PubliCE, (PubliCE) 2002

Research

El Desentrenamiento Produce Cambios Mínimos en el Rendimiento Físico y en las Variables Hormonales en Hombres Recreacionalmente Entrenados en Fuerza

Keijo Häkkinen[3], William J Kraemer[1], Jeff S Volek[1], Scott E Gordon[2], Nicholas A Ratamess[1], Prof. Mikel Izquierdo[4], A. C Fry[2], Ana L Gómez[1], Martín R Rubin[1] y Duncan N French[1]

[1]*The Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology Unit 1110, The University of Connecticut, Storrs, Connecticut.*
[2]*Laboratory of Sports Medicine, Department of Kinesiology, Center for Sports Medicine, Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802.*
[3]*Neuromuscular Research Center and Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, SF-40700 Jyväskylä, Finland.*
[4]*Research and Sport Medicine Center, Government of Navarra, Pamplona, España.*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue examinar los cambios en la fuerza y potencia muscular y en las concentraciones hormonales en reposo durante 6 semanas de desentrenamiento (DTR) en hombres recreacionalmente entrenados en fuerza. Cada sujeto fue asignado aleatoriamente a un grupo DTR (n=9) o a un grupo entrenamiento de la fuerza (RT; n=7), después de haber sido equiparados en fuerza, tamaño corporal, y experiencia de entrenamiento. Las evaluaciones de fuerza y potencia, antropometría, y muestras sanguíneas fueron realizadas antes del período experimental (T1), después de 3 semanas (T2), y después del período experimental de 6 semanas (T3). La fuerza en una repetición máxima (1 RM) en hombros y en press de banca se incrementó en el RT en T3 ($p \leq 0.05$), mientras que no fueron observados cambios significativos en el DTR. La producción de potencia pico y la producción de potencia media disminuyó significativamente (9 y 10%) en el DTR en T2. El torque pico de los flexores del codo a 90º no cambió en el grupo RT, pero disminuyó significativamente en 11.9% en T3 en comparación con T1 en el grupo DTR. La altura del salto vertical se incrementó en el RT en T2, pero no cambió en el DTR. Ningún grupo experimentó ningún cambio en la 1 RM en sentadilla, masa corporal, porcentaje de grasa corporal, o concentraciones en reposo de hormona del crecimiento, hormona folículo estimulante, hormona luteinizante, globulina ligadora de las hormonas sexuales, testosterona, cortisol o adrenocorticotropina. Estos datos demuestran que 6 semanas de DTR en sobrecarga en hombres recreacionalmente entrenados afectan a la potencia más que a la fuerza sin ningún cambio en las concentraciones hormonales en reposo. Para el entrenador de pesas recreacional, se debe tener menos preocupación de las pérdidas de fuerza a través de 6 semanas en comparación con la potencia anaeróbica y la producción de fuerza isométrica en el tren superior. Los ejercicios de potencia anaeróbica con un alto componente metabólico proveniente de la glucólisis podrían ser importantes para reducir el impacto del DTR en el rendimiento de potencia en el test de Wingate. Es recomendado un programa de entrenamiento de mantenimiento mínimo para el levantador recreacional para compensar cualquier disminución en el rendimiento.

Palabras Clave: anaeróbico, test de wingate, repetición máxima, potencia, endócrino

INTRODUCCION

La cesación del entrenamiento de la fuerza (RT) o la reducción significativa del volumen, intensidad, o frecuencia de entrenamiento resulta en el desentrenamiento (DTR) (4). Han sido reportados cambios fisiológicos correspondientes a la disminución de la capacidad de rendimiento después de períodos de reducción significativa del entrenamiento (13), cesación completa del entrenamiento (2, 37, 38), e inmovilización (26, 27). La magnitud puede ser dependiente de la longitud del período de DTR (6, 7, 9) y de cuan altamente entrenado este el individuo (15, 35). Considerando que los períodos de DTR son comunes entre los atletas, pero pueden serlo más para individuos que se ejercitan regularmente para propósitos de mejora de la aptitud física, el entendimiento de los efectos de la cesación del entrenamiento o DTR es también importante para el entrenamiento para la aptitud física de fuerza.

Parece que el DTR es un estado fisiológico complejo, que puede implicar distintos mecanismos contribuyentes a la disminución del rendimiento. Las investigaciones previas han demostrado disminuciones en la fuerza muscular (1, 15, 35) después de períodos de DTR de 2-32 semanas, pero no hasta el punto de los valores pre-entrenamiento (14, 16), indicando un “efecto de DTR” más lento que la tasa a la cual ocurrieron las mejoras iniciales. Además, la retención de fuerza es mayor cuando son incluidas acciones musculares excéntricas (3, 14, 16). Los mecanismos de pérdida de fuerza parecen estar menos claros. Las disminuciones en la electromiografía integrada máxima (IEMG) han sido reportadas entre 2 a 12 semanas de DTR (6, 7, 9, 15). Ha sido propuesto que los mecanismos implicados con las reducciones en la fuerza relacionadas al DTR pueden implicar cambios predominantemente neurales con un rol gradualmente incremental de la atrofia durante períodos de DTR de larga duración (7).

Han sido reportadas disminuciones en el tamaño de las fibras musculares (9, 15, 21, 36) con cambios concomitantes en la composición del tipo de fibras (35, 36) después de períodos de DTR. Häkkinen et al. (9) y Staron et al. (35) reportaron disminuciones en tanto el área de las fibras musculares de contracción rápida, como de contracción lenta después del DTR en levantadores recreacionalemente entrenados y levantadores de potencia altamente entrenados. Hortobagyi et al. (15) reportaron una disminución significativa en el tamaño de las fibras musculares de contracción rápida después de solo 2 semanas de DTR en levantadores de potencia y jugadores de fútbol altamente entrenados. Así, la atrofia es un factor contribuyente a las pérdidas de fuerza relacionadas al DTR y puede ser más aparente en individuos que han experimentado una magnitud significativa de hipertrofia.

Pocos estudios han examinado los cambios en las concentraciones hormonales después del DTR. No han sido reportadas diferencias significativas en la testosterona (T), cortisol (C), globulina ligadora de las hormonas sexuales, hormona luteinizante, hormona del crecimiento (GH), hormona folículo estimulante, y hormonas tiroideas durante 8-12 semanas de DTR (11, 13, 30). Además, Häkkinen et al. (11) reportaron una reducción significativa en el índice T/C en hombres, lo cual correlacionó altamente con las disminuciones de fuerza. En contraste, Hortobagyi et al. (15) reportaron incrementos significativos en la GH, T, e índice T/C con una disminución significativa en C después de 2 semanas de DTR en levantadores de potencia y jugadores de fútbol altamente entrenados. Ellos hipotetizaron que este incremento en las hormonas anabólicas estuvo relacionado a la capacidad del cuerpo de combatir los procesos catabólicos asociados con el DTR. Sin embargo, es posible que el incremento en las hormonas circulantes puede no resultar en anabolismo al nivel de los tejidos (24). Así, la respuesta hormonal al DTR parece ser variada y puede depender de cuan altamente entrenado este el individuo y la historia de entrenamiento reciente del individuo (4).

