PubliCE, (PubliCE) 2000

Research

El Entrenamiento de la Fuerza Incrementa el Gasto Energético Total y la Actividad Física Cotidiana en Ancianos

Gary R Hunter[1], Carla J Wetzstein[1], David A Fields[1], Amanda Brown[1] y Marcas M Bamman[1]

[1]*Human Studies Department, University of Alabama at Birminham, Birminham, Alabama 35294-1250.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar los efectos que tienen 26 semanas de entrenamiento de la fuerza sobre el gasto energético en reposo (REE), gasto energético total durante la vida cotidiana (TEE), actividades relacionadas al gasto energético (AEE), aumento de la actividad física cotidiana medida a través del índice equivalente de tiempo relacionado a la actividad (ARTE), y el cociente de intercambio respiratorio en hombres (n= 8) y mujeres (n =7) de una edad entre 61 y 77 años. Antes y después del entrenamiento se evaluaron, la composición corporal (modelo de cuatro compartimientos), fuerza, REE, TEE (agua doblemente marcada), AEE (TEE-REE + respuesta térmica a las comidas), y ARTE (AEE ajustada para el costo energético de las actividades estándares). La fuerza (36 %) y la masa magra (2 kg) se incrementaron significativamente, pero el peso corporal no cambió. El REE se incrementó 6.8% mientras que el RER en reposo cayó desde 0.86 a 0.83. El TEE (12%) y el ARTE (38%) se incrementaron significativamente, y las AEE (30%) se aproximaron a una diferencia significativa (P =0.06). El TEE permaneció significativamente incrementado aún después del ajuste para el gasto energético del entrenamiento de la fuerza. En respuesta al entrenamiento de la fuerza, el TEE se incrementó y el RER disminuyó. El incremento en el TEE ocurrió como un resultado del aumento tanto en el REE como en la actividad física. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de la fuerza puede tener importancia en el incremento del gasto energético y en la tasa de oxidación de lípidos en ancianos, mejorando por ello sus perfiles metabólicos

Palabras Clave: sobrecarga, ritmo metabólico basal, fuerza máxima, edad senil

INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que el gasto energético en reposo (RER) se encuentra disminuido en ancianos, al menos en parte como resultado del descenso de la masa magra (FFM) relacionada con la edad (12, 13, 24, 25, 29, 38, 44). Se demostró previamente que el entrenamiento de la fuerza incrementa la FFM y el REE en ancianos (5, 32, 42). Además, las tasas de oxidación de lípidos pueden estar incrementadas después del entrenamiento de la fuerza. Se ha reportado que el cociente de intercambio respiratorio (RER) esta reducido en hombres jóvenes 15 h después de una sesión de entrenamiento de la fuerza, sugiriendo un aumento en la oxidación de lípidos (14, 28). Además, nosotros hemos observado previamente, en un grupo de mujeres mayores (60-77 años), un aumento cercano al doble en la oxidación de lípidos después de 16 semanas de un programa de entrenamiento de la fuerza (42). Las mediciones metabólicas posteriores al entrenamiento fueron

evaluadas de 22 a 44 h (en una habitación calorimétrica) después de la última sesión de ejercicio. Por este motivo, es posible que el menor RER no se deba a los efectos agudos de la última sesión de ejercicio. Debido a que tanto la energía como el balance de macronutrientes son factores importantes para el control del peso corporal y de la composición corporal, se necesitan más estudios respecto a los efectos que tiene el entrenamiento de la fuerza sobre el metabolismo en ancianos.

Existe controversia acerca de los efectos que tiene el entrenamiento de la fuerza sobre el gasto energético total (TEE) en ancianos. Withers et al. (47) compararon recientemente el REE, el TEE, y las actividades relacionadas al gasto energético (AEE) en mujeres crónicamente activas e inactivas de entre 40-79 años de edad. Ellos reportaron que las mujeres crónicamente activas tenían un REE, TEE y AEE incrementado. Además, encontraron casi un idéntico AEE ajustado para el gasto energético estimado en las sesiones de entrenamiento planificadas. Sin embargo, Goran y Poehlman (17) reportaron previamente un aumento en el REE, pero no en el TEE, después de 8 semanas de un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad en hombres y mujeres de entre 58 y 78 años de edad. Esto sugiere que puede existir una caída compensatoria en las AEE consecuente con el entrenamiento aeróbico de alta intensidad en ancianos. Para nuestro conocimiento, nadie ha examinado los efectos que el entrenamiento de la fuerza tiene sobre el TEE y la AEE en ancianos. Por ello, el propósito de este estudio fue examinar los efectos que tienen 26 semanas de entrenamiento de la fuerza sobre el REE, el TEE, las AEE, y el RER en un grupo de ancianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

Ocho mujeres y siete hombres, de entre 61-77 años de edad, participaron en un programa de entrenamiento de la fuerza durante 26 semanas. Todos los sujetos fueron saludables, caucásicos, y con un peso corporal normal (media del índice de masa corporal de 24.8 ±3.9 kg/m^2), no tenían desordenes metabólicos ni estaban medicados, lo cual puede afectar al gasto energético. Todos los sujetos eran no fumadores y poseían un peso corporal estable (definido como un peso corporal con una variación menor al 1% durante las 4 semanas previas al estudio). Ninguno de los sujetos había participado previamente en entrenamientos de la fuerza, y todos los sujetos excepto uno eran sedentarios (definido como sujetos que se ejercitan menos de una vez por semana durante el año anterior al estudio). Un sujeto era corredor y corría entre 9.6 y 11.2 km por semana en 3-4 sesiones semanales. Este sujeto continuó corriendo de la misma forma durante todo el estudio. Todas las mujeres eran posmenopáusicas. Fue obtenido. Los sujetos fueron evaluados antes y después de 26 semanas de entrenamiento de la fuerza. Antes de la participación en el estudio fue obtenido un informe de consentimiento aprobado por el Comité de Revisión Institucional, de acuerdo con el Departamento de Salud y regulaciones de la Salud Humana para la protección de los sujetos de investigaciones.

Evaluación de la Fuerza

Una Repetición Máxima

Durante las primeras tres sesiones de ejercicio, los sujetos entrenaron con una resistencia que les permitía familiarizarse tanto con el equipamiento como con la técnica de los ejercicios. En la tercer sesión, los sujetos realizaron una evaluación de una repetición máxima (1 RM) en el press de piernas, extensión de rodilla, curl de piernas, press de pectorales, flexión de codo, y press militar usando métodos previamente descritos (19, 22, 41). La evaluación de 1 RM fue repetida durante la última sesión de entrenamiento planificada. La evaluación de 1 RM fue sumada para los tres ejercicios de miembros superiores y los tres ejercicios de miembros inferiores. Dependiendo del tipo de evaluación de RM utilizada, la confiabilidad test-retest en nuestro laboratorio para mediciones de 1 RM tienen una variación de 0.95 a 0.99 para los coeficientes de correlación intraclase con un error estándar de las mediciones que varía entre 1.5 y 4.0 kg para muestras que poseen desvíos estándar con una variación de 9 a 22 kg (19, 22, 41).

