The optimal training load for the development of

dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 25:1279–1286*
42. WITHERS, R. T (1970). Effect of varied weight-training loads on the strength of university freshmen. *Res. Q. 41:110–114*
43. ZATSIORSKY, V. M (1995). cience and Practice of Strength Training. *Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 200–210. 1184 Official Journal of the American College of Sports Medicine*

Cita Original

Mazzetti, S. A., W. J. Kraemer, J. S. Volek, N. D. Duncan, N. A. Ratamess, A. L. Gómez, R. U. Newton, K. Hakkinen, And S. J. Fleck. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. Med. Sci. Sports Exerc, Vol. 32, No. 6, pp. 1175-1184, 2000