Poco es sabido con respecto a los efectos del DTR sobre la potencia muscular determinada usando el test de Wingate. Considerando que la fuerza es un componente integral de la potencia y que la mayoría de los estudios reportan reducciones significativas en la producción de fuerza en el DTR (6, 9, 29), parece razonable hipotetizar que la potencia puede ser reducida por el DTR, especialmente cuando está asociada con altas concentraciones de lactato (e.g., Wingate test). Las investigaciones que investigaron los cambios en el rendimiento del salto vertical después del DTR no han mostrado cambios después de 2 semanas (15) y una reducción del 3-5% después de 12 semanas de DTR. Además Häkkinen et al. (6, 9) no reportaron ningún cambio o cambios mínimos en la tasa de desarrollo de la fuerza después de 8 y 12 semanas de DTR, e Ishida et al. (18) reportaron un incremento en la tasa de desarrollo de la fuerza después de 8 semanas de DTR. Parece que la capacidad de producción de fuerza rápida puede no ser alterada o mejorada con cortos períodos de DTR de corta duración, pero las disminuciones de la potencia anaeróbica pico en el test de Wingate están menos claras.

Los estudios previos han establecido solo parcialmente los efectos del DTR en los individuos que están entrenando principalmente para mejorar la aptitud muscular y la salud de manera recreacional. Así, el objetivo de esta investigación

fue examinar el impacto de 6 semanas de DTR sobre los rendimientos de fuerza y potencia muscular en hombres implicados en RT recreacional. Un segundo propósito fue examinar las concentraciones hormonales séricas en reposo para determinar si alguna evidencia podría implicar una base hormonal subyacente de los efectos del DTR.

METODOS

Aproximación Experimental al Problema

Con el objeto de establecer la principal hipótesis presentada en esta investigación, nosotros seleccionamos a hombres que estuvieran implicados en RT para mejorar su salud y su aptitud muscular. Cada sujeto había estado entrenando consistentemente a través de los pasados años y había sido equiparado de acuerdo a su historia de entrenamiento (i.e., años de experiencia), tamaño corporal, y fuerza muscular. Subsiguientemente, cada participante fue asignado al azar a un grupo DTR (n=9) o a un grupo RT (n=7). El grupo DTR discontinuó el RT y no realizó ningún ejercicio de fuerza o velocidad (incluyendo labor manual) o ejercicio formal a través de todas las 6 semanas del período experimental. El grupo RT continuó con sus cargas de entrenamiento de fuerza regulares durante el período de 6 semanas. Así, el diseño de este estudio nos permitió hacer comparaciones entre los 2 grupos similares de hombres recreacionalmente entrenados en fuerza, 1 que continuó el entrenamiento y 1 que interrumpió completamente el entrenamiento durante 6 semanas. El entrenamiento de la fuerza que conducía al período de desentrenamiento fue realizado 2-4 días por semana y consistía de ejercicios que estresaban todos los principales grupos musculares usando series múltiples (i.e., 3-5 por ejercicio) para 6-10 repeticiones con cargas correspondientes al 70-85% de 1 repetición máxima (1RM). Las evaluaciones de antropometría, fuerza muscular, potencia, y concentraciones de hormonas séricas fueron realizadas inmediatamente antes del período experimental de DTR, después de 3 semanas, y en la finalización de las 6 semanas del período de DTR.

Sujetos

Los sujetos consistieron de hombres sanos entre las edades de 18 y 35 años. Los riesgos del estudio fueron explicados a los sujetos antes de la participación, y cada sujeto firmó un documento de consentimiento informado aprobado institucionalmente antes de la participación en la investigación. Las características físicas de los sujetos son presentadas en la Tabla 1. 2 sujetos en el grupo RT abandonaron el estudio debido a conflictos de horarios. Cada sujeto había estado implicado en RT recreacional (no competitivo) 2-4 días por semana por un mínimo de 2 años. Además, el entrenamiento fue monitoreado durante las 6 semanas precedentes para asegurar una condición inicial de entrenamiento consistente que condujera al período de DTR de modo que ningún sujeto iniciara el estudio en un estado desentrenado. Los sujetos estaban familiarizados con todos los procedimientos de evaluación antes del inicio de las evaluaciones.

Procedimientos de Evaluación

En el presente estudio fueron realizadas evaluaciones de la masa y la composición corporal, el rendimiento en el salto vertical, fuerza del tren superior e inferior, potencia anaeróbica, y concentraciones hormonales en reposo. No fue permitido ningún ejercicio intenso en el período de 48 horas antes de la sesión de evaluación, y no fue permitido el consumo de alcohol durante las 24 horas finales. Todos los sujetos fueron evaluados en la misma hora del día para cada punto de tiempo de evaluación durante el estudio. Todas las sesiones de evaluación duraron aproximadamente 2.5 horas y fueron conducidas entre las 09:00 y 14:30 horas. El fundamento para el orden de evaluación estuvo basado en el nivel de fatiga asociado con cada evaluación, y nosotros empezamos con las evaluaciones de menor fatiga. La confiabilidad test-retest para el orden que usamos demostró altos R intraclase (R≥0.93). Además, cada sujeto se acostumbró a realizar intentos máximos. De este modo, todos los sujetos experimentaron el protocolo de evaluación en el mismo orden descrito de la siguiente forma: (a) Muestras sanguíneas (09:00-12:00 horas), (b) Antropometría: talla, masa corporal, porcentaje de grasa corporal, y mediciones de perímetros, (c) Salto vertical (30 minutos de descanso), (d) fuerza isoquinética e isométrica (30 minutos de descanso), (e) 1RM en press de banca (60 minutos de descanso), (f) 1RM en sentadilla (60 minutos de descanso), (g) 1RM press militar detrás de la nuca (60 minutos de descanso), (h) test de potencia anaeróbica de Wingate en bicicleta ergométrica.

Antropometría

La densidad corporal fue estimada con un calibre de pliegues cutáneos Lange (Country Technology, Gays Mills, WI) usando el método de 7 pliegues previamente descrito (19). Los sitios medidos fueron pectoral, tricipital, axilar medio, subescapular, abdominal, suprailíaco, y muslo. El porcentaje de grasa corporal fue estimado usando la ecuación de Siri (34). Las mediciones de perímetros fueron obtenidas para el pecho, cadera, muslo proximal, brazo, cadera, y cintura usando una cinta antropométrica Gulick y fueron medidos de acuerdo a los métodos previamente descritos (31). El mismo

investigador realizó todas las evaluaciones de medición de los pliegues cutáneos y perímetros.

Rendimiento en el Salto Vertical

La altura del salto vertical con contramovimiento (CMVJ) fue medida usando un Vertec (Sports Imports, Inc., Columbus, OH). Cada sujeto se paraba con todo el pie apoyado en el piso y extendía sus brazos tanto como fuera posible. Esta altura inicial era registrada, y la distancia era calculada. Cada sujeto luego procedía a realizar un CMVJ máximo, para en el proceso tocar la marca más alta del Vertec que sea posible. Esta área era marcada, y la distancia era calculada. Fue usado un impulso de 61cm, y no fue permitido ningún paso de aproximación. La altura máxima del CMVJ fue determinada por medio de la sustracción de la altura inicial de la altura alcanzada durante el salto. Después de 3 saltos de práctica, fueron realizados 3 intentos, y fue registrado el valor más alto.