Evaluación de la Fuerza Isométrica

Se realizó la medición de la fuerza máxima de flexión del codo, para determinar cuánto peso podría transportar cada sujeto durante la evaluación de caminata con transporte de carga (20). Los sujetos permanecieron con los brazos fijados a los lados del cuerpo usando arneses para limitar el movimiento de los hombros durante la prueba. La fuerza fue medida en el antebrazo derecho a nivel del proceso estiloideo. Se les pidió a los sujetos que flexionen el brazo tan fuerte como les sea posible con el codo fijado en una posición de 110°. La fuerza isométrica de extensión de rodilla se obtuvo a los 110° de extensión, mientras los sujetos estaban sentados, con las piernas y el torso fijados al asiento para prevenir el movimiento de la cadera. Se les pidió a los sujetos que intenten extender la pierna tan fuerte como les fuera posible. La fuerza fue

medida con una celda de viga de acero universal (LCC 500, Omega Engineering, Stamford, CT). Un transductor digital (DP2000, Omega Engineering) dio a los sujetos una retroalimentación instantánea de la fuerza producida. Después de tres pruebas de práctica, se registraron tres contracciones isométricas máximas. Se dieron sesenta segundos de pausa entre cada contracción. El promedio de las dos fuerzas más altas producidas fue usado con propósitos estadísticos. La confiabilidad test-retest en nuestro laboratorio para las evaluaciones de fuerza isométrica es de 0.95-0.96 para un coeficiente de correlación intracalse con un error estándar de medición de 10.4-32.9 N para muestras con una desvíos estándar de 33 y 118 N (41).

Entrenamiento de la Fuerza

El entrenamiento de la fuerza se llevó a cabo en un centro de actividad física local, dónde los sujetos se ejercitaron durante 26 semanas, con una frecuencia de 3 veces semanales durante ~45 minutos por sesión. Cada sesión fue supervisada por fisiólogos del ejercicio, y el porcentaje de asistencia de los sujetos fue >90 %. Las sesiones de ejercicios comenzaron con 5 minutos de calentamiento en una bicicleta ergométrica o en una cinta ergométrica a una baja intensidad seguido por 10 estiramientos estáticos. Los ejercicios de fuerza realizados fueron flexión de codo, extensión de codo, polea al pecho, remos sentado, press de banca, extensión de piernas, flexión de piernas, press militar, extensiones de espalada, y abdominales o flexiones del tronco y cadera con rodillas flexionadas (15-25 repeticiones). Además cuatro de las mujeres y cuatro de los hombres realizaron sentadillas, y cuatro mujeres y tres hombres realizaron press de piernas. Los sujetos realizaron dos series de 10 repeticiones en todos los ejercicios con 2 min de pausa entre cada serie. Las tres sesiones iniciales de entrenamiento se realizaron para permitirle a los sujetos familiarizarse con los equipamientos y los ejercicios, posteriormente los sujetos entrenaron con una intensidad dentro del 65 al 80 % de 1 RM. La progresión del entrenamiento se realizó teniendo en cuenta los registros diarios de las sesiones y las evaluaciones de 1 RM realizadas cada 3 semanas.

Costo Energético del Entrenamiento de la Fuerza

No medimos el costo energético del entrenamiento de la fuerza con este grupo de sujetos. Sin embargo, nosotros hemos medido previamente el gasto energético durante el entrenamiento de la fuerza en varios ejercicios, intensidades de ejercicios, y grupos de edades (19, 22, 41). Eso incluyó mediciones no publicadas del gasto energético de tres ancianos después de un programa de entrenamiento de la fuerza idéntico al utilizado en este estudio. Sobre las bases de estas mediciones, las intensidades relativas utilizadas, y la cantidad de trabajo producido, se estimó para cada sujeto el gasto energético y el trabajo realizado durante el entrenamiento. En resumen, los métodos para la determinación del costo energético en estos estudios fueron realizados como se describe a continuación: el consumo de O_2 (VO_2) fue determinado constantemente durante la sesión del entrenamiento de fuerza y durante la recuperación hasta que el valor de VO_2 en L/min retornó a los valores de reposo. Los porcentajes de O_2 y CO_2 expirados se determinaron mediante el uso de un analizador de gases Vista Turbo Fit (Vacumetrics, Ventura, CA) y el volumen se determinó en una turbina Vista/TurboFit. Los analizadores se calibraron antes y después de cada medición con una concentración de gas conocida, y la turbina Vista/Turbofit fue calibrada con una inyección de calibración de 3 litros. Se determinó el VO_2 neto mediante la substracción del VO_2 de reposo del VO_2 total consumido durante el trabajo y la recuperación. Se asumió que la energía equivalente para 1 litro de O_2 es 20.9 kJ, por ello los kJ netos gastados se calcularon multiplicando 20.9 veces el VO_2 neto (19). El trabajo total completado fue calculado usando procedimientos previamente descritos (19). El modelo incluyó la suma del producto de la distancia vertical por la masa de cada componente movida en un ejercicio (i.e., placa o lingote, brazo, antebrazo, tronco, muslo o pierna). Se calculó el cociente fuerza-costo energético del entrenamiento dividiendo los kJ netos gastados por el trabajo vertical total en joules completado (19). La correlación intraclase fue >0.998, y el error estándar de la medición para la estimación de la energía gastada sobre las bases del trabajo vertical y la media de la intensidad del ejercicio fue <3 kJ/min (14%), promediando para la desviación estándar de la muestra 21 kJ. Estas estimaciones fueron usadas para ajustar el gasto energético posterior al entrenamiento y las mediciones del índice de actividad física para el gasto energético de las sesiones de entrenamiento de la fuerza.

Mediciones de la Composición Corporal

Modelo de cuatro-compartimientos

La composición corporal fue evaluada usando el modelo de cuatro compartimientos, como describieron Baumgartner et al. (2). Este modelo asume densidades de 0.9 g/ml para la grasa, 0.99 g/ml para el agua, 3.042 g/ml para el mineral óseo, y 1.34 g/ml para la fracción no medida de la composición de glucógeno y proteína del cuerpo. El modelo calcula el porcentaje de grasa corporal a partir de las mediciones independientes de la densidad corporal total (por medio de BOD POD, cómo se describe posteriormente), la fracción de del peso corporal que es agua (mediante dilución isotópica, como se describe posteriormente), y la fracción del peso corporal que es mineral óseo [mediante absorciometría dual de energía de rayos X (DXA), como se describe posteriormente]. Aunque es conocido que hay un potencial para la propagación del error de medición cuándo se usa el modelo de cuatro compartimientos, nosotros consideramos que este error está más que compensado, debido a la presunción de que el contenido mineral óseo y el agua corporal total son similares en todos los

ancianos y lo mismo no debería ser realizado en adultos jóvenes. Sobre las bases del error estándar de predicción para la medición de la densidad corporal, el agua corporal total, y la densidad ósea en nuestro laboratorio (reportado al final de la respectiva sección de métodos), el error potencial de propagación puede ser del 2.3% en la grasa. Esto asume que cada componente (densidad corporal, agua corporal total, y contenido mineral óseo) es medido con un error igual a un error estándar de medición y en la dirección favoreciendo el error máximo.