Fuerza Muscular

Los procedimientos usados para la evaluación de la fuerza isométrica máxima han sido resumidos por Sale (32). Fue evaluada la fuerza isométrica de los extensores y flexores del codo y la rodilla usando un dinamómetro Cybex II (Lumex Corp., Ronkonkoma, NY). El torque isométrico pico fue medido en un ángulo de rodilla de 45º y en un ángulo del codo de 90º. Los sujetos fueron instruidos para ejercer fuerza máxima por 5 segundos durante 3 intentos, siendo registrado el mayor torque para los posteriores análisis.

La fuerza muscular dinámica del tren superior e inferior fue medida usando 1RM en press de banca, press militar detrás de la nuca y sentadilla (23). Brevemente, cada sujeto realizó 2 series de entrada en calor con el 40-60% y el 60-80% de su 1RM percibida para cada ejercicio. Cada serie subsiguiente fue realizada para 1 repetición a medida que la carga era progresivamente incrementada hasta que los sujetos alcanzaban su respectivo 1RM. Todas las 1RM fueron determinadas dentro de 5 series para evitar la fatiga excesiva. El orden de los ejercicios fue press de banca, sentadilla, y press militar detrás de la nuca. Fueron usadas técnicas y procedimientos estandarizados (i.e., ancho del agarre, rango de movimiento, posición corporal, y biomecánica) para los 3 ejercicios. Cualquier levantamiento que fallara en alcanzar los criterios estandarizados era descartado.

Test de Potencia Anaeróbica de Wingate

El test de potencia anaeróbica de Wingate fue realizado en una bicicleta ergométrica (Monark Ergometer Model 818E; Monark AB, Varberg, Suecia) sujetada al suelo y modificada para permitir la aplicación instantánea de una fuerza de oposición de $0.736 N.kg^{-1}$ de masa corporal. La altura del asiento fue ajustada de modo que las rodillas estuvieran ligeramente flexionadas (aproximadamente 10º) cuando el pedal del mismo lado estuviera en su posición más baja durante la revolución. Los sujetos realizaron una entrada en calor de 2 minutos usando una resistencia y cadencia seleccionada por ellos mismos seguida por 1 minuto de descanso. Subsiguientemente, los sujetos fueron instruidos para pedalear lo más rápido posible con un esfuerzo máximo contra la resistencia inercial de la rueda, la resistencia fue aplicada al inicio del test. A los sujetos se les pidió que se mantuvieran sentados a través de toda la serie de 30 segundos, y fue proporcionado aliento verbal durante la evaluación. Las revoluciones de la rueda fueron monitoreadas y registradas para cada uno de los segmentos de 5 segundos por medio de un sistema de detección electromagnético con una interfase a una impresora (Miniprinter Model#MM2481/5S1; Keltron Corporation, Waltham, MA). La producción de potencia fue calculada usando el número de revoluciones de la rueda y la fuerza de oposición. La potencia pico fue determinada como la más alta producción de potencia promedio en un segmento de 5 segundos. La potencia media fue calculada usando el número total de revoluciones para la serie de 30 segundos. Los datos del test de Wingate fueron obtenidos solo en T1 y T2, debido a un problema técnico en T3.

Muestras Sanguíneas

Fueron obtenidas muestras de sangre venosa a partir de los sujetos que estaban en una posición semirrecostada hasta el arribo de las sesiones de evaluación después de una noche de ayuno, en T1, T2 y T3. Las muestras de sangre venosa fueron obtenidas a partir de una vena superficial del brazo en el aspecto radial del brazo usando una aguja de 20 vacutainer. Antes de obtener una muestra sanguínea en reposo, fue permitido que transcurriera un período de equilibración de 20 minutos. Fueron obtenidas muestras sanguíneas a la misma hora del día para todos los sujetos (09:00 y 12:00 horas) para reducir cualquier posible efecto de las variaciones diurnas en las concentraciones hormonales. Todas las muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 1500 g durante 15 minutos, las muestras séricas y plasmáticas fueron obtenidas, y almacenadas a -80 ºC hasta los análisis.

Análisis Bioquímicos

Las concentraciones séricas en reposo de C, T, y globulina ligadora de hormonas sexuales (SHBG) fueron determinadas por medio de inmunoensayo de 125I en fase sólida de anticuerpo único (Diagnostic Products Corp., Los Angeles, CA) con

límites de detección de 5.3, 0.38, y 6.0 nmol.L^{-1}, respectivamente. Fueron usados un contador gamma Clini Modelo 1272 LKB y un sistema de reducción de datos on-line (Pharmacia LKB Nuclear, Inc., Gaithersburg, MD) para determinar los valores de inmunorreactividad. Las concentraciones séricas en reposo de hormona folículo estimulante (FSH), hormona luteinizante (LH), y de hormona adrenocorticotropa plasmática (ACTH) fueron medidas usando radioinmunoensayo en fase líquida con técnica de doble anticuerpo (Diagnostic). Las concentraciones de hormona GH sérica fueron determinadas en duplicado por medio de radioinmunoensayo 125I de doble anticuerpo (Diagnostic). Todas las muestras fueron analizadas en duplicado y fueron decodificadas solo después de que los análisis fueron completados (i.e., procedimientos de análisis ciego). La varianza intra-análisis fue menor al 5% para todas estas hormonas. Todas las muestras para cualquier hormona fueron analizadas dentro de mismo análisis para eliminar el efecto de varianza inter-análisis. Además, las muestras fueron descongeladas solo una vez antes de los análisis.

Análisis Estadísticos

Un análisis de varianza de dos vías (grupo x tiempo) con mediciones repetidas fue usado para analizar los cambios en todas las variables entre los puntos de tiempo. Cuando fue apropiado, fueron usados análisis post hoc Tukey para determinar las diferencias entre T1, T2, y T3. Usando el software nQuery Advisor® (Statistical Solutions, Saugus, MA) los valores de potencia estadística para cada variable dependiente con el tamaño del n usado estuvieron entre 0.79 y 0.85 al nivel alfa de 0.05. Fueron usados análisis de correlación momento-producto de Pearson para examinar distintas correlaciones divariadas. La condición de significancia estadística elegida en este estudio fue de $p \leq 0.05$. Los datos son reportados como media±DS.

RESULTADOS

Antropometría

La masa corporal no cambió significativamente en ningún grupo (RT=76.3±21.0 pre, 76.8±20.7 post; DTR=79.4±11.2 pre, 79.0±10.7 post). El porcentaje de grasa corporal se incrementó en ambos grupos, pero ninguno de estos incrementos fue significativo (RT=13.0±8.2% pre, 13.8±7.5% post; DTR=17.5±5.5% pre, 18.3±5.5% post). No fueron observadas diferencias significativas para los perímetros de la cadera, cintura, brazo, muslo y pecho en ningún grupo.

Fuerza Muscular Dinámica

Los resultados de los cambios en la fuerza muscular dinámica a través de todo el período experimental de 6 semanas son presentados en la Figura 1 (paneles A, B, y C). No fueron observadas diferencias significativas para 1RM en press de banca y press detrás de la nuca en T2 en ninguno de los grupos. Sin embargo, fueron observados incrementos significativos en 1RM en press de banca y press detrás de la nuca para el grupo RT en T3. Las disminuciones observadas para estos dos ejercicios en el grupo DTR no fueron significativas. No fueron observadas diferencias significativas en 1RM en sentadilla en ningún grupo. Cuando la 1RM para los 3 ejercicios fue totalizada, los valores del grupo RT se incrementaron significativamente desde T1 hasta T3 (223.4±35.7 hasta 237.7±43.5kg) mientras que los valores del grupo DTR mostraron una disminución no significativa (p=0.14) (231.5±31.6 hasta 226.1±27.3kg). Cuando fue calculado el índice de la carga total levantada sobre la masa corporal, fue observada una tendencia hacia el incremento (p=0.06) en el grupo RT (3.06±0.8 hasta 3.19±0.7), mientras que fue observada una disminución no significativa en el grupo DTR (2.98±0.4 hasta 2.94±0.4).

Torque Pico Isométrico

Los datos del torque pico isométrico de los extensores y flexores del codo y la rodilla son presentados en la Tabla 2. El torque pico de los extensores del codo a 90º no cambió en el grupo RT, pero disminuyó en un 17.5% en el grupo DTR. Sin embargo, fue observada solo una tendencia a la disminución (p=0.10) entre T3 y T1. El torque pico de los flexores del codo a 90º no cambió en el grupo RT, pero disminuyó significativamente en un 11.9% en T3 en comparación con T1 en el grupo DTR. El torque pico de los extensores de la rodilla a 45º disminuyó significativamente en ambos grupos entre T3 y T1. Esta disminución no fue estadísticamente significativa.

Rendimiento en Potencia Anaeróbica y Salto Vertical

Los cambios en el rendimiento en potencia anaeróbica y salto vertical son presentados en la Tabla 3. Tanto la potencia pico como la potencia media obtenidas por medio del test de Wingate no cambiaron en el grupo RT entre T1 y T2. Sin embargo, fueron observadas disminuciones significativas en el grupo DTR entre T1 y T2 para la potencia pico y potencia media (8.7 y

10.2%, respectivamente). Es importante señalar que el test de Wingate no fue realizado en T3. La altura del salto vertical se incrementó significativamente en el grupo RT en T2, pero no mostró ningún cambio posterior en T3. No fueron observadas diferencias significativas en el grupo DTR.

Concentraciones Hormonales en Reposo

Los cambios en T, C, e índice T/C son presentados en la Figura 2 (paneles A, B, y C). No fueron observados cambios en las concentraciones séricas de T en reposo para ningún grupo. Las concentraciones de C séricas en reposo no cambiaron significativamente en el grupo DTR, pero disminuyeron en un 20.8% en el grupo RT, mientras que el grupo DTR no mostró disminuciones significativas. Del mismo modo, hubo un incremento no significativo en el índice T/C para el grupo RT, y no fueron observados cambios en el grupo DTR. Además, no hubo diferencias significativas observadas en las concentraciones séricas en reposo de SHBG, LH, FSH, y GH, y no fueron observados cambios en las concentraciones plasmáticas en reposo de ACTH en ningún punto de tiempo (ver Tabla 4).

	RT (n=7)	DTR (n=9)
Edad (años)	21.9±1.9	21.1±0.6
Altura (cm)	178.4±2.0	175.6±2.2
Masa corporal (kg)	76.3±7.9	79.4±3.7
Grasa corporal (%)	13.0±3.1	17.5±1.8

Tabla 1. *Características de los sujetos. RT=entrenamiento de la fuerza; DTR=desentrenamiento.*

	RT (media±DS)	DTR (media±DS)
Torque pico de la extensión del codo (N.m)		
T1	76.7±38.1	62.8±9.5
T2	68.9±15.7	56.3±15.7
T3	71.6±22.0	51.8±13.9
Torque pico de la flexión del codo (N.m)		
T1	84.8±17.6	75.5±13.1
T2	82.7±14.1	70.0±12.6
T3	84.2±12.5	66.5±14.8 *
Torque pico de la extensión de la rodilla		
T1	221.0±23.2	190.6±51.8
T2	204.2±47.9	196.7±39.6
T3	194.6±20.1	183.8±41.5
Torque pico de la flexión de rodilla (N.m)		
T1	158.4±24.1	133.3±38.6
T2	162.2±20.6	127.9±40.0
T3	157.7±26.8	121.1±31.2

Tabla 2. *Cambios en el torque pico isométrico durante el entrenamiento y el desentrenamiento. RT=entrenamiento de la fuerza; DTR=desentrenamiento.* $p<0.05$ *con respecto al correspondiente punto de tiempo T1.*

	RT (media±DS)	DTR (media±DS)
Potencia pico (W)		
T1	802.4±128.8	859.0±111.2
T2	802.7±186.2	784.3±143.2 *
Potencia media (W)		
T1	468.3±67.4	503.9±79.9
T2	468.3±54.6	452.4±99.8 *
Altura del salto vertical (cm)		
T1	46.6±9.7	44.6±5.8
T2	50.4±8.2 *	46.8±7.0
T3	49.7±10.3	46.7±8.5

Tabla 3. *Cambios en la potencia anaeróbica y en el salto vertical durante el entrenamiento y el desentrenamiento. RT=entrenamiento de la fuerza; DTR=desentrenamiento. * p<0.05 con respecto al correspondiente punto de tiempo T1.*

Grupo	T1	T2	T3
ACTH (pmol.L^{-1})			
CRT	4.2±5.0	2.4±3.1	4.3±5.0
DTR	4.9±3.0	3.8±4.0	2.7±3.0
GH (µg.L^{-1})			
CRT	1.4±2.4	1.0±1.7	0.8±0.9
DTR	2.0±2.0	1.35±1.0	0.6±1.1
FSH (IU.L^{-1})			
CRT	6.2±4.0	5.8±3.6	6.4±4.5
	6.2±3.3	6.5±4.1	6.1±4.5
LH (IU.L^{-1})			
CRT	3.2±1.5	5.0±2.7	5.2±2.2
DTR	3.9±1.9	4.3±1.9	3.7±2.1
SHBG (nmol.L^{-1})			
CRT	21.2±17.0	15.1±11.7	21.5±17.8
DTR	15.5±12	17.2±12.0	15.1±11.4

Tabla 4. *Concentraciones hormonales en reposo a través del período experimental (media±DS). ACTH=adrenocorticotropina; CRT=grupo de entrenamiento de la fuerza contínuo; DTR=grupo desentrenamiento; GH=hormona del crecimiento; FSH=hormona folículo-estimulante; LH=hormona luteinizante; SHBG=globulina ligadora de hormonas sexuales.*