Densidad Corporal

La densidad corporal fue evaluada con la versión BOD POD 1.69 (Sistema de Composición Corporal; Life Measurement Instruments, Concord, CA), como hemos descrito anteriormente (10). Las amplitudes de presión de la cámara se calibraron antes de todas las evaluaciones con el uso de un cilindro de calibración de 50 litros. Mientras los sujetos vestían un traje de baño ajustado, se determinó el volumen corporal bruto. El volumen de gas torácico fue medido durante otra etapa. La medición del volumen del gas torácico requirió que los sujetos se sienten en el BOD POD y que respiren a través de un tubo desechable conectado a un filtro de la cámara de referencia en la parte posterior del BOD POD. Después de cuatro o cinco respiraciones normales, la vía de aire fue ocluida durante la mitad de la exhalación. La densidad corporal en el BOD POD se calculó como se describe a continuación:

Db =M/ (volumen corporal bruto + 0.40 Vtg - SAA)

dónde SAA (área de superficie del artefacto) y 0.40 Vtg (volumen de gas torácico) son corregidos para las condiciones isotérmicas dentro de la cámara y M es el peso del sujeto.

En nuestro laboratorio las mediciones repetidas entre días consecutivos para la densidad corporal del BOD POD en ocho mujeres saludables tiene una correlación intraclase de r =0.98 y un error estándar de medición de 0.0036 g/cm^3. Además, hemos demostrado previamente una buena concordancia en la determinación de la densidad corporal entre el BOD POD y el peso hidrostático (r =0.97 y un error estándar de la medición =0.005 g/cm^3) (10).

Agua Corporal Total

El agua corporal total fue determinada por técnicas de dilución isotópica usando deuterio y agua marcada con oxígeno 18, cómo se describió previamente (15). Se administró una dosis oral de agua doblemente marcada después de la recolección de una muestra de orina (10 ml). Esta dosis de carga isotópica fue de entre ~0.1 y 0.008 g de oxígeno-18 y deuterio, respectivamente por kg de masa corporal. Se recolectaron dos muestras la mañana después de la dosis, y dos muestras después de 14 días durante la mañana. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado para deuterio y oxígeno-18 usando el método de reducción con limadura de cinc (23) y la técnica de equilibración (7), respectivamente, cómo fue previamente descrito (8). Los enriquecimientos del deuterio y del oxígeno-18 en el tiempo cero fueron calculados a partir de la intersección en la gráfica semilogarítmica del enriquecimiento isotópico en orina vs. el tiempo después de aplicar la dosis. Los espacios de dilución isotópica fueron calculados usando la ecuación de Coward et al. (8). El agua corporal total fue tomada como el promedio del espacio de dilución del oxígeno-18 dividido por 1.01 y el espacio de dilución del deuterio dividido por 1.04. Los análisis test-retest de las muestras de ocho ancianos tuvo una correlación intraclase de 0.97 y un error estándar de predicción de 1.38 litros.

DXA

El contenido mineral del hueso fue determinado por DXA (DPX-L, Lunar Radiation, Madison, WI). Las exploraciones o *scans* fueron analizados usando el Software Adult (Versión 1.33). El contenido mineral óseo fue usado en el cálculo del porcentaje de grasa corporal utilizando el modelo de cuatro compartimientos (2).

TEE

El TEE fue medido antes y durante las dos últimas semanas del entrenamiento de la fuerza usando la técnica de agua doblemente marcada como se describió previamente (15). Se recolectaron cuatro muestras de orina después de la dosis del agua doblemente marcada: dos muestras de orina fueron tomadas la mañana posterior a la dosis y dos muestras más fueron tomadas 14 días después con una dosis de carga de 1 g de mezcla (10 % $H_2{}^{18}O$ y 8 % ^2H_2O) por kg de peso corporal. Los espacios de dilución isotópica (en litros) fueron calculados a partir de los incrementos corporales de $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O mediante la extrapolación de la regresión de los enriquecimientos logarítmicos al tiempo inicial (8) usando la siguiente ecuación (36):

Espacio de dilución = d/20.02 • 18.02 • 1/R • E

dónde d son gramos de $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O dados, R es la relación estándar de ^{18}O a ^{16}O (0.002005) y 2H a 1H (0.00015576), y E es el incremento de $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O extrapolados al tiempo inicial (el % por encima del origen). La tasa de producción de

dióxido de carbono (rCO_2) fue calculada mediante la ecuación de Schoeller et al. (35)

$$\mathbf{rCO_2 = 0.4554 \bullet N\ (1.01k_0 - 1.04k_h)}$$

dónde rCO_2 es la cantidad de CO_2 producido (mol/día) corregido para el fraccionamiento, N es el agua corporal total (mol), y k_0 y k_h es la tasa de intercambio de $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O (días –1), respectivamente. El TEE fue posteriormente calculado de la producción de CO_2 usando la ecuación de Weir (9)

$$\mathbf{TEE = 3.9\ (rCO_2/FQ) + 1.1rCO_2}$$

Dónde el TEE es el gasto total de energía (kcal/día), rCO_2 es la tasa de producción de CO_2 (L/día dónde 1 mol de CO_2 es equivalente a 22.4 litros) y FQ es el cociente para la comida. Las muestras fueron analizadas por triplicado para $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O mediante espectrometría de masas de radio isótopos en la Universidad de Alabama en Birmingham como se ha descrito previamente (16). Cuándo las muestras para $H_2{}^{18}O$ y ^2H_2O fueron analizadas en siete sujetos, los valores del TEE entre días estuvieron cerca de la concordancia (coeficiente de variación =4.3%) demostrando por ello un alto nivel de reproducibilidad.

REE

El REE fue medido entre las 5.00 y las 8.00 am después de 12 h de ayuno. No se les permitió dormir a los sujetos, y las mediciones se realizaron en una habitación tranquila, suavemente iluminada y bien ventilada. La temperatura se mantuvo entre 22-24°C. Las mediciones fueron realizadas con los sujetos en posición supina sobre una cama confortable, con la cabeza rodeada por un toldo Plexiglas. El REE posterior al entrenamiento fue medido en un promedio de 96 h después de la última sesión de entrenamiento de la fuerza. Después de 15 min de descanso, el REE fue medido durante 30 minutos con un circuito computarizado abierto, mediante un sistema de calorimetría indirecto con un toldo ventilado (Delta Trac II, Sensor Medics, Yorba Linda, CA). Los últimos 20 minutos de la medición fueron usados para los análisis. El VO_2 y producción de CO_2 (VCO_2) fueron medidas constantemente, y los valores fueron promediados a intervalos de 1 minuto. El gasto energético y RER fueron calculados a partir de los datos de VO_2 y VCO_2.