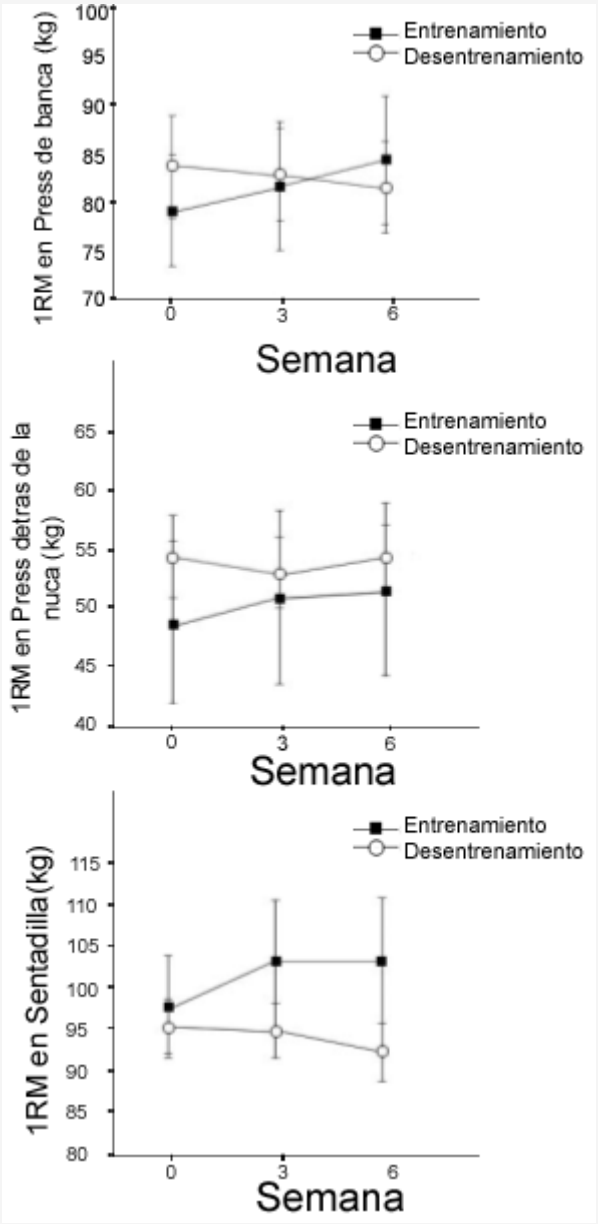


Figura 1. *Cambios en la fuerza de 1RM dura nte el período experimental de 6 semanas. El panel A describe los cambios en 1RM en press de banca. El panel B describe los cambios en 1RM en press detrás de la nuca. El panel C describe los cambios en 1RM en sentadilla. *p<0.05 con respecto al punto de tiempo T1 para el grupo entrenamiento de la fuerza (RT).*

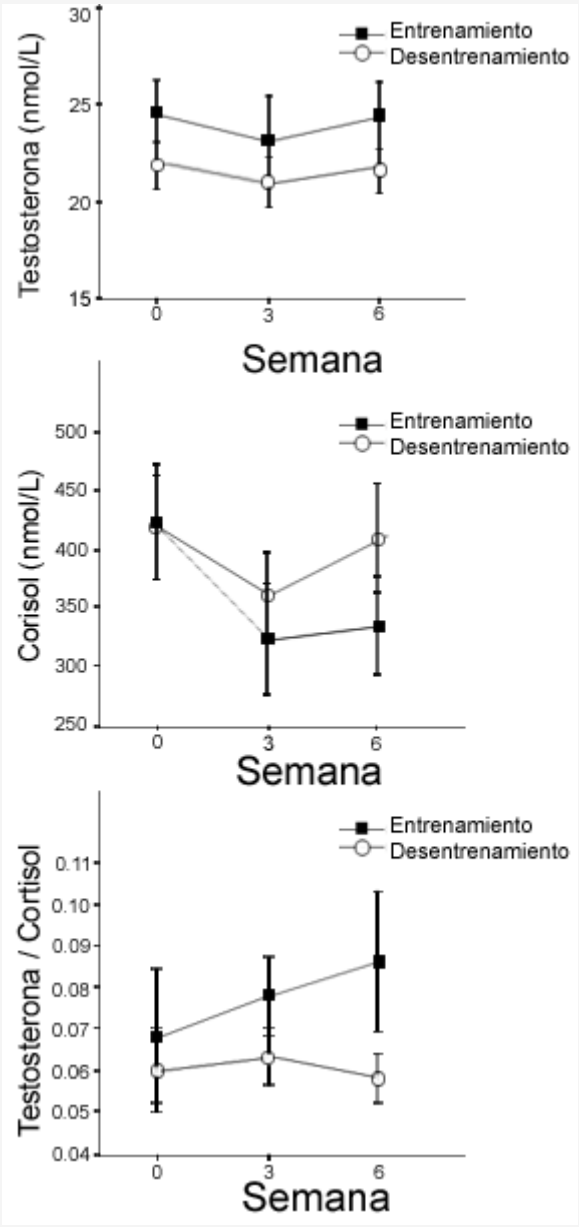


Figura 2. *Cambios en las concentraciones hormonales séricas en reposo durante el período experimental. El panel A describe la respuesta de T. El panel B describe la respuesta de C. El panel C describe el índice testosterona/cortisol. No fueron observadas diferencias para ninguna de las hormonas a través de todo el período experimental.*

DISCUSION

Para nuestro conocimiento, esta investigación fue la primera en mostrar que 6 semanas de desentrenamiento pueden disminuir la potencia anaeróbica (determinada por medio del test de Wingate) y la producción de torque isométrico pico de los músculos flexores y extensores del codo, aunque causando una declinación mínima de la fuerza muscular en hombres recreacionalmente entrenados. Todos estos cambios ocurrieron en ausencia de algún cambio significativo en las concentraciones hormonales séricas en reposo. Estos datos muestran la rapidez de la pérdida de fuerza isométrica y potencia dinámica con el desentrenamiento y demuestran la necesidad de un programa de mantenimiento de RT para reducir el impacto sobre los niveles de producción de fuerza isométrica y potencia en levantadores recreacionales.

Previamente, Häkkinen y Komi (7) y Häkkinen et al. (6, 9) reportaron ningún o solo cambios menores en la producción de fuerza isométrica rápida durante períodos de DTR de 8-12 semanas. Además, Ishida et al. (18) reportaron una mayor tasa de desarrollo de la fuerza isométrica después de 8 semanas de DTR. Considerando que solo fueron observadas

disminuciones menores para la producción de fuerza del tren inferior durante las primeras 3 semanas de DTR en el presente estudio, parece que la tasa de aplicación de la fuerza estuvo reducida. Varios estudios han reportado disminuciones en el IEMG durante períodos de DTR de corta duración (6, 9). Häkkinen y Komi (7) también hipotetizaron que las reducciones en la actividad neural fueron las principales responsables de las disminuciones tempranas de rendimiento en el DTR. La disminución de la actividad de las unidades motoras ha contribuido a las reducciones significativas observadas tanto la potencia anaeróbica pico como la potencia anaeróbica media en este estudio. Además, MacDougall et al. (27) y Green et al. (5) reportaron un incremento de las concentraciones de reposo de la creatina muscular, fosfocreatina, y trifosfato de adenosina (ATP) después del entrenamiento que estuvo significativamente disminuido durante períodos de inmovilización y DTR de 5 y 6 semanas subsiguientes, respectivamente. Ha sido sugerido que los cambios en el contenido de fosfato y los mecanismos de partición pueden ser significativos para el sostenimiento de la producción de energía necesaria durante las actividades de alta producción de potencia de corta duración (5). Fisiológicamente, los fosfatos de alta energía podrían también ser planteados como un factor contribuyente a la disminución observada en la producción de potencia anaeróbica.