Mediciones del VO_2 submáximo durante tres pruebas estandarizadas

El VO_2 submáximo se obtuvo en estado estable, durante los minutos tercero y cuarto en tres pruebas de ejercicio estandarizado (la variación entre el tercer y cuarto minuto no fue mayor a 0.4 ml $O_2 \bullet kg^{-1} \bullet min^{-1}$ para cada sujeto, y el promedio del VO_2 entre el tercer y cuarto minuto vario menos del 1%). El VO_2 y VCO_2 fueron medidos continuamente mediante un circuito espirométrico abierto y fueron analizados con el uso de una carta metabólica (Modelo 2900, Sensormedics, Yorbla Linda, CA). Antes de cada evaluación, los analizadores de gases fueron calibrados con concentraciones de gases conocidas. Las tres pruebas que se seleccionaron para reflejar las actividades típicas de ancianos durante la vida cotidiana fueron: caminata (inclinación 0 %, 4,8 km/h, 4 min), subir la escalera (60 escalones por minuto, 4 minutos), y caminar transportando una caja con peso (0% de inclinación, 3,2 km/h, 4 min). El peso de la caja fue equivalente al 30% de la fuerza isométrica máxima de la flexión del codo antes del entrenamiento y su propósito fue intentar simular el transporte de una carga pequeña. Se utilizó un arnés para estandarizar la posición de los hombros, y el codo fue mantenido en una posición de 110° de flexión durante toda la evaluación. Se determinó el costo energético promedio (AEC) de las tres pruebas transformando el VO_2 de la prueba en kJ por minuto asumiendo 20.9 kJ/L de O_2 consumido, como se ha sido descrito previamente (19). Se consideró la economía de ejercicio como el promedio del VO_2 de las tres pruebas ajustados para la masa corporal. Nosotros reportamos previamente una desviación estándar de 0.05 litros para las diferencias entre mediciones repetidas del VO_2 en el ejercicio submáximo medido en ~4 días diferentes (11).

AEE y Actividad física diaria

Las AEE fueron estimadas substrayendo el REE del TEE después de reducir el TEE en un 10% para contabilizar la respuesta térmica a las comidas.

La actividad física diaria (min/día) fue derivada de las AEE (kJ/día) mediante el uso del índice equivalente de tiempo relacionado a la actividad (ARTE) (45). El índice es determinado dividiendo las AEE por el AEC de los sujetos. Para este estudio, el AEE fue ajustado para el AEC de la realización de las tres pruebas estandarizadas: subir las escaleras, caminata mientras se transporta un peso pequeño, y la caminata sin inclinación de la cinta ergométrica. Por ello, el índice ARTE (min/día) =[AEE (kJ/día)/AEC (kJ/min)], dónde AEC es el AEC de las tres pruebas de ejercicio arriba del REE. El índice ARTE refleja la cantidad de tiempo que el sujeto utiliza en las actividades físicas diarias similares a las pruebas realizadas en el laboratorio.

Análisis Estadísticos

El propósito de esta investigación fue evaluar los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el metabolismo energético en ancianos. Las mediciones repetidas a dos vías de ANOVA (entrenamiento x sexo), con mediciones repetidas para el factor entrenamiento, no mostraron interacción significativa para ninguna de las variables de composición corporal (rango de p=0.20-0-77) o gasto energético (rango de p=0.43-0.60). Por ello, sólo reportamos en este trabajo los análisis del test-t apareado para el factor entrenamiento. Los tests-t apareados fueron usados para evaluar las diferencias previas y posteriores al entrenamiento con un nivel α establecido a 0.05.

RESULTADOS

Los sujetos no cambiaron significativamente el peso corporal durante las 26 semanas de entrenamiento. Sin embargo, el porcentaje de grasa cayó significativamente un 3.4%, la masa grasa cayó significativamente en 3.1 kg, y la FFM se incrementó significativamente en 2 kg. La fuerza también se incrementó en un promedio de 14.9 kg en los tres ejercicios para miembros superiores y 49 kg para los tres ejercicios de miembros inferiores. (ver Tabla 1). Los datos individuales para el agua doblemente marcada y los componentes de gasto energético son presentados en la Tabla 2.

Variable	Antes del Entrenamiento	Después del Entrenamiento	P
Edad (años)	66.8±3.7		
Peso Corporal (kg)	70.4±8.7	69.8±8.3	0.12
Porcentaje de Grasa	28.8±12.1	25.4±12.1	<0.01
Masa Magra (kg)	50.0±10.1	52.0±10.7	<0.01
Masa Grasa (kg)	20.4±9.8	17.7±9.3	<0.01
Fuerza de miembros superiores (kg)	59.0±20.3	73.9±24.2	<0.01
Fuerza de miembros inferiores (kg)	117.6±36.5	166.6±47.5	<0.01

Tabla 1. *Cambios en la composición corporal y fuerza en 15 ancianos después de 26 semanas de enterramiento de la fuerza. Los valores son presentados como medias ± DS.*

Sujetos	Tasa de Intercambio día^{-1}		Espacio de Dilución mol		Proporción de espacio de Dilución	rH_2O, l/día	rco_2/día	Gasto Energético Total Kcal/día	Agua Corporal Total gramos
	^2H_2O	$H_2{}^{18}O$	D_H	D_O					
001									
Antes	-0.0739	-0.1008	1413.64	1388.02	1.0185	105.73	14.842	1839	24715
Después	-0.0684	-0.0944	1528.42	1464.62	1.0436	104.48	15.411	1910	26397
002									
Antes	-0.1003	-0.1184	2259.95	2046.64	1.1042	220.32	13.233	1640	37959
Después	-0.0842	-0.1025	2210.01	2081.21	1.0619	184.40	14.099	1747	37839
003									
Antes	-0.0808	-0.1056	2242.88	2133.56	1.0512	180.41	20.852	2584	38594
Después	-0.0799	-0.1041	2382.94	2148.69	1.1090	184.73	20.970	2598	39940
005									
Antes	-0.1187	-0.1384	1575.16	1543.89	1.0203	189.08	10.180	1261	27514
Después	-0.1200	-0.1407	1628.85	1622.02	1.0042	199.21	11.302	1401	28682
006									
Antes	-0.0784	-0.1067	1775.48	1738.66	1.0212	140.61	19.542	2422	30999
Después	-0.0936	-0.1206	1967.35	1919.12	1.0251	185.72	19.913	2467	34282
007									
Antes	-0.0867	-0.1087	1600.42	1602.27	0.9988	141.73	13.076	1620	28258
Después	-0.0868	-0.1101	1786.43	1756.03	1.0173	156.92	15.485	1919	31250
008									
Antes	-0.0696	-0.0949	1604.14	1569.53	1.0220	112.76	15.805	1958	27996
Después	-0.0660	-0.0894	1745.82	1694.27	1.0304	115.82	15.823	1961	30343
009									
Antes	-0.0978	-0.1113	1845.11	1725.10	1.0696	178.19	7.420	919	31479
Después	-0.0673	-0.0875	1968.26	1892.84	1.0398	132.69	14.912	1848	34053
011									
Antes	-0.1402	-0.1671	1541.37	1474.09	1.0456	215.74	14.092	1746	26594
Después	-0.1223	-0.1539	1557.31	1549.30	1.0052	194.06	18.256	2262	27409
012									
Antes	-0.0765	-0.0973	2367.06	2217.98	1.0672	179.11	17.847	2212	40427
Después	-0.0901	-0.1124	2612.24	2483.83	1.0517	234.43	20.891	2589	44940
013									
Antes	-0.1109	-0.1260	2305.53	2317.68	0.9948	261.83	10.660	1321	40794
Después	-0.0867	-0.1056	2383.86	2358.13	1.0109	210.01	16.077	1992	41835
016									
Antes	-0.0750	-0.0960	2509.21	2496.78	1.0050	191.82	19.783	2451	44167
Después	-0.0629	-0.0818	2656.68	2555.10	1.0398	167.45	18.746	2323	45966
019									
Antes	-0.0742	-0.0982	2461.82	2403.25	1.0244	184.30	22.593	2800	42915
Después	-0.0743	-0.0979	2551.98	2432.32	1.0492	188.91	22.721	2815	43956
025									
Antes	-0.1155	-0.1389	1627.39	1574.66	1.0335	188.77	13.182	1633	28243
Después	-0.1279	-0.1561	1530.78	1464.54	1.0452	195.55	15.191	1882	26416
032									
Antes	-0.0890	-0.1096	1817.98	1755.37	1.0357	162.31	13.387	1659	31517
Después	-0.0792	-0.1001	1889.59	1823.32	1.0364	150.06	14.529	1800	32748

Tabla 2. *Datos individuales para las variables agua doblemente marcada y gasto energético. D_H y D_O , espacios de dilución en el tiempo 0 del deuterio y oxígeno-18 respectivamente; rH_2O, intercambio de H_2O corporal total; rCO_2, tasa de producción de CO_2.*

Los resultados del gasto energético son presentados en la Tabla 3. El REE y el TEE se incrementaron significativamente después de 26 semanas de entrenamiento de la fuerza. Además, el RER en reposo disminuyó significativamente (Tabla 3). La proporción de REE-FFM también se incrementó significativamente después del entrenamiento (Tabla 3), indicando que

el REE se incrementó relativamente más que la FFM.

Variable	Antes del Entrenamiento	Después del Entrenamiento	P
REE (kJ/día)	5388±520	5753±560	<0.01
REE/FFM (kJ. día.$^{-1}$ kg^{-1})	28.2±5.3	29.2±5.6	0.04
RER (kJ/día)	0.86±0.04	0.83±0.03	0.03
TEE (kJ/día)	7831±2223	8796±1629	<0.01
TEE ajustado (kJ/día)	7834±2223	8581±1612	<0.02
AEE (kJ/día)	1660±1784	2163±1193	0.06
AEE (kJ/día Ajustado	1660±1784	1948±1185	0.18
VO_2 en el ejercicio (ml O_2. kg.$^{-1}$ min^{-1})	13.3±1.3	13.6 ± 1.3	0.42
AEC, kJ/min	19.7±3.2	19.9±3.3	0.64
ARTE, min/día	98±107	135±72	0.04
ARTE, min/día Ajustado	98±107	121±72	0.14

Tabla 3. *Cambios en el gasto energético en ancianos después de 26 semanas de entrenamiento de fuerza..*

Aunque la diferencia promedio en las AEE fue >500 kJ, el cambio solo se acercó a la significancia (p=0.06). No se encontraron diferencias significativas tanto en el peso corporal, VO_2 ajustado, o AEC. Sin embargo, el índice ARTE estuvo significativamente incrementado por 37 min/día después de 26 semanas de entrenamiento de la fuerza. El costo energético estimado para el entrenamiento de la fuerza tuvo un promedio de 615±157 kJ/sesión de ejercicio durante las últimas 2 semanas de entrenamiento. Debido a que los sujetos entrenaron cinco veces durante los 14 días en los que el TEE fue evaluado al final del programa de entrenamiento (un día de entrenamiento fue omitido durante las 2 semanas finales para permitir 96 h de lavado de cualquier efecto residual agudo sobre los factores metabólicos), el gasto energético diario promedio para el entrenamiento de la fuerza fue de 215±55 kJ/día. El TEE, con la sustracción del costo energético promedio diario del entrenamiento de la fuerza, permaneció significativamente incrementado después del entrenamiento (+747 kJ/día). Los valores de las AEE (+505 kJ) y el ARTE (+23 min/día) ajustados aunque no fueron significativamente diferentes de los valores de reposo tendieron a ser mayores que los valores previos al entrenamiento.

DISCUSION

Para nuestro conocimiento, este fue el primer estudio en demostrar que el entrenamiento de la fuerza en ancianos está asociado con un incremento en el TEE. Éste fue un gran incremento (963 kJ/día) y permaneció después que el TEE se ajustó para el costo energético estimado durante el entrenamiento de la fuerza. El aumento en el TEE estuvo asociado con aumentos en el REE y en la actividad física (Figura 1). Este incremento en el TEE es potencialmente relevante para tratar el problema del gasto energético reducido en ancianos.