Coincidiendo con algunos estudios previos, los atletas recreacionalmente entrenados pueden mantener o sufrir un ligero decaimiento en su rendimiento neuromuscular durante cortos períodos de cesación del entrenamiento (7, 8, 15), pero el nivel de entrenamiento puede haber influenciado esta falta de declinaciones significativas dramáticas. En el presente estudio, la fuerza dinámica muscular y el rendimiento en el salto vertical fueron retenidos después de 6 semanas de DTR de la fuerza. De forma consistente con los datos del presente estudio, Housh et al. (16) reportaron que la fuerza fue mantenida durante un período de DTR de 8 semanas en hombres previamente entrenados. Hortobagyi et al. (15) no reportaron cambios significativos en la fuerza dinámica, fuerza concéntrica de la rodilla isométrica e isoquinética, y el salto vertical en 12 atletas entrenados en potencia después de solo 2 semanas de cesación del entrenamiento. Häkkinen y Komi (8) reportaron una disminución del 10% en 1RM en sentadilla en levantadores de estilo Olímpico después de 4 semanas de DTR. Los resultados del mismo grupo de investigación han también mostrado que los atletas de fuerza disminuyen la producción de fuerza máxima después de 2.5 semanas de cesación del entrenamiento, pero reportaron un incremento menor en la producción de fuerza para hombres físicamente activos normales durante el mismo período experimental. Ha sido demostrado que los hombres previamente desentrenados mantuvieron su rendimiento de fuerza durante un período de desentrenamiento de 8 semanas (7, 8). En base a estos datos, parece que los levantadores avanzados (i.e., con mayores niveles de entrenamiento y mayores niveles de fuerza absoluta) muestran una mayor magnitud de pérdida de la fuerza con el desentrenamiento en comparación con los individuos desentrenados y moderadamente entrenados. Sin ningún DTR desde un entrenamiento pliométrico o explosivo (i.e., los sujetos no realizaban entrenamiento de potencia), nuestros datos indican que el rendimiento en el salto vertical puede ser mantenido a través de 6 semanas de cesación del entrenamiento. Es también probable que los efectos del DTR sobre el rendimiento de salto explosivo pueden ocurrir más rápidamente después de los programas de entrenamiento de fuerza de tipo explosivos o pliométricos (e.g., para básquetbol o voleibol), donde el salto vertical puede constituir una variable más altamente entrenada y de este modo más susceptible a los efectos de la cesación del entrenamiento.

Ha sido demostrado que las reducciones en la actividad neural (i.e., actividad IEMG) fueron más responsables de las disminuciones del rendimiento durante las fases tempranas del DTR (i.e., 2-3 semanas) (6-8, 15), seguidas por una disminución progresiva del área de las fibras Tipo I y Tipo II y de la masa muscular (6, 9) durante las fases posteriores de la cesación del entrenamiento. Esto puede ser explicado en parte por la mayor tensión específica exhibida por los levantadores de pesas bien entrenados y las declinaciones significativas observadas durante las fases tempranas de la cesación del entrenamiento en comparación con los hombres recreacionalmente entrenados. Aunque los sujetos en el presente estudio tenían experiencia en RT, ellos no eran tan fuertes como los sujetos implicados en los estudios de Hortobagyi et al. (15), Häkkinen et al. (12), y Häkkinen y Komi (8). El relativamente bajo nivel de fuerza de 1RM que poseían los sujetos recreacionalmente entrenados en el presente estudio puede haber suavizado las grandes pérdidas esperadas teóricamente y observadas en levantadores más avanzados.

Las ganancias de fuerza recién conseguidas parecen ser perdidas a velocidades diferentes dependiendo del tipo de rendimiento de la fuerza que es medido. Efectivamente Weir et al. (38) reportaron disminuciones más pronunciadas en la fuerza isométrica en comparación con la fuerza dinámica (1RM) luego de 8 semanas de DTR. Dudley et al. (3) reportaron una disminución significativa en la fuerza funcional (i.e., 3RM en prensa de piernas y extensión de piernas) en sujetos previamente desentrenados después de 4 semanas de desentrenamiento. Datos similares fueron también reportados por Houston et al. (17) en un estudio de entrenamiento de fuerza dinámica para una pierna de 10 semanas de duración y 12 semanas de DTR, mostrando que no fueron perdidas cantidades significativas de las ganancias de torque pico recientemente conseguidas de las piernas entrenada (39-60%) y no entrenada (12-37%) 4 semanas después de la cesación del entrenamiento. Fue también interesante observar que la producción de torque pico permaneció arriba de los niveles pre-entrenamiento 12 semanas después de la detención del entrenamiento, a pesar de una disminución progresiva en el torque de la pierna entrenada (16-21%) y no entrenada (10-15%). Häkkinen y Komi (7) y Häkkinen et al. (6, 9) reportaron que los atletas podían mantener o sufrir solo cambios menores en la producción de fuerza isométrica rápida durante períodos de DTR de 8-12 semanas. Finalmente, hay que destacar que en sujetos acostumbrados al entrenamiento de

sobrecarga sin propósitos competitivos, Ishida y colaboradores (18) demostraron una ligera disminución en la fuerza de contracción isométrica voluntaria máxima y un gran incremento (22%) en la máxima tasa de desarrollo de torque 8 semanas después de la cesación del entrenamiento después de un entrenamiento de la fuerza dinámica de los músculos de la pantorrilla. Los resultados del presente estudio apoyan estos datos, debido a que el torque pico isométrico de los extensores y flexores del codo disminuyó en un mayor grado (12 y 18%, respectivamente) que la fuerza dinámica de 1RM de la pierna. Podría ser también hipotetizado que las diferencias en los efectos de la cesación del entrenamiento sobre el rendimiento neuromuscular de los músculos de las extremidades superiores e inferiores podrían ser explicadas por las diferencias en el patrón o intensidad del uso físico diario en la vida normal. Así, es posible que los músculos de las extremidades inferiores, debido a su rol de soporte de peso durante algunas actividades diarias (i.e., caminar, posición erguida), serían más probablemente ejercitados y de esto modo contribuirían a la retención de fuerza a diferencia de los músculos del tren superior, los cuales son usados menos frecuentemente.

No fueron observadas diferencias en la masa corporal, porcentaje de grasa corporal, o medidas de los perímetros a través de todo el período experimental en ningún grupo. Hortobagyi et al. (15) no reportaron cambios en la masa corporal y el porcentaje de grasa después de 2 semanas de DTR. Häkkinen y Komi (8) y Häkkinen et al. (10) no reportaron cambios en el porcentaje de grasa corporal y masa corporal después de 8 y 12 semanas de DTR en levantadores recreacionalas. Sin embargo, Colliander y Tesch (1) reportaron un incremento significativo en la grasa corporal, sin ningún cambio en las medidas de los perímetros, y Häkkinen et al. (6) reportaron disminuciones menores en la masa magra corporal y el perímetro del muslo, con un ligero incremento no significativo en el porcentaje de grasa corporal después de 12 semanas de DTR. Así, parece que el nivel inicial de entrenamiento de los sujetos y la duración del período de DTR, así como la dieta, afectan significativamente la magnitud de cambio en la antropometría.

Tanto las hormonas anabólicas como catabólicas juegan importantes roles regulatorios en el crecimiento del músculo esquelético y la remodelación del tejido (22). Ha sido demostrado que el entrenamiento de la fuerza ejerce potentes efectos sobre la T, C, índice T/C, y GH lo que conduce a un incremento de la hipertrofia muscular (11, 24). Además, Häkkinen et al. (11) reportaron una alta correlación entre los cambios en el índice T/C y los cambios en la fuerza muscular. Sin embargo, el curso de tiempo de las alteraciones hormonales está menos claro en el DTR.

En el presente estudio no fueron observadas diferencias significativas en las hormonas séricas en reposo en el grupo DTR. Estos resultados apoyan los hallazgos de Häkkinen et al. (11), los cuales no reportaron cambios significativos en T, C, SHBG, LH, FSH, o GH, pero reportaron una disminución significativa en el índice T/C después de 12 semanas de DTR. En contraste, Hortobagyi el al. (15) reportaron elevaciones significativas en GH, T, e índice T/C con una disminución concomitante significativa en C después del DTR. Estos autores hipotetizaron que el incremento inicial en las concentraciones de hormonas anabólicas fue iniciado para combatir el proceso catabólico del desentrenamiento. Además, ellos sugirieron que el desentrenamiento de corta duración podría también representar un estímulo de aumento para la remodelación y reparación de los tejidos. Häkkinen et al. (10) reportaron que la reducción del volumen de entrenamiento (a través de un período de 2 semanas) después de un entrenamiento preparatorio estresante incrementó ligeramente el índice T/C en levantadores de pesas de élite. Nosotros observamos un incremento no significativo en el índice T/C después de 3 semanas de DTR y una disminución no significativa entre las semanas 3 y 6. Es posible que los períodos de DTR mayores a 2-3 semanas puedan disminuir la respuesta de las hormonas anabólicas. Esta disminución puede coincidir con la atrofia muscular observada durante los períodos de DTR de al menos 2 semanas (9, 15, 29). Sin embargo, están garantizadas más investigaciones sobre los mecanismos hormonales durante el DTR. Considerando la pérdida de tamaño muscular asociada con el DTR, parece plausible que la magnitud de la atrofia puede ser parcialmente dependiente de los cambios hormonales, aunque estos cambios pueden no ser reflejados al nivel de las concentraciones de hormonas circulantes en reposo, pero en vez de esto al nivel de los tejidos afectados (Ej., músculo) en el nivel de los receptores donde ocurren las interacciones celulares con las hormonas circulantes.

Es casi paradójico señalar que el rendimiento en el salto vertical y la 1RM máxima en sentadilla no cambiaron a pesar de las disminuciones significativas en la producción de potencia pico en el test de Wingate. Una explicación plausible de este fenómeno podría ser que otros factores están relacionados al rendimiento en el ciclismo. Jaric et al. (20) también reportaron que la fuerza isométrica máxima y la tasa de desarrollo de la fuerza de los extensores de la rodilla y cadera y de los flexores plantares solo explica el 38% de la variación cinemática observada durante el salto vertical. Así, otros factores (i.e., técnica del salto) pueden ser críticos para el rendimiento del salto vertical y pueden haber contribuido a la falta de cambio a pesar de la reducción en la producción de potencia pico en el test de Wingate observada en el presente estudio. De manera inversa, las disminuciones en la potencia media en el test de Wingate pueden ser causadas por un DTR concomitante del sistema de amortiguación ácido-base, por lo cual la producción de potencia es reducida dentro del contexto de un ambiente ácido. Este hallazgo tiene relevancia significativa para los atletas implicados en deportes anaeróbicos, específicamente durante la recuperación de una lesión específica del deporte y durante períodos entre 2 sesiones de entrenamiento. Para nuestro conocimiento, esta es la primera investigación que mostró reducciones en la potencia anaeróbica (determinada por el test de Wingate) durante la cesación del entrenamiento de fuerza de corta duración.

También ha sido reportado que la cesación del entrenamiento induce pequeños cambios no sistemáticos en la potencia anaeróbica máxima en individuos altamente entrenados, recientemente entrenados (recreacionales) e individuos sedentarios. Simoneau et al. (33) observaron que 7 semanas de DTR provocaron una disminución significativa en el rendimiento en bicicleta ergométrica en 90 segundos al máximo, mientras que la interrupción no tuvo efecto sobre los marcadores de las enzimas glucolíticas (PFK y LDH) después de un programa de entrenamiento de 15 semanas. En contraste, Linossier et al. (25) no reportaron disminuciones significativas inducidas por el DTR en la producción de potencia máxima de corta duración recientemente adquirida y en el potencial glucolítico (i.e., actividad de fosforilasa, fosfofructoquinasa, y lactato dehidrogenasa) dentro de 7 semanas de casación del entrenamiento después de 9 semanas de entrenamiento de esprint en ciclismo de corta duración. Houston et al. (17) no observaron ningún cambio significativo en las actividades de las enzimas representativas del metabolismo de los fosfágenos (creatinquinasa) y glucolítico (hexoquinasa, fosfofructoquinasa, y lactato dehidrogenasa), ni después de 10 semanas de entrenamiento de fuerza dinámico ni después de 12 semanas consecutivas de cesación del entrenamiento. Ha sido reportado que las actividades de las enzimas mitocondriales y de la glucógeno sintetasa declinan a los niveles pre-entrenamiento después de protocolos de entrenamiento-DTR de corta duración (21, 28). Además, MacDougall et al. (26) y Green et al. (5) han reportado un incremento en las concentraciones musculares de creatina, fosfocreatina, y ATP después del entrenamiento, las cuales estuvieron reducidas durante períodos subsiguientes de 5 y 6 semanas de inmovilización e interrupción del entrenamiento, respectivamente. También ha sido sugerido que los cambios en el contenido de fosfatos y de los mecanismos de partición pueden ser significativos para mantener la producción de energía necesaria durante actividades intensas de producción de potencia de corta duración (5). Es también probable que las disminuciones en la potencia anaeróbica máxima pueden ocurrir debido al DTR concomitante del sistema de amortiguación ácido-base, el cual puede contribuir en algún grado a la reducción de la producción de potencia a medida que el músculo se vuelve más ácido.

Aplicaciones Prácticas

Seis semanas de desentrenamiento en hombres entrenados recreacionalmente mostraron reducciones significativas en la producción de torque pico de los músculos extensores y flexores del codo, mientras que la fuerza isométrica máxima y de 1RM y el rendimiento en el salto vertical pueden ser mantenidos durante cortos períodos de interrupción del entrenamiento. Sin embargo, la cesación del entrenamiento de corta duración (3 semanas) parece reducir significativamente el rendimiento de la potencia anaeróbica como es medido por el test de Wingate. Todo esto ocurre en ausencia de cambios en las concentraciones de hormonas séricas en reposo. Estos datos defienden el uso de programas de mantenimiento de RT mínimos a través de 6 semanas, lo cual puede compensar cualquier cambio perjudicial en el levantador recreacional.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer al dedicado grupo de sujetos que hicieron posible este estudio. El proyecto fue apoyado en parte por una beca de investigación de la Universidad Estatal de Pennsylvania. Además, nos gustaría agradecer a Mr. Tom Proffit, Hammer Strength/Life Fitness, por el apoyo en el Human Performance Laboratory en la Universidad de Connecticut. L. Perry Koziris, Ph.D., Department of Kinesiology, Health Promotion, and Recreation, University of North Texas, P.O. Box 311337, Denton, TX 76203-1337; N. Travis Triplett-McBride, Ph.D., Department of Exercise Science, The University of Wisconsin-LaCrosse, LaCrosse, WI 54601; Andrew C. Fry, Ph.D., Department of Human Movement Sciences and Education, University of Memphis, Memphis, TN 38152; Scott E. Gordon, Ph.D., Human Performance Laboratory, East Carolina University, Greenville, NC 27858; and J. Michael Lynch, M.D., Quincy University, Quincy, IL 62301.