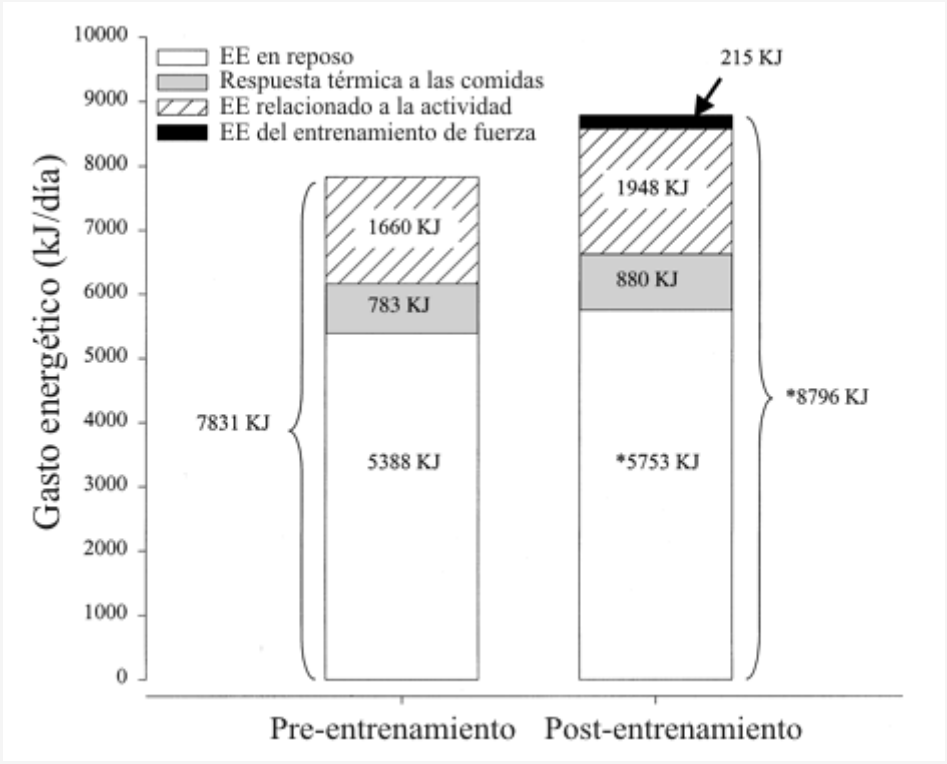


Figura 1. *Sumatoria de los componentes del gasto energético total de la vida cotidiana, antes y durante las 2 últimas semanas de un programa de entrenamiento de la fuerza de 26 semanas. Los sujetos eran hombres y mujeres y tenían entre 61-77 años de edad. EE, gasto energético. * Condición post-entrenamiento significativamente diferente con respecto a la condición pre-entrenamiento, p<0.05.*

Varios estudios han reportado incrementos en el TEE de adultos jóvenes después del entrenamiento aeróbico (3, 26, 43, 46). Sin embargo Goran y Poehlman (17) reportaron aumentos no significativos en el TEE en ancianos después de 8 semanas de un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad, a pesar de los aumentos del REE y del gasto energético en los ejercicios planificados. Ellos observaron una caída compensatoria >544kJ/día en las actividades físicas cotidianas. La intensidad del entrenamiento aeróbico del 85% del VO_2 máximo fue muy alta durante el periodo en el que el TEE fue medido después del entrenamiento en el estudio de Goran y Poehlman (17). Esta intensidad pudo haber sido muy vigorosa para este grupo de individuos, fatigando por esta razón a los sujetos durante el resto del día. Es imposible determinar como un protocolo de entrenamiento aeróbico menos intenso o un protocolo que permitiera un mayor período de adaptación pueda estar asociado con un incremento en el TEE. El programa de entrenamiento de la fuerza en el presente estudio también fue de alta intensidad (65-80% de 1 RM). Meijer et al. (27) reportaron recientemente que un programa de entrenamiento aeróbico y de fuerza combinado de intensidad moderada en ancianos no influenció las actividades físicas diarias medidas a través de un acelerómetro. La intensidad del entrenamiento en el estudio de Meijer et al. (27) fue descrita cómo moderada, aunque no fueron reportadas ni la intensidad del entrenamiento aeróbico ni la intensidad del entrenamiento de la fuerza. La duración de este estudio fue de sólo 12 semanas, y el entrenamiento de la fuerza sólo se realizó una vez por semana. Debido a que nosotros evaluamos el gasto energético después de 26 semanas de entrenamiento, pero no después de 8 o 12 semanas, la comparación de nuestros datos del TEE en el entrenamiento de la fuerza con los del entrenamiento aeróbico de Goran y Poelman (17) o con la combinación del programa de Meijer et al (27) tiene sus limitaciones. Sin embargo, es importante destacar que, a diferencia del entrenamiento aeróbico de alta intensidad, el entrenamiento de la fuerza en el presente estudio no estuvo asociado con una caída en las AEE, aún después de substraer el gasto energético del ejercicio. De hecho, tanto las AEE como las AEE ajustadas mostraron una fuerte tendencia a estar elevadas (503 kJ/día, p= 0.06; 288 kJ/day, p= 0.18). El ARTE se incrementó un 38% después del entrenamiento (98-135 min/día), aunque una parte del incremento (14 de 37 min/día) puede ser atribuido a las cinco sesiones de entrenamiento de la fuerza durante el período de evaluación de 14 días. El entrenamiento de la fuerza no atenuó la actividad física durante la vida cotidiana y pudo haber tenido un efecto vigorizador en estos ancianos.

De acuerdo con otros estudios, el REE se incrementó luego del programa de entrenamiento de la fuerza (28, 32, 42). La mayor parte del incremento encontrado en este estudio resultó probablemente como consecuencia del incremento en FFM. De acuerdo con esta hipótesis, Taaffe et al. (39) no han reportado incrementos en la tasa metabólica basal después de 15 semanas de entrenamiento de la fuerza en un grupo de mujeres con una edad entre 65-79 años, quienes no incrementaron

la FFM. Sin embargo, las diferencias en el REE en nuestro estudio persistieron aún después de ser ajustadas para los cambios en FFM, sugiriendo que otros factores también pueden contribuir al incremento del REE. Aunque no se han medido en este estudio, el recambio proteico (37) y la actividad del sistema nervioso simpático han demostrado estar relacionadas con los cambios en el REE (31, 32, 40). Se demostró que el entrenamiento de la fuerza incrementa de manera aguda la actividad nerviosa simpática muscular (6) y que eleva la tasa de síntesis y ruptura proteica muscular hasta 48 h después del ejercicio (30). Es desconocido si estos efectos persisten a las 96 h.

De acuerdo con los cambios en el RER encontrados con el entrenamiento en este estudio, nosotros hemos encontrado previamente una caída en el RER y un incremento en las tasas de oxidación de grasas después de 16 semanas de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres adultas. Melby et al. (28) reportaron una caída del RER en reposo 15 h después de haber finalizado una sesión de entrenamiento de la fuerza en hombres jóvenes. En el presente estudio el RER fue medido 96 h después del la última sesión de entrenamiento de la fuerza y en nuestro estudio previo con mujeres adultas el RER se evaluó ~44 h después de la última sesión de ejercicio. Por ello, es improbable que las caídas en el RER encontradas en nuestros estudios se deban a cualquier efecto agudo del ejercicio. Broeder et al. (4) y Pratley et al. (32) no encontraron ningún cambio del RER después del entrenamiento de la fuerza. Sin embargo, el estudio de Broeder usó hombres jóvenes y tampoco encontró ningún incremento significativo en el REE. Los sujetos estudiados por Pratley y colaboradores fueron hombres ancianos, en quienes se observó un incremento en REE. Algunos estudios transversales (21, 34, 40) han reportado mayores tasas de oxidación lipídica en sujetos entrenados en resistencia.

Algunos investigadores han sugerido que al menos parte de los cambios en la tasa de oxidación de lípidos inducidos por el entrenamiento están causados por cambios en la ingesta de energía y de macronutrientes (1). Los sujetos en este estudio fueron estables en el peso y reportaron una ingesta energética y de macronutrientes muy similar antes y durante las últimas semanas de entrenamiento. Es posible que los sujetos estuvieran con un pequeño disbalance energético debido al cambio de 2 kg de grasa a reservas de masa magra, como se observó en este estudio, lo que podría estar asociado con una pérdida estimada de 12.896 kJ (basados en estimaciones de 32.240 kJ/kg para la masa grasa y 25.792 kJ/kg para la masa magra). Debido a esto la pérdida estimada pudo haber ocurrido presumiblemente a lo largo de las 26 semanas completas de entrenamiento, teniendo en cuenta esto, el déficit energético diario estimado pudo haber sido muy pequeño (<71 kJ/día). Este cambio es presumiblemente muy pequeño para causar diferencias susceptibles de ser medidas a través del RER. Otra explicación posible para la caída en el RER puede incluir cambios en la actividad del sistema nervioso simpático, lo cual puede afectar la movilización de lípidos en el tejido adiposo. Se ha demostrado que la norepinefrina plasmática se incrementa después del entrenamiento de la fuerza en hombres (32). Además, la atenuación de la actividad β-adrenérgica a lo largo de la administración oral de propranol está asociada con una atenuación de las elevadas tasas de oxidación lípidos encontradas en hombres entrenados (40). La actividad del sistema nervioso simpático no fue medida en este estudio; sin embargo, es naturalmente posible que un incremento en el tono del sistema nervioso simpático inducido por el ejercicio pueda estar al menos parcialmente relacionado a la caída en el RER encontrada en este y otros estudios.

La ausencia de un grupo control es una potencial limitación para este estudio. Por ejemplo, pueden ocurrir variaciones estacionales en el gasto energético. Los individuos pueden tender a estar más activos durante los meses de verano, al menos en las regiones del norte de los Estados Unidos. Los datos previos al entrenamiento fueron recolectados en Birmingham, Alabama, durante Junio, Julio y Agosto, mientras que los datos posteriores al entrenamiento fueron recolectados durante Diciembre, Enero, y Febrero. Usando datos previamente reportados (45), nosotros separamos los sujetos basados en los meses en los que ocurrió la evaluación. Un total de 26 mediciones se realizaron durante Junio, Julio, y Agosto, y 34 observaciones se hicieron durante Diciembre, Enero y Febrero. No fueron observadas diferencias en el peso corporal o en ninguna variable del gasto energético, incluyendo AEE (2350 kJ/día en el verano y 2310 kJ/día en el invierno) y ARTE (124 min/día en el verano y 123 min/día en el invierno). Esto no asegura que la variación estacional o alguna otra medición confusa relacionada con el tiempo no pudo haber afectado a nuestras mediciones del gasto energético. Sin embargo, esto sugiere que las variaciones estacionales del gasto energético no ocurren en el ambiente moderado de Alabama central y no son responsables para los incrementos significativos en el TEE y ARTE encontrados en este estudio.

Aunque no hemos encontrado ninguna diferencia entre hombres y mujeres para ninguno de los cambios en el gasto energético y actividad física relacionados al entrenamiento, nuestro tamaño de muestra fue muy pequeño para señalar adecuadamente la hipótesis nula acerca de que hombres y mujeres ancianos incrementan idénticamente el gasto energético después del entrenamiento de la fuerza. No fue la intención de este estudio comparar los cambios en el gasto energético inducido por el entrenamiento de la fuerza entre hombres y mujeres ancianos. El propósito de este estudio fue determinar que efectos produce el entrenamiento de la fuerza sobre varias categorías del gasto energético en sujetos ancianos, y, debido a que encontramos cambios estadísticamente significativos en el gasto energético, el tamaño de la muestra fue adecuado para este propósito.

En conclusión, este estudio muestra que en los ancianos el TEE se incrementa y el RER disminuye en respuesta al entrenamiento de la fuerza. El incremento en el TEE ocurre como resultado de aumentos en REE y la actividad física. Nosotros consideramos que cualquier anciano saludable puede tolerar y en la mayoría de los casos disfrutar los

entrenamientos. Este es el segundo programa de entrenamiento de la fuerza que hemos completado usando ancianos con una edad de entre 60-77 años, y sólo 2 de los 45 sujetos en los dos estudios tuvieron un porcentaje de asistencia a los entrenamientos menor al 90%. No existió ninguna lesión relacionada con el entrenamiento. Además, todos los sujetos reportaron que planificaron continuar con el entrenamiento después de la finalización del estudio. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de la fuerza puede tener un importante valor en el incremento del gasto energético y la tasa de oxidación de lípidos en ancianos, y por ello mejorar sus perfiles metabólicos.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado economicamente en gran parte por un subsidio de la Fundación Ralph L. Smith, Kansas Cit, MO.

Dirección para el pedido de reimpresiones y otras correspondencias

G. R. Hunter, Rm. 205 Education Bldg., 901 S. 13th St., Univ. of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL 35294-1250.

REFERENCIAS

1. Almeras, N, Lavallee N, Despres JP, Bouchard C, and Tremblay A (1995). Exercise and energy intake: effect of substrate oxidation. *Physiol Behav 57: 995-1000*
2. Baumgartner, RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang J, and Pierson RNJR (1991). Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr 53: 1345-1353*
3. Bingham, SA, Goldberg GR, Howard WA, Prentice AM, and Cummings JH (1989). The effect of exercise and improved physical fitness on basal metabolic rate. *Br J Nutr 61: 155-173*
4. Broeder, CE, Burrhus KA, Svanevik LS, and Wilmore JH (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr 55: 802-810*
5. Campbell, WW, Crim MC, Young VR, and Evans WJ (1994). Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr 60: 167-175*
6. Carrasco, DI, Delp MD, and Ray CA (1999). Effect of concentric and eccentric muscle actions on muscle sympathetic nerve activity. *J Appl Physiol 86: 558-563*
7. hn, M, and Urey HC (1938). Oxygen exchange reactions of organic compounds and water. *J Am Chem Soc 60: 679-687*
8. Coward, WA, Prentice AM, Murgatroyd PR, Davies HL, Cole TJ, Sawyer M, Goldberg GR, Halliday D, and MacNamara PJ (1984). Measurement of CO2 and water production rates in man using 2H, 18O labeled 2H2O: comparisons between calorimeter and isotope values. *Human Energy Metabolism: Physical Activity and Energy Expenditure Measurements in Epidemiological Research Based Upon Calorimetry, p. 126-128*
9. De Weir, JB (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol (Lond) 109: 1-9*
10. Fields, DA, Hunter GR, and Goran MI (2000). Validation of the BOD POD with hydrostatic weighing: influence of body clothing. *Med Sci Sports Exerc 24: 200-205*
11. Figueroa-Colon, R, Hunter GR, Mayo MS, Aldridge RA, Goran MI, and Weinsier R (2000). Reliability of treadmill measures and criteria for determining O2 in prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc 32: 865-869*
12. Flynn, MA, Nolph GB, Baker AS, Martin WM, and Krause G (1989). Total body potassium in aging humans: a longitudinal study. *Am J Clin Nutr 50: 713-717*
13. Fukagawa, NK, Bandini LG, and Young JB (1990). Effect of age on body composition and resting metabolic rate. *Am J Physiol Endocrinol Metab 259: E233-E238*
14. Gillette, CA, Bullough RC, and Melby CL (1994). Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *Int J Sport Nutr 4: 347-360*
15. Goran, MI, Carpenter WH, McGloin A, Johnson R, Hardin JM, and Weinsier RL (1995). Energy expenditure in children of lean and obese parents. *Am J Physiol Endocrinol Metab 268: E917-E924*
16. Goran, MI, Hunter G, Nagy TR, and Johnson R (1997). Physical activity related energy expenditure and fat mass in young children. *Int J Obes 21: 171-178*
17. Goran, MI, and Poehlman ET (1992). Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *Am J Physiol Endocrinol Metab 263: E950-E957*
18. Goran, MI, and Poehlman ET (1992). Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism 41: 744-753*
19. Hunter, GR, Kekes-Szabo T, and Schnitzler A (1992). Metabolic cost: vertical work ratio during knee extension and knee flexion weight-training exercise. *J Appl Sports Sci Res 6: 42-48*
20. Hunter, GR, Treuth MS, Weinsier RL, Kekes-Szabo T, Kell SH, Roth DL, and Nicholson C (1995). The effects of strength conditioning on older womens ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc 43: 756-760*
21. Jansson, E, and Kaijser L (1987). Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained subjects. *J Appl Physiol 62: 999-1005*
22. Kalb, JS, and Hunter GR (1991). Weight training economy as a function of intensity of the squat and overhead press exercise. *J*