Dirección para Envío de Correspondencia

William J. Kraemer, correo electrónico: kraemer@uconnvm.uconn.edu

REFERENCIAS

1. Colliander, E.B., and P.A. Tesch (1992). Effects of detraining following short term resistance training on eccentric and concentric muscle strength. *Acta Physiol. Scand. 144:23–29*
2. Cote, C., J.A. Simoneau, P. Lagasse, M. Boulay, M.C. Thibault, M. Marcotte, and C. Bouchard (1988). Isokinetic strength training protocols: Do they induce skeletal muscle fiber hypertrophy?. *Arch. Phys. Med. Rehabil. 69:281–285*
3. Dudley, G.A., P.A. Tesch, B.J. Miller, and P. Buchanan (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat. Space Environ. Med. 62:543–550*
4. Fleck, S.J., and W.J. Kraemer (1997). Designing Resistance Training Programs (2nd ed). *Champaign, IL: Human Kinetics*
5. Green, H.J., J.A. Thomson, B.D. Daub, and D.A. Ranney (1980). Biochemical and histochemical alterations in skeletal muscle in man

during a period of reduced activity. Can. *J. Physiol. Pharmacol. 58:1311□1316*
6. Hather, B.M., P.A. Tesch, P. Buchanan, and G.A. Dudley (1991). Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol. Scand. 143:177□185*
7. Hortobagyi, T., J.A. Houmard, J.R. Stevenson, D.D. Fraser, R.A. Johns, and R.G. Israel (1993). The effects of detraining on power athletes. *Med. Sci. Sports Exerc. 25:929□935*
8. Housh, T.J., D.J. Housh, J.P. Weir, and L.L. Weir (1996). ffects of eccentric-only resistance training and detraining. *Int. J. Sports Med. 17:145□148*
9. Houston, M.E., E.A. Froese, S.P. Valeriote, H.J. Green, and D.A. Ranney (1983). Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: A one leg model. *Eur. J. Appl. Physiol. 51:25□35*
10. Ishida, K., T. Moritani, and K. Itoh (1990). Changes in voluntary and electrically induced contractions during strength training and detraining. *Eur. J. Appl. Physiol. 60:244□248*
11. Jackson, A.S., M.L. Pollock, and A. Ward (1980). Generalized equations for predicting body density in women. *Med. Sci. Sports Exerc. 12:175□182*
12. Jaric, S., D. Ristanovic, and D.M. Corcos (1989). The relationship between muscle kinetic parameters and kinematic variables in a complex movement. *Eur. J. Appl. Physiol. 59:370□376*
13. Klausen, K., L.B. Andersen, and I. Pelle (1981). Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiol. Scand. 113:9□116*
14. Kraemer, W.J (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 20: (Suppl.) S. 152□S157*
15. Kraemer, W.J., and A.C. Fry (1995). Strength testing: Development and evaluation of methodology. *In: Physiological Assessment of Human Fitness. P.J. Maud and C. Foster, eds. Champaign, IL: Human Kinetics,pp. 115□138*
16. Kraemer, W.J., L. Marchitelli, D. McCurry, R. Mello, J.E. Dziados, E. Harman, P. Frykman, S.E. Gordon, and S.J. Fleck (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J. Appl. Physiol. 69:1442□1450*
17. Linossier, M.T., D. Dormois, C. Perier, J. Frey, A. Geyssant, and C. Denis (1997). Enzyme adaptations of human skeletal muscle during bicycle short-sprint training and detraining. *Acta Physiol. Scand. 161:439□445*
18. MacDougall, J.D., G.C.B. Elder, D.G. Sale, J.R. Moroz, and J.R. Sutton (1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *Eur. J. Appl. Physiol. 43:25□34*
19. MacDougall, J.D., G.R. Ward, D.G. Sale, and J.R. Sutton (1977). Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *J. Appl. Physiol. 43:700□703*
20. Mikines, K.J., B. Sonne, B. Tronier, and H. Galbo (1989). Effects of acute exercise and detraining on insulin action in men. *J. Appl. Physiol. 66:2080□2085*
21. Narici, M.V., G.S. Roi, L. Landoni, A.E. Minetti, and P. Cerretelli (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol. 59:310□319*
22. Pollock, M.L., L. Garzarella, and J.E. Graves (1995). The measurement of body composition. In: Physiological Assessment of Human Fitness. P.J. Maud and C. Foster, eds. *Champaign, IL: Human Kinetics,pp. 167□204*
23. Sale, D.G (1991). Testing strength and power. *In: Physiological Testing of the High-Performance Athlete. J.D. MacDougall, H.A. Wenger, and H.J. Green, eds. Champaign, IL: Human Kinetics,pp. 21□106*
24. Sale, D.G (1991). Testing strength and power. *In: Physiological Testing of the High-Performance Athlete. J.D. MacDougall, H.A. Wenger, and H.J. Green, eds. Champaign, IL: Human Kinetics,pp. 21□106*
25. Simoneau, J.A., G. Lortie, M.R. Boulay, M. Marcotte, M.C. Thibault, and C. Bouchard (1987). Effects of two high-intensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance. *Eur. J. Appl. Physiol. 56:516□521*
26. Siri, W.E (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. *In: Techniques For Measuring Body Composition. J. Brozek and A. Henschel, eds. Washington, DC: National Academy of Science,pp. 223□244*
27. Staron, R.S., F.C. Hagerman, and R.S. Hikida (1981). The effects of detraining on an elite power lifter: A case study. *J. Neurol. Sci. 51:247□257*
28. Staron, R.S., M.J. Leonardi, D.L. Karapondo, E.S. Malicky, J.E. Falkel, F.C. Hagerman, and R.S. Hikida (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J. Appl. Physiol. 70:631□640*
29. Thorstensson, A (1977). bservations on strength training and detraining. *Acta Physiol. Scand. 100:491□493*
30. Weir, J.P., D.J. Housh, T.J. Housh, and L.L. Weir (1997). The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *J. Orthop. Sports Phys. Ther. 25:264□270*

Cita Original

Kraemer William J., Nicholas A. Ratamess, Jeff S. Volek Duncan N. French, Martyn R. Rubin, Ana L. Gómez, Matthew J. Sharman, L. Perry Koziris, N. Triplett-McBride, Andrew C. Fry, Scott E. Gordon, y J. Michael Lynch, Keijo Häkkinen, Mikel Izquierdo, Robert U. Newton, Steven J. Fleck. Detraining Produces Minimal Changes in Physical Performance and Hormonal Variables in Recreationally Strength Trained Men. J. Strength Cond. Res.; 16 (3): 373-382, 2002