Sports Med Phys Fitness 31: 154-160
23. Kendall, C, and Coplen TB (1985). Multisample conversion of water to hydrogen by zinc for stable isotope determination. *Anal Chem 57: 1437-1440*
24. Keys, A, Taylor HL, and Grande F (1973). Basal metabolism and age of adult man. *Metabolism 22: 579-587*
25. Klausen, B, Toubro S, and Astrup A (1997). Age and sex effects on energy expenditure. *Am J Clin Nutr 65: 895-907*
26. Meijer, GA, Janssen GM, Westerterp KR, Verheven F, Saris WH, and ten Hoor F (1991). The effect of a 5-month endurance-training program on physical activity: evidence of a sex-difference in the metabolic responses to exercise. *Eur J Appl Physiol 62: 11-17*
27. Meijer, EP, Westerterp KR, and Verstappen FT (1999). Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. *Eur J Appl Physiol 80: 16-21*
28. Melby, C, Scholl C, Edwards G, and Bullough R (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol 75: 1847-1853*
29. Morgan, JB, and York DA (1983). Thermic effect of feeding in relation to energy balance in elderly men. *Ann Nutr Metab 27: 71-77*
30. Phillips, SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, and Wolfe RR (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab 273: E99-E107*
31. Poehlman, ET, and Danforth E (1991). Endurance training increases metabolic rate and norepinephrine appearance rate in older individuals. *Am J Physiol Endocrinol Metab 261: E233-E239*
32. Pratley, R, Nicklas B, Rubin M, Miller J, Smith A, Smith M, Hurley B, and Goldberg A (1994). Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol 76: 133-137*
33. Prentice, AM (1990). The Double-Labeled Water Method for Measuring Energy Expenditure. Technical Recommendations for Use in Humans. *A Consensus Report by the IDECG Working Group. Vienna: International Atomic Energy Agency*
34. Romijn, JA, Klein S, Coyle EF, Sidossis LS, and Wolfe RR (1993). Strenuous endurance training increases lipolysis and triglyceride-fatty acid cycling at rest. *J Appl Physiol 75: 108-113*
35. Schoeller, DA, Ravussin E, Schutz Y, Acheson KJ, Baertschi P, and Jequier E (1986). Energy expenditure by doubly labeled water: validation in humans and proposed calculation. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol 250: R823-R830*
36. Schoeller, DA, Van Santen E, Peterson DW, Dietz WH, Jaspan J, and Klein PD (1983). Total body water measurement in humans with 180 and 2H labeled water. *Am J Clin Nutr 38: 999-1005*
37. Schutz, Y, Rueda-Mazda CM, Zaffanello M, and Maffeis C (1999). Whole-body protein turnover and resting energy expenditure in obese, prepubertal children. *Am J Clin Nutr 69: 857-862*
38. Shock, NW, Watkin DM, Yiengst MJ, Norris AH, Gaffney GW, Gregerman RI, and Falzone JA (1963). Age differences in the water content of the body as related to basal oxygen consumption in males. *J Gerontol 18: 1-8*
39. Taaffe, DR, Pruitt L, Reim J, Butterfield G, and Marcus R (1995). Effect of sustained resistance training on basal metabolic rate in older women. *J Am Geriatr Soc 43: 465-471*
40. Tremblay, A, Coveney S, Despres JP, Nadeau A, and Prud'homme D (1992). Increased resting metabolic rate and lipid oxidation in exercise-trained individuals: evidence for a role of -adrenergic stimulation. *Can J Physiol Pharmacol 70: 1342-1347*
41. Treuth, MS, Hunter GR, Pichon C, Figueroa-Colon R, and Goran MI (1998). Fitness and energy expenditure after strength training in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc 30: 1130-1136*
42. Treuth, MS, Hunter GR, Weinsier RL, and Kell S (1995). Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results. *J Appl Physiol 78: 214-216*
43. Van Etten, LM, Westerterp KR, Verstappen FT, Boon BJ, and Saris WH (1997). Effect of an 18-wk weight-training program on energy expenditure and physical activity. *J Appl Physiol 82: 298-304*
44. Visser, M, Deurenberg P, van Staveren WA, and Hautvast JG (1995). Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis in young and elderly subjects: relationship with body composition, fat distribution, and physical activity level. *Am J Clin Nutr 61: 772-778*
45. Weinsier R, Hunter G, Zuckerman PA, Redden D, Darnell B, Larson DE, Newcomer BR, and Goran MI (1990). Free-living physical activity and energy expenditure in black and white women: comparison before and after weight loss. *Am J Clin Nutr In Press*
46. Westerterp, KR, Meijer GA, Janssen EM, Saris WH, and ten Hoor F (1992). Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. *Br J Nutr 68: 21-30*
47. Withers, RT, Smith DA, Tucker RC, Brinkman M, and Clark DG (1998). Energy metabolism in sedentary and active 49- to 70-yr-old women. *J Appl Physiol 84: 1333-1340*

Cita Original

Gary R. Hunter, Carla J. Wetzstein, David A. Fields, Amanda Brown, and Marcas M. Bamman. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. J Appl Physiol, Vol. 89, Issue 3, 977-984, 2000.